
**Acoustique — Pratique recommandée pour
la conception de locaux de travail à bruit
réduit contenant des machines —**

Partie 3:

**Propagation du son et prévision du bruit dans
les locaux de travail**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

*Acoustics — Recommended practice for the design of low-noise
workplaces containing machinery —*

Part 3: Sound propagation and noise prediction in workrooms

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/956ac113-c1c6-40c9-884d-62ec097bb358/iso-tr-11690-3-1997>



Sommaire

Page

Introduction

1	Domaine d'application	1
2	Références	1
3	Définitions	1
4	Principes fondamentaux de la propagation du son dans les locaux.....	1
5	Prévision du bruit dans les locaux de travail	5
6	Méthodologie de prévision du bruit dans les locaux de travail	5
7	Autres aspects de la prévision du bruit	13

Annexes

A	Trois études de cas relatives à la prévision du bruit dans les locaux de travail.....	14
B	Prévision de l'impact du bruit de nouvelles machines dans des locaux de travail existants.....	23
C	Détermination du niveau de pression acoustique au poste de travail d'une machine dans un local de travail	28
D	Evaluation de la qualité acoustique d'un local de travail.....	31
E	Recommandation pour l'utilisation des méthodes de prévision du bruit.....	33
F	Bibliographie	34

© ISO 1997

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 central@iso.ch
X.400 c=ch; a=400net; p=iso; o=isocs; s=central

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. 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 Norme internationale (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 11690-3, Rapport technique de type 3, a été élaboré par le comité technique ISO/TC 43, *Acoustique*, sous-comité SC 1, *Bruit*.

L'ISO 11690 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Acoustique — Pratique recommandée pour la conception de locaux de travail à bruit réduit contenant des machines*:

- *Partie 1: Stratégie de lutte contre le bruit*
- *Partie 2: Mesures de lutte contre le bruit*
- *Partie 3: Propagation du son et prévision du bruit dans les locaux de travail*

Introduction

Le présent Rapport technique est destiné à être utilisé par toutes les parties concernées par la réduction du bruit dans les espaces de travail, ainsi que par la conception d'espaces de travail peu bruyants. Son objectif est de

- les sensibiliser au consensus technique actuel en matière de propagation du son et de prévision du bruit dans les locaux de travail ;
- faciliter l'interaction entre lesdites parties au sein d'un cadre technique commun ;
- promouvoir la compréhension des exigences désirées en matière de réduction du bruit.

Le présent Rapport technique définit le lien entre l'émission de sources sonores telles que les machines et le niveau de pression acoustique au niveau des postes de travail, dû au fonctionnement desdites machines dans un local de travail. Il permet ainsi un échange d'informations entre les fournisseurs de machines, responsables des valeurs d'émission de bruit, et leurs utilisateurs, qui exigent de faibles valeurs de bruit ambiant.

Le présent Rapport technique a également un autre objectif, qui est de procéder à l'évaluation de la performance acoustique d'un local de travail.

Ces tâches sont liées par la détermination des descripteurs de propagation du son dans un local de travail.

Le présent Rapport technique présente une méthodologie de prévision du bruit dans les locaux de travail, ainsi qu'une structure de classement des méthodes de prévision selon le niveau de détail des paramètres d'entrée.

ISO/TR 11690-3:1997
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/956ac113-c1c6-40c9-884d-62ec097bb358/iso-tr-11690-3-1997>

Acoustique - Pratique recommandée pour la conception de locaux de travail à bruit réduit contenant des machines -

Partie 3 : Propagation du son et prévision du bruit dans les locaux de travail

1 Domaine d'application

Dans le présent Rapport technique, la propagation du son dans un local est considérée conjointement à la prévision des niveaux de pression acoustique et du bruit ambiant sur un lieu de travail.

