

norme européenne

norme française

NF EN ISO 11690-3

Juin 1999

Indice de classement : S 31-600-3

ICS : 13.140

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

E : Acoustics - Recommended practice for the design of low-noise workplaces containing machinery - Part 3 : Sound propagation and noise prediction in workrooms

D : Akustik - Richtlinien für die Gestaltung lärmarmer maschinenbestückter Arbeitsstätten - Teil 3 : Schallausbreitung und -vorausberechnung in Arbeitsräumen

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 5 mai 1999 pour prendre effet le 5 juin 1999.

Correspondance

La norme européenne EN ISO 11690-3:1998 a le statut d'une norme française. Elle reproduit intégralement le Rapport Technique ISO/TR 11690-3:1997.

Analyse

Dans le présent document, 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. Le présent document 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.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : acoustique, machine, bruit acoustique, bruit de machine, diminution du bruit, lieu de travail, local de travail, conception, transmission du son, règle de calcul.

Modifications

Corrections

Éditée et diffusée par l'Association Française de Normalisation (AFNOR), Tour Europe 92049 Paris La Défense Cedex
Tél. : 01 42 91 55 55 - Tél. international : + 33 1 42 91 55 55



Membres de la commission de normalisation

Président : M JACQUES

Secrétariat : MME POTTEVIN — AFNOR

M	ADOBES	EDF-DER
MME	ARNAUD	SMAC ACIEROID SA
M	ASSELINEAU	PEUTZ ET ASSOCIÉS
MME	AULETTA	COMMINS INGEMANSSON SA
M	CORLAY	CETIM
M	DECHY	ANDRE BOET SA
M	DELFOSSÉ	CRAMIF
M	FLEURY	ACOUSTIQUE ET SERVICES
Mlle	GALZIN	AFNOR
M	GAMBA	GAMBA ET ASSOCIÉS
M	GUIGNOUARD	BUREAU D'ÉTUDES LASA
M	HERNOT	LANGLOIS SOBRETI SA
M	JACQUES	INRS
M	JAYAT	CRAM NORD PICARDIE
M	LATOUCHE	THERMIBEL
M	LE PAGE	EUROGIP
M	LECOCQ	CIAL
M	LOUIT	MINISTÈRE DU TRAVAIL - DRT
MME	LUBINEAU	UNM
M	MAJOUREL	CRAM
M	MONDOT	ACOU PHEN SA
M	NEUBERT	CABINET NEUBERT
M	RUTMAN	BNTP
M	SALZMANN	KRIEG ET ZIVY INDUSTRIES
M	ZULIANI	BUREAU VERITAS

Avant-propos national

Références aux normes françaises

La correspondance entre les normes mentionnées à l'article «Références normatives» et les normes françaises identiques est la suivante :

ISO 3741	: NF EN 23741 (indice de classement : S 31-022)
ISO 3742	: NF EN 23742 (indice de classement : S 31-023)
ISO 3743-1	: NF EN ISO 3743-1 (indice de classement : S 31-024-1)
ISO 3743-2	: NF EN ISO 3743-2 (indice de classement : S 31-024-2)
ISO 3744	: NF EN ISO 3744 (indice de classement : S 31-025)
ISO 3746	: NF EN ISO 3746 (indice de classement : S 31-027)
ISO 4871	: NF EN ISO 4871 (indice de classement : S 31-075)
ISO 9614-1	: NF EN ISO 9614-1 (indice de classement : S 31-100-1)
ISO 9614-2	: NF EN ISO 9614-2 (indice de classement : S 31-100-2)
ISO 11200	: NF EN ISO 11200 (indice de classement : S 31-500)
ISO 11201	: NF EN ISO 11201 (indice de classement : S 31-501)
ISO 11202	: NF EN ISO 11202 (indice de classement : S 31-502)
ISO 11203	: NF EN ISO 11203 (indice de classement : S 31-503)
ISO 11204	: NF EN ISO 11204 (indice de classement : S 31-504)
ISO/TR 11688-1	: NF EN ISO 11688-1 (indice de classement : S 31-510-1)
ISO 11689	: NF EN ISO 11689 (indice de classement : S 31-520)
ISO 11690-2	: NF EN ISO 11690-2 (indice de classement : S 31-600-2)
CEI 60651	: NF EN 60651 (indice de classement : S 31-009)
CEI 60804	: NF EN 60804 (indice de classement : S 31-109)

La correspondance entre les normes mentionnées à l'article «Références normatives» et les normes françaises de même domaine d'application mais non identiques est la suivante :

ISO 1996-1	: NF S 31-110
ISO 1996-2	: NF S 31-110
ISO 3740	: NF S 30-006
ISO 3745	: NF S 31-026
ISO 3747	: NF S 31-067

Les autres normes mentionnées à l'article «Références normatives» n'ont pas de correspondance dans la collection des normes françaises : elles peuvent être obtenues auprès d'AFNOR.

Page laissée intentionnellement blanche

ICS 13.140

Descripteurs : acoustique, machine, bruit acoustique, bruit de machine, diminution du bruit, lieu de travail, local de travail, conception, transmission du son, règle de calcul.

Version française

**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
(ISO/TR 11690-3:1997)**

Akustik - Richtlinien für die Gestaltung lärmarmen
maschinenbestückter Arbeitsstätten —
Teil 3 : Schallausbreitung und -vorausberechnung
in Arbeitsräumen
(ISO/TR 11690-3:1997)

Acoustics - Recommended practice for the design
of low-noise workplaces containing machinery-
Part 3 : Sound propagation and noise prediction
in workrooms
(ISO/TR 11690-3:1997)

La présente norme européenne a été adoptée par le CEN le 9 janvier 1998.

Les membres du CEN sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la norme européenne.

Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Secrétariat Central ou auprès des membres du CEN.

La présente norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version faite dans une autre langue par traduction sous la responsabilité d'un membre du CEN dans sa langue nationale, et notifiée au Secrétariat Central, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

CEN

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Europäisches Komitee für Normung
European Committee for Standardization

Secrétariat Central : rue de Stassart 36, B-1050 Bruxelles

Avant-propos

Le texte de la norme internationale provenant du comité technique ISO/TC 43 «Acoustique» de l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) a été repris comme norme européenne par le comité technique CEN/TC 221 «Acoustique» dont le secrétariat est tenu par le DS.

Cette norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement au plus tard en mai 1999, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en mai 1999.

Selon le Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre cette norme européenne en application : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

Mise en garde

Ce document a été publié comme norme européenne pour fournir une base harmonisée aux normes nationales.

Il s'agit d'un guide, ce qui implique qu'il ne peut pas être utilisé à des fins d'approbation de type.