La description détaillée dans un plan de prévision du bruit des phénomènes physiques en jeu dépend largement de la situation considérée et de la manière dont cette situation est modélisée (paramètres d'entrée, techniques de calcul). Le présent Rapport technique étudie cette dépendance et décrit la méthodologie de prévision du bruit. Il fournit des recommandations quant à l'utilisation de la prévision du bruit comme élément de contribution à la réduction du bruit dans les locaux de travail. Les annexes A à E donnent des exemples d'utilisation des méthodes de prévision du bruit.

[ISO/TR 11690-3:1997](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/956ac113-c1c6-40c9-884d-62ec097bb358/iso-tr-11690-3-1997)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/956ac113-c1c6-40c9-884d-62ec097bb358/iso-tr-11690-3-1997>

2 Références

Il y a lieu de consulter les références normatives énumérées dans l'ISO 11690-1 lorsqu'on utilise le présent Rapport technique.

3 Définitions

Pour les besoins du présent Rapport technique, les définitions données dans l'ISO 11690-1 s'appliquent.

4 Principes fondamentaux de la propagation du son dans les locaux

4.1 Descripteurs de la propagation du son

La prévision de la distribution des niveaux de pression acoustique dus à une source ponctuelle omnidirectionnelle, constitue l'élément fondamental de la prévision du bruit dans les locaux de travail. Cette distribution est fonction

- de la forme et du volume du local;
- de l'absorption des parois;

- l'encombrement.

La distribution du niveau sonore peut être décrite par une courbe de décroissance sonore spatiale (voir définition 3.4.11 de l'ISO 11690-1 et les figures 1 et 2 du présent Rapport technique). Dans une plage de distances donnée, il est possible de résumer les informations contenues dans cette courbe par deux grandeurs (voir définitions 3.4.12 et 3.4.13 de l'ISO 11690-1) :

- le taux de décroissance spatiale du niveau de pression acoustique par doublement de la distance (DL2);
- l'amplification du niveau de pression acoustique par rapport au champ libre (DLf).

La courbe de décroissance sonore spatiale, ainsi que ces deux grandeurs, sont utilisées pour décrire les caractéristiques acoustiques d'un local. Le niveau de pression acoustique dû à une source donnée est effectivement d'autant plus bas que DLf est faible et que DL2 est élevé (voir 6.3 de l'ISO 11690-2). L'annexe D montre comment les caractéristiques acoustiques d'un local peuvent être décrites à partir des courbes de décroissance sonore spatiale.

La courbe de décroissance sonore spatiale est déterminée sur un trajet libre sans aucun obstacle entre la source et le récepteur. Pour son mesurage, voir 8.4 de l'ISO 11690-2.

NOTES

1 Une Norme internationale propre au mesurage des courbes de décroissance sonore spatiale dans les locaux de travail est en préparation (l'ISO 14257, actuellement au stade de projet).

2 Lorsque des sources sonores (machines), dont les dimensions sont trop importantes pour être négligées, sont prises en considération, la courbe de décroissance sonore peut être différente de celle d'une source ponctuelle pour des distances inférieures à la dimension type de la machine.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/956ac113-c1c6-40c9-884d-62ec097bb358/iso-tr-11690-3-1997>

4.2 Locaux à champ acoustique diffus

Si les conditions de champ acoustique diffus sont remplies (voir définitions 3.4.8 et 3.4.9 de l'ISO 11690-1), à une certaine distance de la source, les niveaux de pression acoustique sont pratiquement constants et ne dépendent pas de la position du récepteur, comme représenté à la figure 1.

Le niveau de pression acoustique du champ diffus dépend uniquement du niveau de puissance acoustique total de toutes les sources du local et de l'aire d'absorption équivalente, A. Dans les locaux à champ acoustique diffus, la durée de réverbération est directement liée à la courbe de décroissance sonore spatiale prévue. Par conséquent, il est également possible de qualifier de tels locaux par leur durée de réverbération. Dans ce cas, la prévision du bruit est relativement simple.

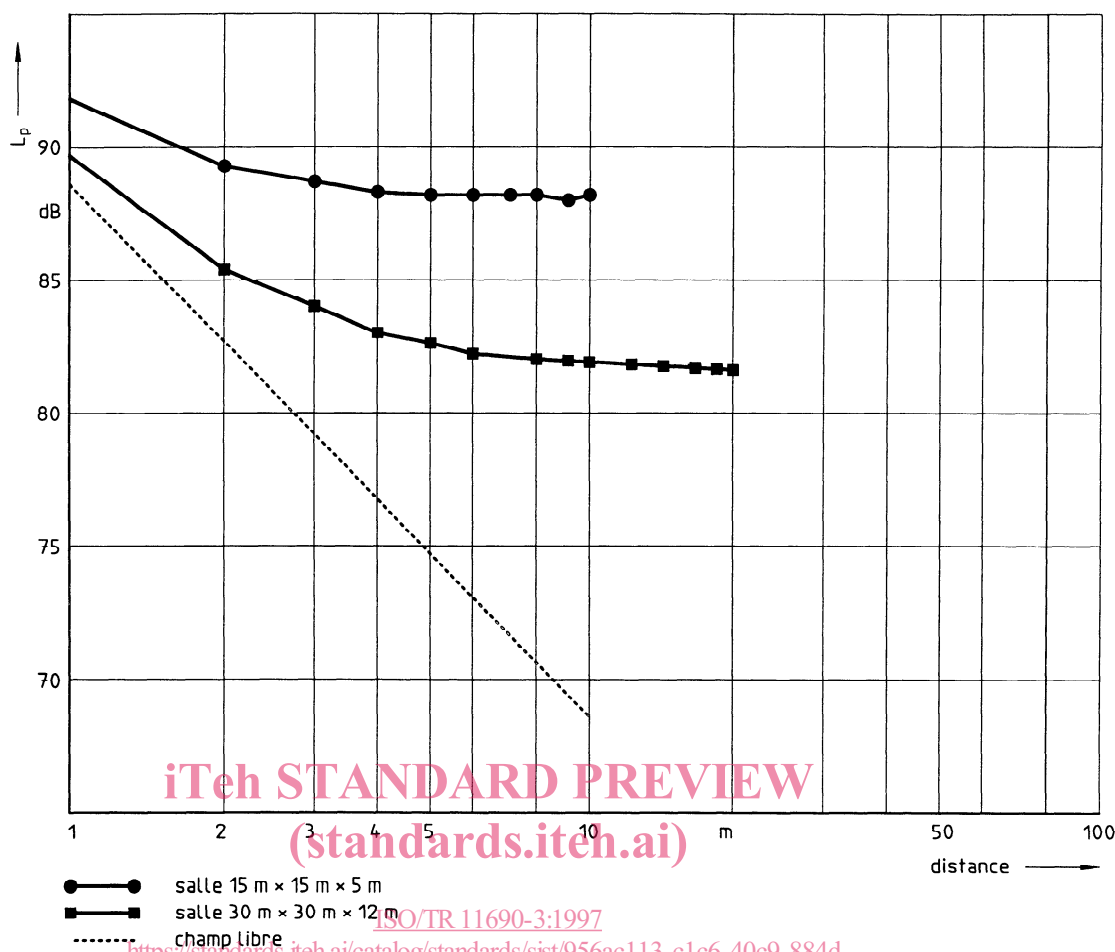


Figure 1 : Exemples de courbes de décroissance sonore spatiale pour une source ponctuelle omnidirectionnelle et pour deux locaux de tailles différentes, ayant des coefficients d'absorption égaux, et à champ diffus. La courbe en pointillés représente la décroissance sonore spatiale dans des conditions de champ totalement libre. L_p est le niveau de pression acoustique en un point donné, pour un niveau de puissance acoustique de la source de 100 dB

4.3 Locaux à propagation uniforme du son

Dans de nombreux locaux de travail, les conditions de champ acoustique diffus ne peuvent être supposées remplies, par exemple lorsque la hauteur du local représente moins d'un tiers de la longueur (locaux plats). Dans de tels locaux, même loin de la source, le champ acoustique dépend de la position considérée et est caractérisé par une courbe de décroissance sonore spatiale.