Les éléments de guidage contenus dans cette norme ne prétendent pas être exhaustifs, mais mettent en lumière certains aspects importants auxquels il convient de prêter attention.

Notice d'entérinement

Le texte de la norme internationale ISO/TR 11690-3:1997 a été approuvé par le CEN comme norme européenne sans aucune modification.

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

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.

Page laissée intentionnellement blanche

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.

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.

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.

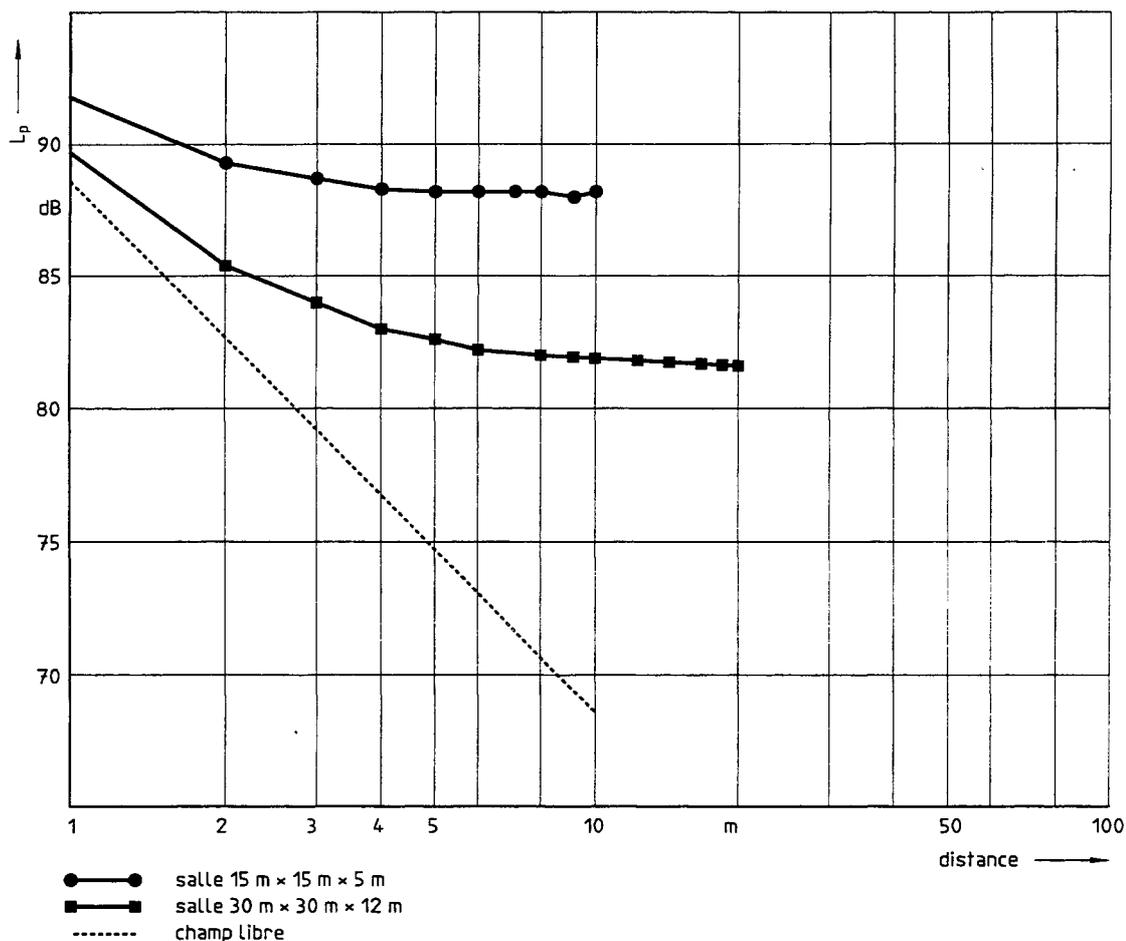


Figure 1 : Exemples de courbes de décroissance sonore spatiale pour une source ponctuelle omnidirectionnelle et pour deux locaux de tailles différentes, ayant des coefficients d'absorption égaux, et à champ diffus. La courbe en pointillés représente la décroissance sonore spatiale dans des conditions 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.

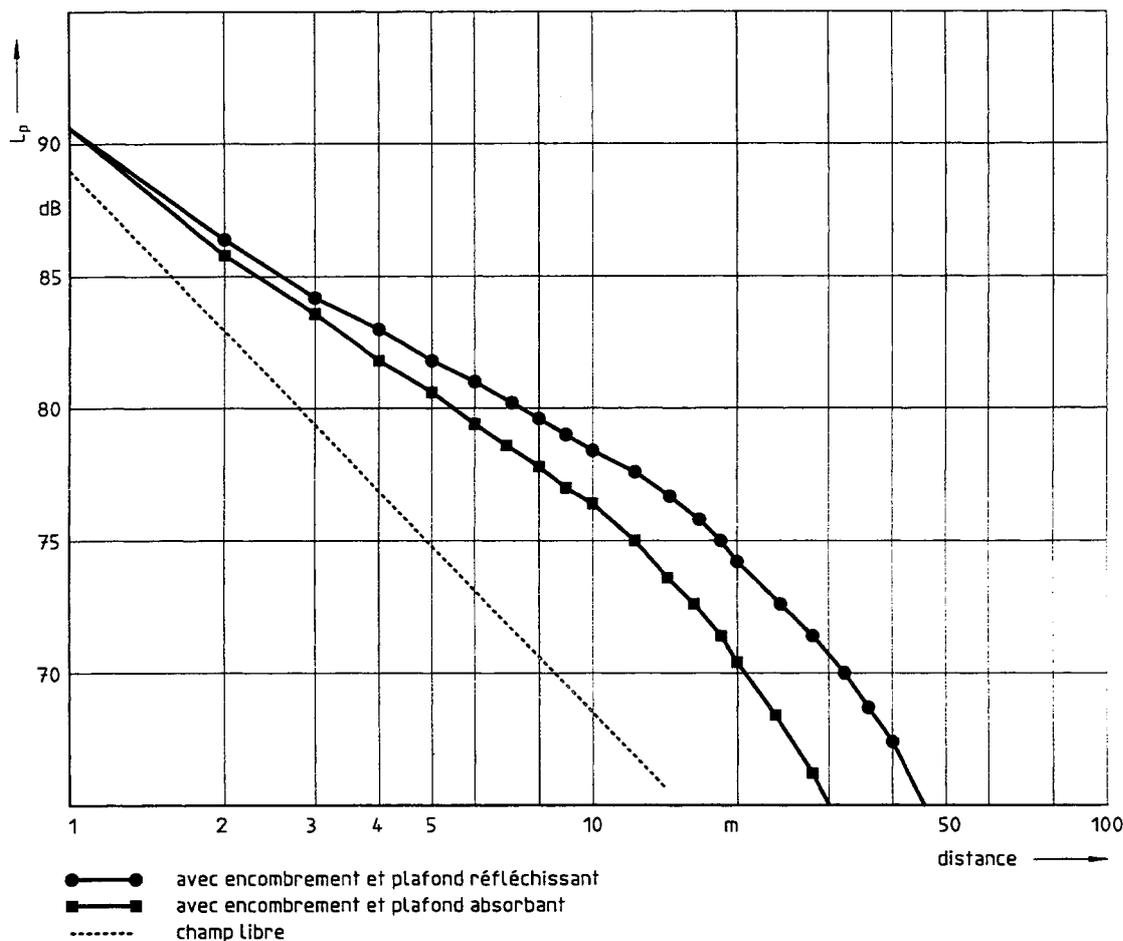


Figure 2 : Exemples de courbes de décroissance sonore spatiale typiques pour un même local plat et encombré, avec et sans plafond absorbant. La courbe en pointillés représente la courbe de décroissance sonore spatiale dans des conditions de champ libre totale. L_p est le niveau de pression acoustique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

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. I.

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.	

6.2.3 Sources

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.

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.

La position et l'émission sonore des sources, ainsi que l'absorption totale du local, sont les seuls paramètres d'entrée requis pour prévoir les niveaux de pression acoustique selon ces méthodes. Si elle est connue, la directivité de la (des) source(s) peut être prise en compte.

Un exemple d'utilisation d'une méthode du champ diffus est donné à l'annexe A. Des éléments bibliographiques sur les méthodes du champ diffus sont donnés à l'annexe F.

6.3.2 Méthodes géométriques

Les méthodes géométriques sont fondées sur une représentation géométrique de la propagation du son dans un local en supposant une propagation rectiligne du son. Les réflexions sur les parois sont supposées être spéculaires ou diffuses. Les effets de la diffusion peuvent être pris en compte en évaluant la densité de l'encombrement du local (voir les niveaux de détails 2 et 3 du tableau 2) ou le cas échéant, en prenant en compte la forme réelle et l'agencement des obstacles diffusants (voir le niveau de détail 4 du tableau 2). Les méthodes géométriques comprennent des techniques de tracé de rayons, de sources images et de réflexion diffuse (voir tableau 4).

Un exemple d'utilisation d'une méthode géométrique est donné à l'annexe A. Des éléments bibliographiques sur les méthodes géométriques sont donnés à l'annexe F.

6.3.3 Précision et validation d'une méthode de prévision

Avant d'utiliser toute méthode de prévision, il peut être nécessaire de vérifier que les approximations inhérentes à la méthode sélectionnée n'invalideront pas les résultats. Lorsque le local de travail existe, une étape de validation fondée sur la comparaison des données calculées avec des valeurs mesurées lors de la situation initiale (avant d'appliquer les mesures de réduction du bruit) est nécessaire. A partir de cette comparaison, on peut décider si le modèle sélectionné est adapté ou non à la situation particulière. On peut décider qu'il convient de modifier le niveau de détail des paramètres d'entrée ou que les approximations propres au modèle sélectionné ne permettent pas de l'appliquer au cas étudié.

Dans la pratique, la complexité de la situation nécessite généralement un compromis entre le niveau de détail, la précision avec laquelle les paramètres d'entrée sont connus et la précision des résultats calculés.

Pour les locaux de travail qui en sont au stade de la conception, la comparaison des données calculées et mesurées n'est pas possible. Cependant, si l'expérience indique que les détails d'une situation connue et les détails du local en projet peuvent être supposés comparables en termes d'acoustique, la prévision peut être validée dans le local de travail connu ; dans ce cas, on connaît la précision de la méthode utilisée. Autrement, la validation se fonde sur l'expérience acquise dans le type d'industrie concerné et sur les informations recueillies dans les banques de données et la documentation technique disponibles.

6.4 Calcul prévisionnel

Une fois choisis la méthode de prévision et le niveau de détail approprié de ses paramètres d'entrée, la méthode est tout d'abord utilisée pour calculer, par exemple, les niveaux de pression acoustique au(x) poste(s) de travail et la (les) courbe(s) de décroissance sonore spatiale, pour les données d'entrée du local de travail. L'annexe B indique une application pratique de la prévision du bruit: la détermination de l'impact du bruit de machines nouvelles implantées dans des locaux de travail existants. Dans une seconde étape, le calcul est répété avec des paramètres d'entrée modifiés du fait des mesures de réduction du bruit (voir ISO 11690-2), pour évaluer l'effet de ces mesures sur le niveau de pression acoustique au(x) poste(s) de travail ainsi que sur la (les) courbe(s) de décroissance sonore spatiale.

Le niveau de pression acoustique au voisinage d'une machine fonctionnant dans un local est influencé par les réflexions : il est par conséquent plus élevé que le niveau de pression acoustique d'émission au poste de travail de la machine. Cette augmentation de niveau dépend de la puissance acoustique de la machine et des caractéristiques du local. Une manière pratique de calculer le niveau de pression acoustique au poste de travail d'une machine fonctionnant dans un local (aucune autre source de bruit n'étant en fonctionnement) est décrite à l'annexe C.

6.5 Résultats et conclusions

La méthode de prévision fournit les niveaux de pression acoustique, de bruit ambiant ou d'exposition, ainsi que la (les) courbe(s) de décroissance sonore spatiale (DLf et DL2) ou la (les) durée(s) de réverbération pour chaque solution considérée.

Les valeurs peuvent être affichées sous forme de :

- courbes de décroissance sonore spatiale ;
- cartes de bruit indiquant le bruit ambiant ou les niveaux d'exposition ;
- courbes en pourcentage de surface au sol du local au-dessus d'un niveau de pression acoustique donné ;
- tableaux.

Les résultats (courbes, cartes, valeurs tabulées) peuvent être comparés aux valeurs limites en vigueur ou aux valeurs recommandées pour le niveau de pression acoustique aux postes de travail ou pour la décroissance sonore spatiale. Les différences entre les valeurs calculées pour les situations initiale et prévue facilitent l'évaluation des différentes solutions. Il convient que cette comparaison prenne en compte les contraintes de fonctionnement.