Dans de nombreux locaux de travail, on peut supposer que l'absorption et la densité de l'encombrement sont semblables dans les différentes parties du local (ce qui inclut un local à plafond absorbant et sol réfléchissant). Dans ce cas, une seule courbe de décroissance sonore spatiale, le long d'un trajet libre (éloigné des parois ou de l'encombrement), décrit la propagation du son et la qualité acoustique du local.

La figure 2 donne comme exemple deux courbes typiques de décroissance sonore spatiale dans un local plat encombré.

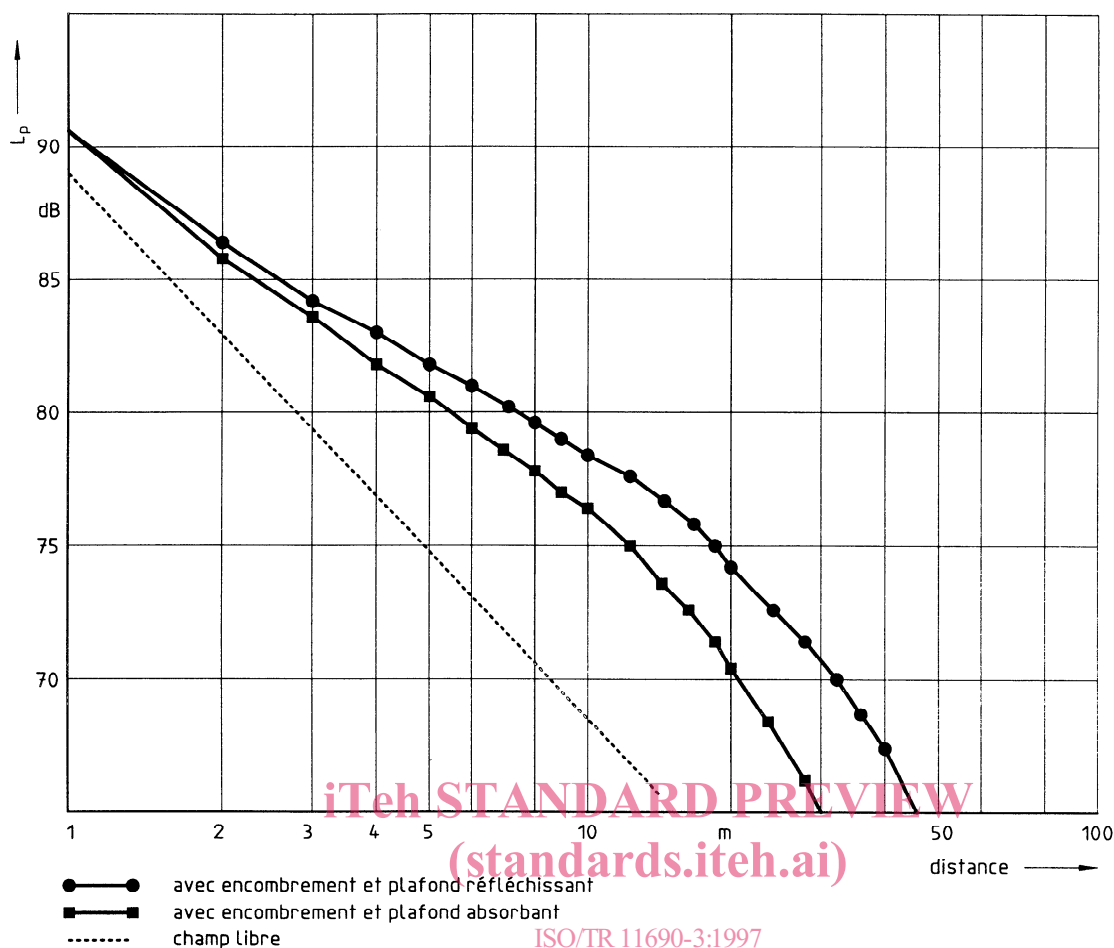


Figure 2 : Exemples de courbes de décroissance sonore spatiale typiques pour un même local plat et encombré, avec et sans plafond absorbant. La courbe en pointillés représente la courbe de décroissance sonore spatiale dans des conditions de champ libre totales. L_p est le niveau de pression acoustique en un point donné pour un niveau de puissance acoustique de la source de 100 dB