Sur la base des avantages et inconvénients de chaque solution, il est possible de choisir la plus efficace

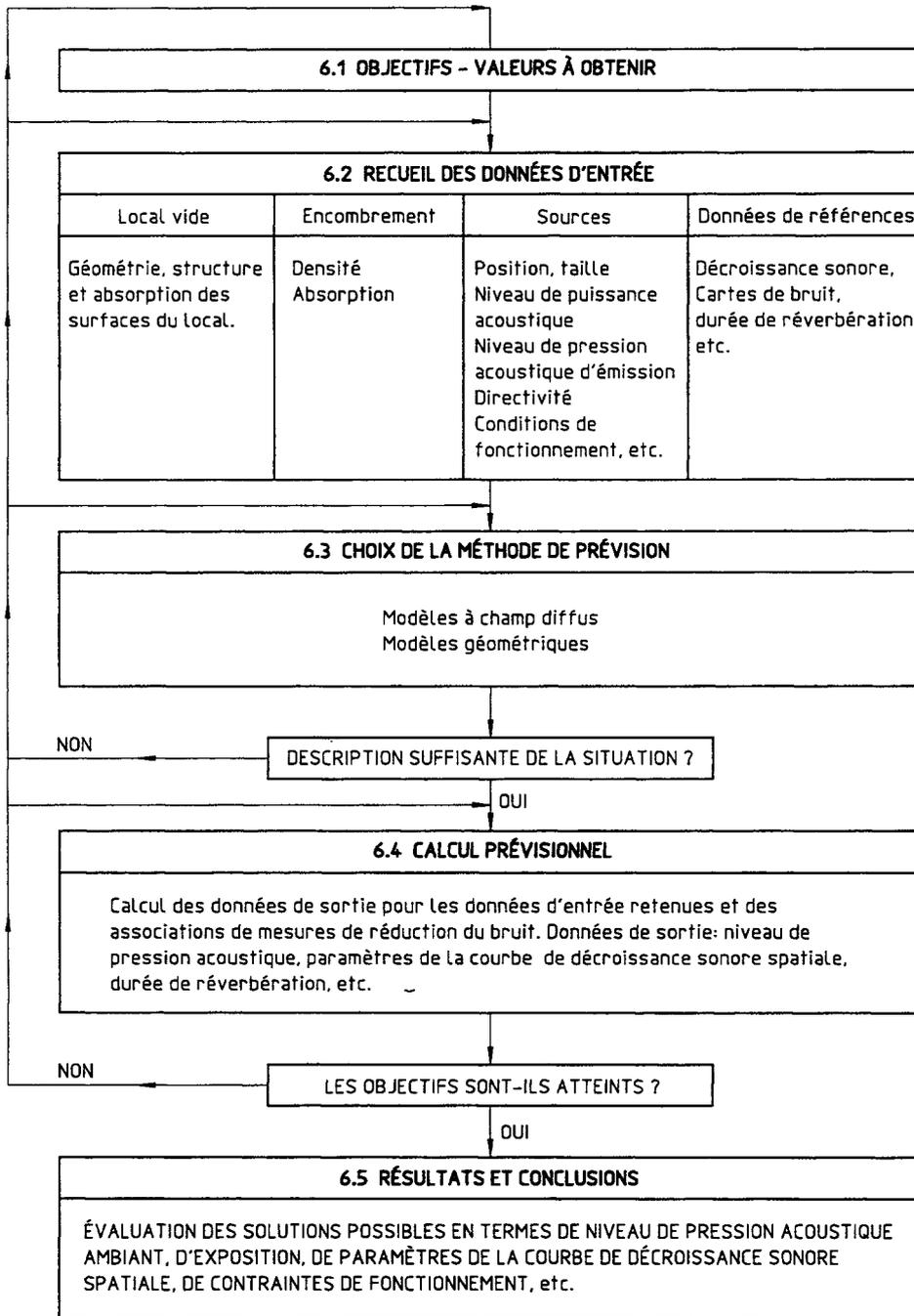


Figure 3 : Organigramme général de prévision du bruit dans les locaux de travail

7 Autres aspects de la prévision du bruit

La prévision du bruit dans les locaux de travail nécessite souvent des données d'entrée décrivant l'émission sonore des machines et autres générateurs de bruit, les propriétés acoustiques des parois et des structures du local, ainsi qu'une méthode de calcul appropriée. Quel que soit le modèle de prévision utilisé, il y aura une certaine incertitude sur les paramètres d'entrée. Il n'est, par conséquent, pas recommandé de rechercher une description détaillée d'un paramètre d'entrée particulier si les autres ne peuvent être connus que de manière approximative. L'utilisation des données les plus appropriées dépend de chaque cas individuel, mais en égard de l'effort requis, de la complexité de la procédure et de la précision, il faut prendre en considération l'importance du résultat pour le problème traité.

Une attention toute particulière doit être prêtée aux aspects suivants :

a) il convient que les machines de grandes dimensions soient modélisées par des sources de bruit ponctuelles multiples afin de parvenir à une précision suffisante pour des distances inférieures à la dimension typique de la machine ;

b) bien que les progrès de l'informatique réduisent le temps de calcul, il n'en demeure pas moins nécessaire de limiter le nombre de rayons, de réflexions ou d'images pris en compte dans la prévision, et de réduire le niveau de détail de la description des objets diffusants. Le calcul de l'effet de diffusion de chaque objet présent dans le local (machines, écrans, etc.) est long. Heureusement, il est souvent possible de faire des approximations qui simplifient le problème et conduisent cependant à une description suffisante des phénomènes en jeu. Des exemples de telles approximations sont :

- le champ acoustique est diffus (voir 6.3.1 du présent Rapport technique, et 6.3 et annexe F de l'ISO 11690-2) ;

- la distribution de l'encombrement est uniforme dans l'ensemble (voir 6.3.2) ou dans une partie du local de travail (un local de travail de grande dimension peut être subdivisé en plusieurs zones).

Annexe A

Trois études de cas relatives à la prévision du bruit dans les locaux de travail

La présente annexe illustre, par trois études de cas, l'utilisation pratique de la prévision du bruit dans les locaux de travail. Chaque étude de cas a pour objectif la prévision du bruit ambiant aux postes de travail.

A.1 Approche générale

L'approche est identique dans les trois cas étudiés. Chaque cas diffère quant à la méthode de prévision du bruit et au niveau de détail nécessaire des paramètres d'entrée. Pour chaque cas, la catégorie de méthode de prévision et le niveau de détail des paramètres d'entrée sont décrits par des nombres issus des tableaux 1 à 4. Après avoir décrit la situation initiale en termes de niveaux de pression acoustique aux postes de travail, l'effet des mesures de réduction du bruit, par exemple des machines moins bruyantes, des encoffrements, un plafond absorbant, etc., sur le niveau de pression acoustique aux postes de travail peut être évalué. Dans ces études de cas, les niveaux de pression acoustique d'émission et ambiant pondérés A sont considérés; les valeurs du coefficient d'absorption sont celles dans la bande d'octave de 500 Hz.

Dans un premier temps, et en fonction de la configuration pour les cas 1 et 2, une ou plusieurs courbe(s) de décroissance sonore spatiale est (sont) déterminée(s) par une procédure de calcul choisie. En second lieu, les niveaux de pression acoustique aux postes de travail sont calculés à partir des données sources et des courbes de décroissance sonore spatiale. Dans le cas 3, les niveaux de pression acoustique sont calculés directement sans utiliser les courbes de décroissance sonore spatiale.

NOTE 4 Les procédures décrites dans la présente annexe sont utilisables pour toute bande ou toute pondération de fréquence. Les valeurs d'émission sonore disponibles sont généralement pondérées A.

A.2 Etude de cas 1

Description de la situation pour la prévision du bruit:

Tableau A.1 - Niveau de détail des paramètres d'entrée

Catégorie de méthode	Absorption et forme du local	Encombrement du local	Description de la source
1	1	1	1

On suppose que le champ acoustique du local est diffus car :

- les dimensions du local ont le même ordre de grandeur ;
- le coefficient d'absorption du local est faible.

Données d'entrée : Données relatives au local, aux sources et aux postes de travail.

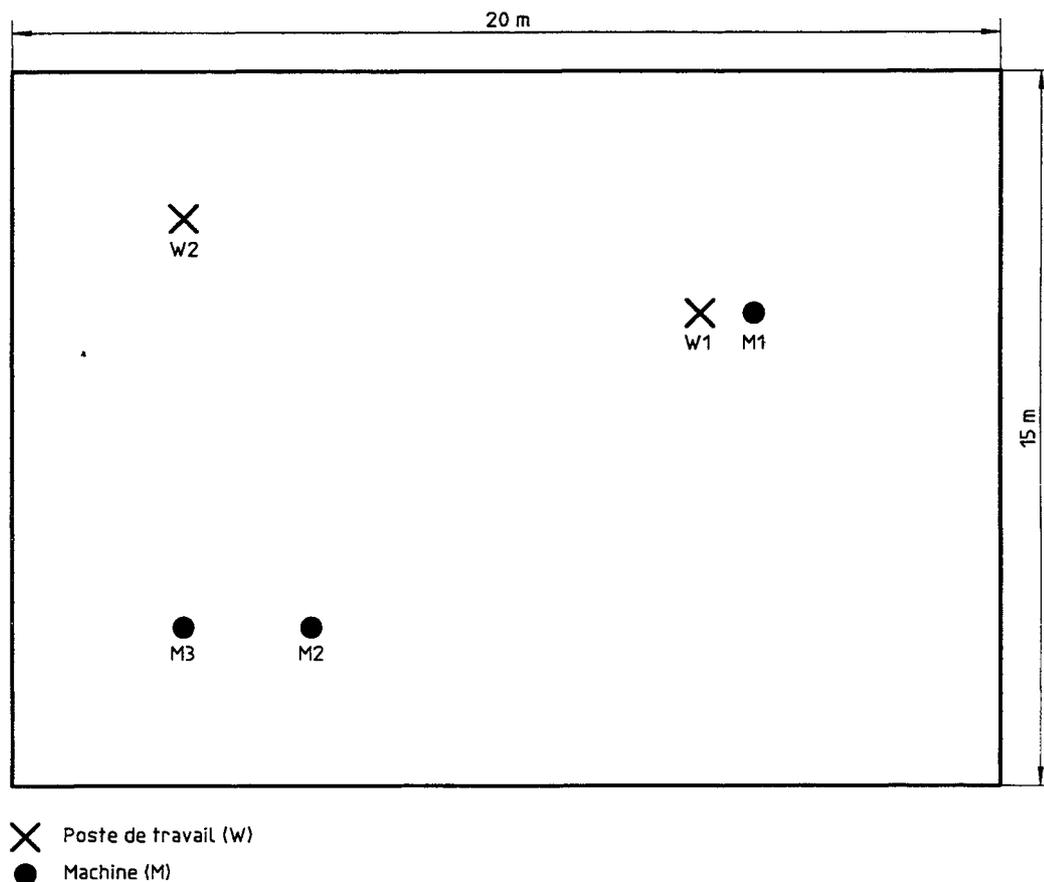


Figure A.1 - Emplacement des machines et des postes de travail dans le local de travail

Tableau A.2 - Forme et dimensions du local

Local de travail parallélépipédique	$L_x = 20 \text{ m}$
	$L_y = 15 \text{ m}$
	$L_z = 7 \text{ m}$

Tableau A.3 - Absorption du local

Absorption uniforme de toutes les parois
Coefficient moyen d'absorption : $\bar{\alpha} = 0,2$

Tableau A.4 - Données sources

Machine	L_w en dB	L_p en dB	x en m	y en m	z en m
M1	95	86	15	10	1
M2	100	(90)	6	3	1
M3	102	(91)	3	3	1

() : valeur non utilisée pour le calcul.

L_p est le niveau de pression acoustique d'émission au poste de travail.

Tableau A.5 - Données du poste de travail

Poste de travail	x en m	y en m	z en m
W1	14	10	1,6
W2	3	12	1,6

Données de sortie :

Etape 1 : calcul de la courbe de décroissance sonore spatiale (figure A.2).