Il est souvent utile de partager la courbe de décroissance sonore spatiale en trois sections suivant la distance à la source (voir 3.4.11 de l'ISO 11690-1). La première section correspond à la zone au voisinage de la source. Dans cette zone, le champ acoustique est dominé par le champ direct. Le taux de décroissance spatiale par doublement de la distance, DL_2 , est dans la plupart des cas de 5 dB ou 6 dB environ. Un encombrement plus important au voisinage de la source tend à accroître le niveau de pression acoustique à proximité de la source, et à le réduire loin de la source.

La seconde section de la courbe correspond à une zone intermédiaire. Dans cette région, DL_2 se situe dans une plage de 2 dB à 5 dB et DL_f dans une plage de 2 dB à 10 dB.

Dans la zone éloignée (troisième section), les effets de diffusion par l'encombrement sont importants. L'absorption des parois, la densité et l'absorption de l'encombrement ont une influence importante sur la propagation du son loin de la source. C'est pourquoi, dans cette zone, DL_2 peut être supérieur à 6 dB et DL_f peut être négatif.

4.4 Locaux avec propagation non uniforme du son

Dans certaines situations, la forme du local, l'absorption et la densité de l'encombrement sont si différentes d'une partie à l'autre du local que la propagation du son dans le local ne peut pas être décrite par une seule courbe de décroissance sonore spatiale. Dans de telles situations, il peut s'avérer nécessaire de décrire le champ acoustique en prenant en compte les facteurs décrits ci-dessus. L'encombrement peut également être considéré séparément.

5 Prévision du bruit dans les locaux de travail

La prévision du bruit dans les locaux de travail (voir article 9 de l'ISO 11690-1) constitue une aide à la prise de décisions relatives aux mesures de réduction du bruit. Elle permet de calculer le niveau de pression acoustique en tout point, et de déterminer les descripteurs de propagation du son. Il est par conséquent possible de comparer ces valeurs à des valeurs spécifiées ou des valeurs limites, et de comparer les différentes solutions d'un programme de réduction du bruit. Bien que plusieurs méthodes de prévision du bruit soient disponibles, toutes sont fondées sur une procédure commune, résumée dans l'organigramme de la figure 3 et décrite dans l'article 6.

6 Méthodologie de prévision du bruit dans les locaux de travail

Il convient que la prévision du bruit dans les locaux de travail suive les cinq étapes décrites ci-dessous.

6.1 Objectifs - Valeurs à obtenir

ISO/TR 11690-3:1997
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/956ac113-c1c6-40c9-884d-62ec097bb358/iso-tr-11690-3-1997>

Dès l'élaboration d'un plan de prévision du bruit, les descripteurs acoustiques doivent être choisis et les valeurs cibles définies par les parties en présence, en tenant compte des différentes contraintes liées au projet. De tels descripteurs peuvent être les niveaux de pression acoustique aux postes de travail, les données de bruit ambiant et/ou d'exposition, les courbes de décroissance sonore spatiale, le taux de décroissance spatiale par doublement de la distance, l'amplification du niveau de pression acoustique, la durée de réverbération, etc.

6.2 Recueil des données d'entrée

Il convient que le niveau de détail des paramètres d'entrée soit conforme à la valeur possible ou souhaitée de la précision des résultats. Des niveaux différents de détail dans la description des paramètres d'entrée sont indiqués aux tableaux 1 à 3. Le type de champ sonore auquel on peut s'attendre dans le local, le degré de connaissance des paramètres d'entrée et la description acoustique du local sont autant de facteurs clés pour le choix de la méthode de prévision.