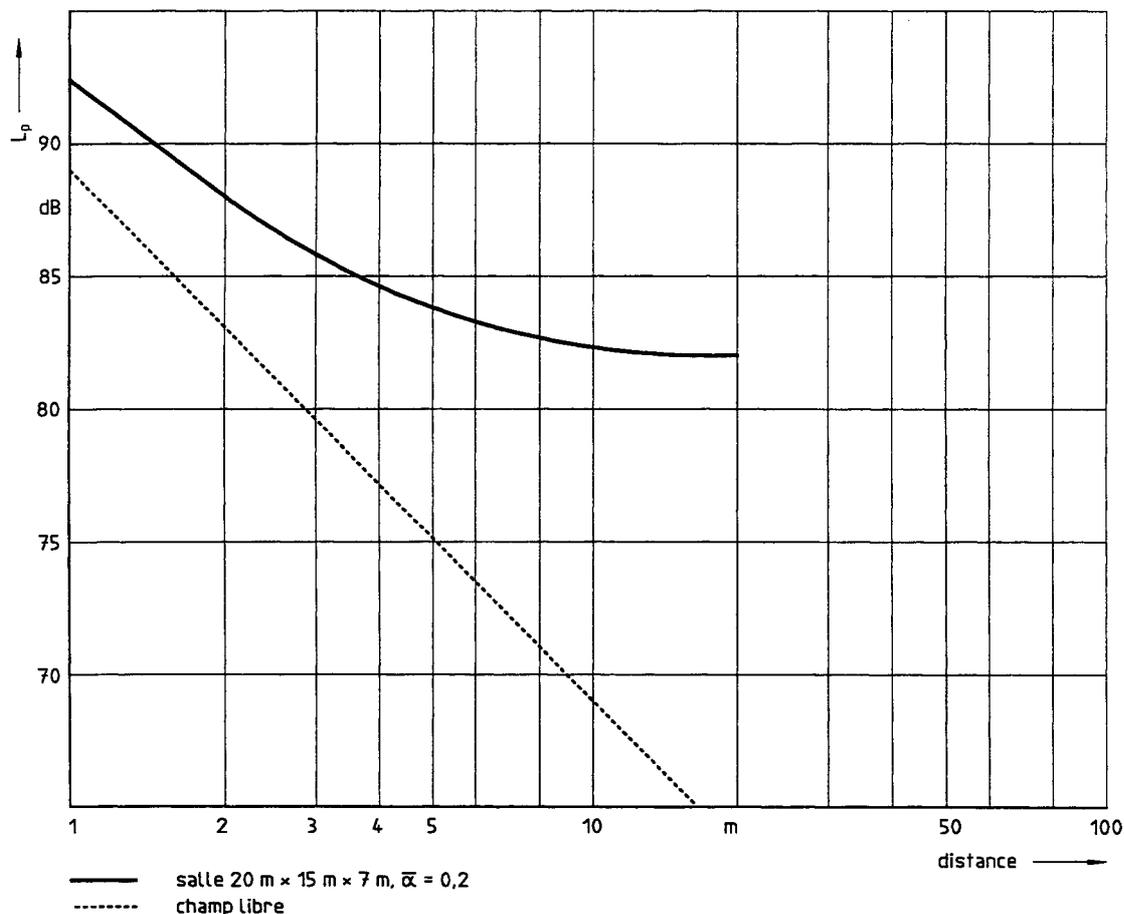


Figure A.2 - Courbe de décroissance sonore spatiale calculée. L_p est le niveau de pression acoustique en un point donné pour un niveau de puissance acoustique de la source de 100 dB

Etape 2 : Niveaux calculés de pression acoustique du bruit ambiant, aux postes de travail L_p (tableau A.6) :

Tableau A.6 - Données acoustiques du poste de travail

Poste de travail	L _p en dB
W1	89,9
W2	87,7

NOTE - Pour le poste de travail W1 de la machine M1, la contribution de M1 au L_p à ce poste est déterminée par la procédure décrite dans l'annexe C, en utilisant les valeurs de l'émission sonore de cette machine (niveaux de puissance acoustique et de pression acoustique d'émission au poste de travail).

A.3 Etude de cas 2

Description de la situation pour prévision du bruit :

Tableau A.7 - Niveau de détail des paramètres d'entrée

Catégorie de méthode	Absorption et forme du local	Encombrement du local	Description de la source
2a	2	2	1

Données d'entrée : Données relatives au local, aux sources et aux postes de travail.

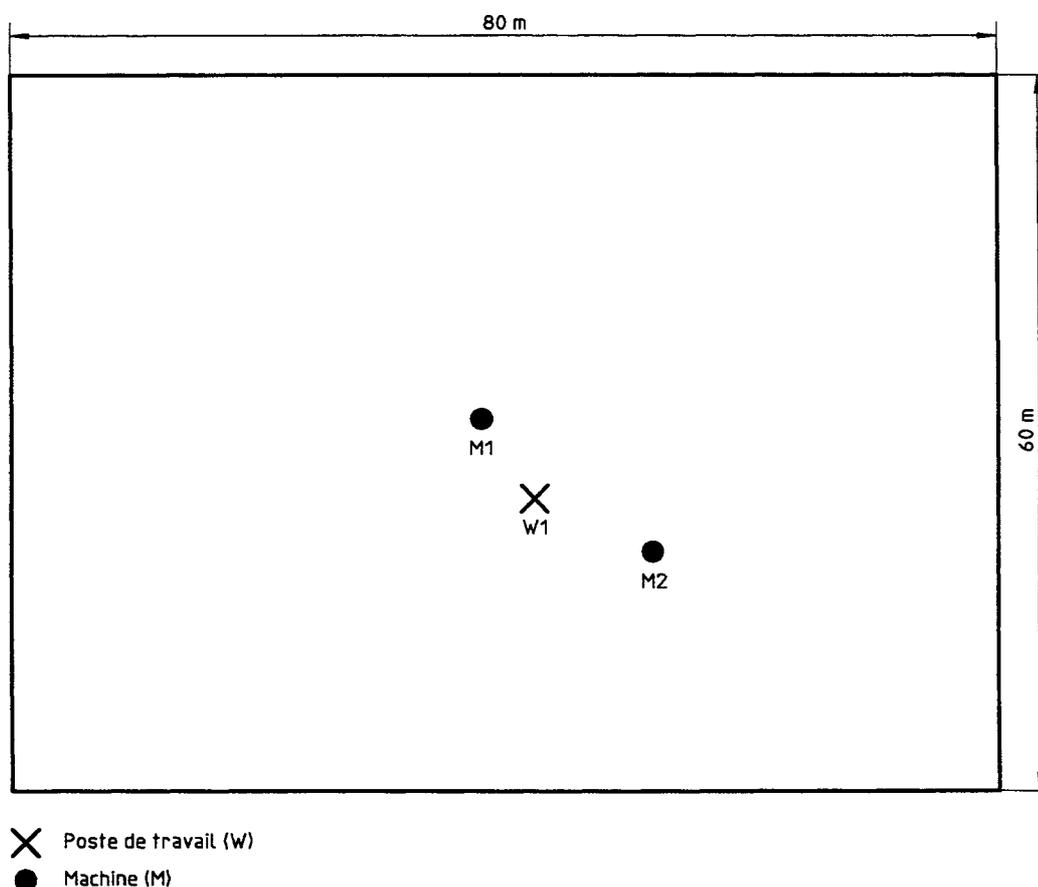


Figure A.3 - Emplacement des machines et des postes de travail dans le local de travail

Tableau A.8 - Forme et dimensions du local

Local de travail parallélépipédique	$L_x = 80 \text{ m}, L_y = 60 \text{ m}, L_z = 7 \text{ m}$
--	---

Tableau A.9 - Absorption du local

Coefficient moyen d'absorption	Paroi 1 $\alpha_1 = 0,08$	Paroi 4 $\alpha_4 = 0,12$
	Paroi 2 $\alpha_2 = 0,15$	Plafond $\alpha_5 = 0,45$
	Paroi 3 $\alpha_3 = 0,12$	Sol $\alpha_6 = 0,15$

Tableau A.10 - Encombrement du local (objets diffusants, voir 6.2.2)

Densité de l'encombrement (voir 6.2.2):	$q = 0,05 \text{ m}^{-1}$
Coefficient d'absorption:	$\alpha = 0,08$

Tableau A.11 - Données sources

Machine	L_w en dB	L_p en dB	x en m	y en m	z en m
M1	105	(88)	36	28	1
M2	98	(84)	50	17	1

() : valeur non utilisée pour le calcul.