6.2.1 Description d'un local vide

Le local vide est l'espace limité par les surfaces du local que sont ses parois (plafond, sol, murs) et les grandes surfaces internes qui en limitent l'espace (écrans, cloisons, encoffrements, cabines, etc.).

Les méthodes de prévision ont besoin d'informations sur les caractéristiques des parois de la salle, telles que leur géométrie (position, dimension, forme, etc.), leurs propriétés d'absorption et de réflexion. En raison de leur caractère complexe, dans des locaux de travail réels, il est souvent nécessaire de subdiviser les parois d'un local en sous-éléments aux propriétés acoustiques différentes.

Les coefficients d'absorption sont également des paramètres importants dont la valeur affecte le résultat de la prévision. Il convient que toute méthode de prévision précise clairement la procédure à utiliser pour évaluer ces paramètres.

Le tableau 1 indique plusieurs degrés possibles de complexité dans la description d'un local de travail.

Tableau 1 - Absorption et forme du local

Niveau de détail de la description	Absorption et forme du local
1	Le local est caractérisé par son volume et par le coefficient moyen d'absorption de ses parois.
2	En forme de parallélépipède. Chaque paroi est caractérisée par un seul coefficient d'absorption.
3	En forme de parallélépipède. Subdivision des parois du local en éléments ayant des coefficients d'absorption différents.
4	Forme réelle du local. Distribution des propriétés d'absorption et de réflexion des parois du local.

6.2.2 Description de l'encombrement d'un local

Par encombrement, on entend toute partie de l'agencement d'une salle qui affecte la propagation du son. Machines, marchandises entreposées, écrans, piliers, conduits, cloisons, cabines, etc. constituent l'encombrement. L'encombrement peut soit être inclus dans le modèle de prévision dans son ensemble, soit être subdivisé en parties de propriétés acoustiques différentes.

Le tableau 2 présente plusieurs niveaux possibles de détail pour la description de l'encombrement d'un local.

NOTE 3 L'encombrement peut être décrit par sa densité, q , en mètres à la puissance moins un, définie de la manière suivante :

$$q = S/4 V$$

où

S est la surface totale de l'encombrement, en mètres carrés;

V est le volume, en mètres cubes, du local ou de la zone où se situe l'encombrement.

Tableau 2 - Encombrement du local

Niveau de détail de la description	Description de l'encombrement du local
1	L'encombrement n'est pas pris en compte
2	L'encombrement est représenté, pour l'ensemble du local, par une valeur moyenne de sa densité et par une valeur moyenne de son absorption.
3	L'encombrement est représenté, pour différentes parties du local, par une valeur moyenne de sa densité et par une valeur moyenne de son absorption.
4	La forme réelle et l'emplacement de l'encombrement sont pris en compte. L'effet d'écran ainsi que la réflexion par les obstacles individuels sont pris en compte.
NOTE - Les niveaux 2, 3 et 4 s'excluent mutuellement.	

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

6.2.3 Sources

[ISO/TR 11690-3:1997](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/956a113-c1c6-40e9-884d-62ec097bb358/iso-tr-11690-3-1997)

Les sources de bruit considérées sont les machines, les équipements et toute activité génératrice de bruit.

L'émission sonore peut être caractérisée par les descripteurs suivants (voir la série ISO 3740, l'ISO 9614, la série ISO 11200 et l'ISO 4871) :

- niveau de puissance acoustique : pondéré A, en bandes d'octave ou de tiers d'octave ;
- niveau de pression acoustique d'émission au poste de travail : pondéré A, en bandes d'octave ou de tiers d'octave ;
- variation temporelle de l'émission, valeur crête, etc ;
- directivité ou distribution du niveau de pression acoustique sur la surface de mesure ;
- distribution des sources de bruit sur la structure de la machine ;
- dimensions de la source.

Le tableau 3 présente plusieurs niveaux possibles de détail pour la description des sources.