L_p est le niveau de pression acoustique d'émission au poste de travail.

Tableau A.12 - Données du poste de travail

Poste de travail	x en m	y en m	z en m
W1	40	22	1,6

Données de sortie :

Etape 1 : Calcul de la courbe de décroissance sonore spatiale (figure A.4).

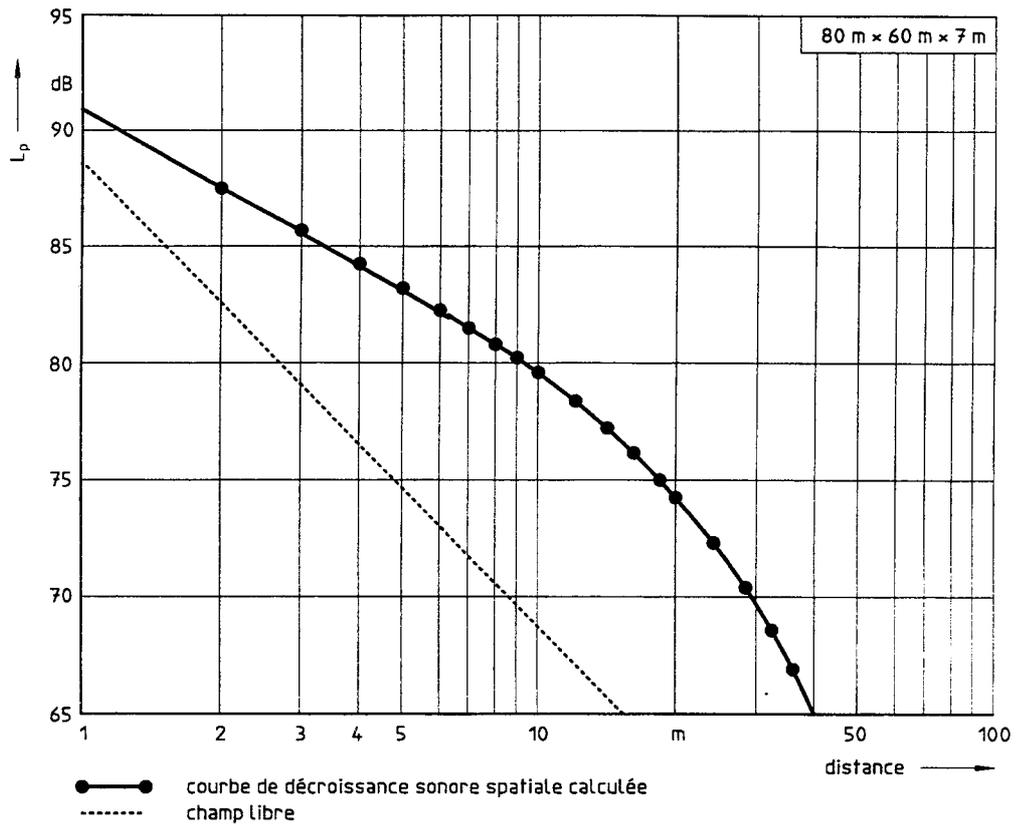


Figure A.4 - Courbe de décroissance sonore spatiale calculée. L_p est le niveau de pression acoustique en un point donné pour un niveau de puissance acoustique de la source de 100 dB

Etape 2 : Niveau calculé de pression acoustique du bruit ambiant au poste de travail (tableau A.13).

Tableau A.13 - Niveau calculé de pression acoustique du bruit ambiant au poste de travail

Poste de travail	L_p en dB
W1	85,4

A.4 Etude de cas 3

Description de la situation pour la prévision du bruit :

Tableau A.14 - Niveau de détail des paramètres d'entrée

Catégorie de méthode	Absorption et forme du local	Encombrement du local	Description de la source
2b	4	3	1

Données d'entrée : Données relatives au local, aux sources et aux postes de travail.