Tableau 3 - Sources

Niveau de détail de la description	Description de la source
1	Sources ponctuelles omnidirectionnelles
2	Sources ponctuelles avec un certain diagramme de directivité
3	Sources complexes

Les niveaux de puissance acoustique et de pression acoustique d'émission aux postes de travail sont normalement utilisés pour tous les niveaux de détail du tableau 3. Pour les niveaux de détail 2 et 3, il convient aussi de connaître les niveaux de pression acoustique individuels sur la surface de mesure ainsi que la directivité. Il est nécessaire de connaître le nombre, la position et le niveau de pression acoustique d'émission de toutes les sources élémentaires pour pouvoir modéliser les sources complexes - niveau 3 du tableau 3. Les niveaux de puissance acoustique et de pression acoustique d'émission aux postes de travail sont les principaux descripteurs de sources. On peut les mesurer soit en laboratoire, soit in situ (voir série ISO 3740, ISO 9614 et série ISO 11200) ou les trouver dans les déclarations d'émission sonore (voir ISO 4871). Les conditions de fonctionnement et de montage affectent fortement les émissions sonores des machines. C'est pourquoi le type et le régime de fonctionnement doivent également être pris en compte.

NOTE 4 Il convient que la description de la source soit très détaillée lorsque le son direct au voisinage de la source est plus important que le son réfléchi.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/956ac113-c1c6-40c9-884d-62ec097bb358/iso-tr-11690-3-1997>

6.2.4 Données de référence

Les données de référence sont recueillies à partir de locaux de travail semblables étudiés précédemment ou du local de travail lui-même, s'il existe déjà. Il peut s'agir de coefficient d'absorption, de l'émission sonore des sources et/ou des données telles que des niveaux de pression acoustique, des cartes de bruit, des courbes de décroissance sonore spatiale, etc. La connaissance de ces grandeurs aide l'acousticien professionnel dans le choix de la méthode de prévision la mieux appropriée.

6.3 Choix de la méthode de prévision

Le tableau 4 présente deux catégories importantes de méthodes de prévision.

Tableau 4 - Catégories de méthodes de prévision

Catégorie	Méthodes de prévision	
1	Champ diffus	
2a	Géométrique	Locaux qui peuvent être approchés par un coefficient moyen d'absorption pour chaque paroi et par une densité moyenne pour l'encombrement.
2b	Géométrique	Locaux qui peuvent être approchés par un coefficient moyen d'absorption pour chaque paroi et par une densité moyenne pour l'encombrement de chaque zone du local.
2c	Géométrique	Locaux pour lesquels la distribution individuelle de l'absorption et de l'encombrement doit être prise en compte.

Les recommandations relatives à l'utilisation des différentes méthodes de prévision sont données à l'annexe E. Quelques éléments bibliographiques de base sur la propagation du son dans les locaux et sur les méthodes de prévision acoustique intérieure sont donnés en annexe F.

6.3.1 Méthodes du champ diffus

Avec ces méthodes, la prévision acoustique est relativement simple. Le niveau de pression acoustique en un point donné est obtenu en faisant la somme des contributions des champs direct et réfléchi, ce dernier étant supposé diffus. Dans certains cas, bien que les conditions de champ diffus ne soient pas exactement remplies, la distribution sonore propre à un champ diffus peut être considérée comme une approximation acceptable ; ceci est souvent le cas dans les locaux à forte réverbération, ayant des parois acoustiquement dures et très encombrés (voir annexe A).

Si le champ acoustique d'un local n'est pas diffus, le calcul des niveaux de pression acoustique par la méthode du champ diffus donne généralement lieu à une surestimation. Lorsque l'objectif est de prévoir si des limites du bruit ambiant sont susceptibles d'être dépassées, la méthode du champ diffus peut être utilisée comme une première étape de calcul. Il est nécessaire d'utiliser des méthodes plus précises uniquement lorsque les niveaux calculés sont supérieurs aux niveaux de pression acoustique désirés.