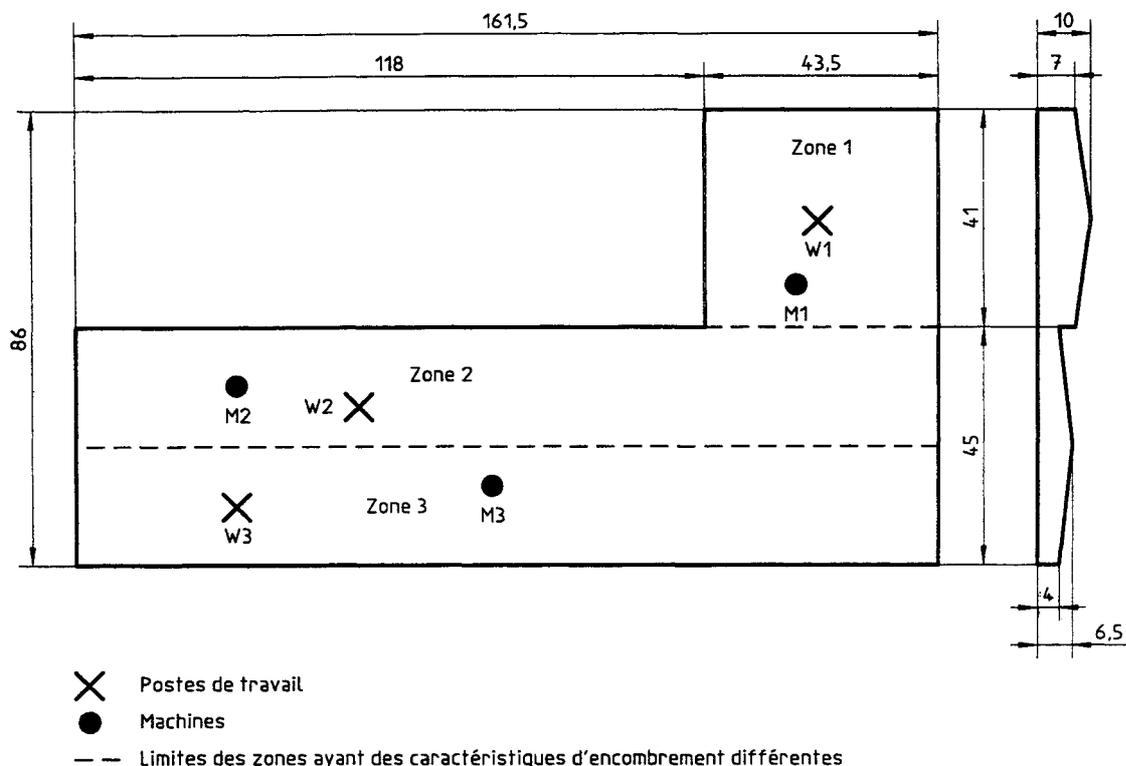


Figure A.5 - Croquis du local de travail montrant l'emplacement des machines et des postes de travail

Tableau A.15 - Absorption du local

Coefficient moyen d'absorption	Parois $\alpha = 0,15$
	Plafond $\alpha = 0,25$
	Sol $\alpha = 0,10$

Tableau A.16 - Encombrement du local (objets diffusants, voir 6.2.2)

Zone	Densité de l'encombrement q en m^{-1}	Coefficient d'absorption de l'encombrement
1	0	/
2	0,05	0,10
3	0,15	0,10

Tableau A.17 - Données sources

Machine	L_W en dB	x en m	y en m	z en m
M1	114	138	49	1
M2	118	45	36	1
M3	111	94	15	1

Tableau A.18 - Données du poste de travail

Poste de travail	x en m	y en m	z en m
W1	139	60	1,6
W2	60	30	1,6
W3	45	10	1,6

Données de sortie :

Dans ce cas, il y a une courbe de décroissance sonore spatiale pour chaque zone. La performance acoustique de chaque zone peut être évaluée à partir de sa courbe. Les données de sortie sont fournies à la figure A.6 et dans le tableau A.19.

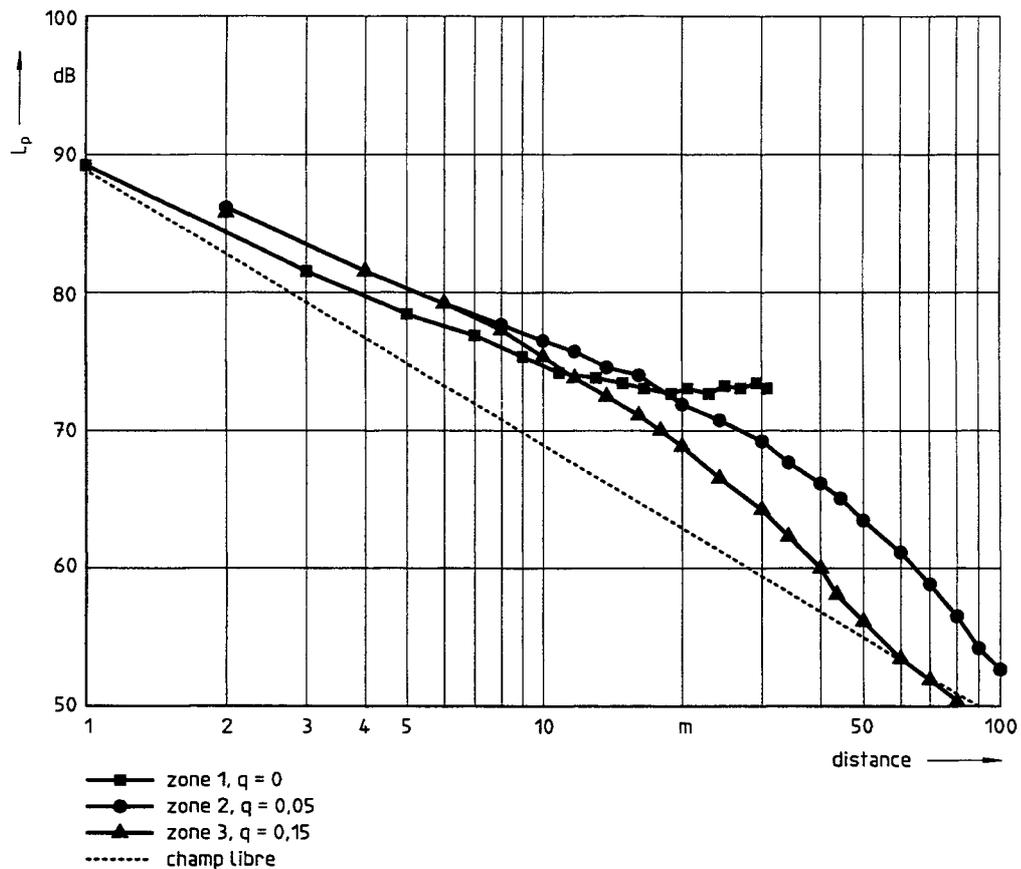


Figure A.6 : Courbes de décroissance sonore spatiale calculées. L_p est le niveau de pression acoustique en un point donné pour un niveau de puissance acoustique de la source de 100 dB

Tableau A.19 - Niveaux calculés de pression acoustique du bruit ambiant aux postes de travail, L_p

Poste de travail	L_p en dB
W1	95
W2	92
W3	86,5

NOTE - Dans des cas où les zones ont des caractéristiques d'encombrement différentes, le niveau de pression acoustique aux postes de travail ne peut pas être obtenu directement à partir des courbes de décroissance sonore.

Annexe B

Prévision de l'impact du bruit de nouvelles machines dans des locaux de travail existants

La présente annexe montre comment utiliser l'outil de prévision du bruit afin d'évaluer l'influence de l'émission sonore de nouvelles machines sur le bruit ambiant dans un local de travail existant.

Procédure :

La procédure de prévision de l'impact du bruit de nouvelles machines est décrite dans l'exemple suivant pour un local présentant des conditions de champ diffus. On suppose que le champ est diffus car :

- les dimensions du local sont du même ordre de grandeur ;
- le coefficient d'absorption des parois du local est faible.

Etape 1 : Calcul de la courbe de décroissance sonore spatiale.

Le niveau de détail du calcul, tel que choisi parmi la sélection offerte dans les tableaux 1 à 4, est celui indiqué au tableau B.1.

Tableau B.1 - Niveau de détail des paramètres d'entrée

Catégorie de méthode	Absorption et forme du local	Encombrement du local	Description de la source
1	1	1	1

Données d'entrée : Données du local de travail

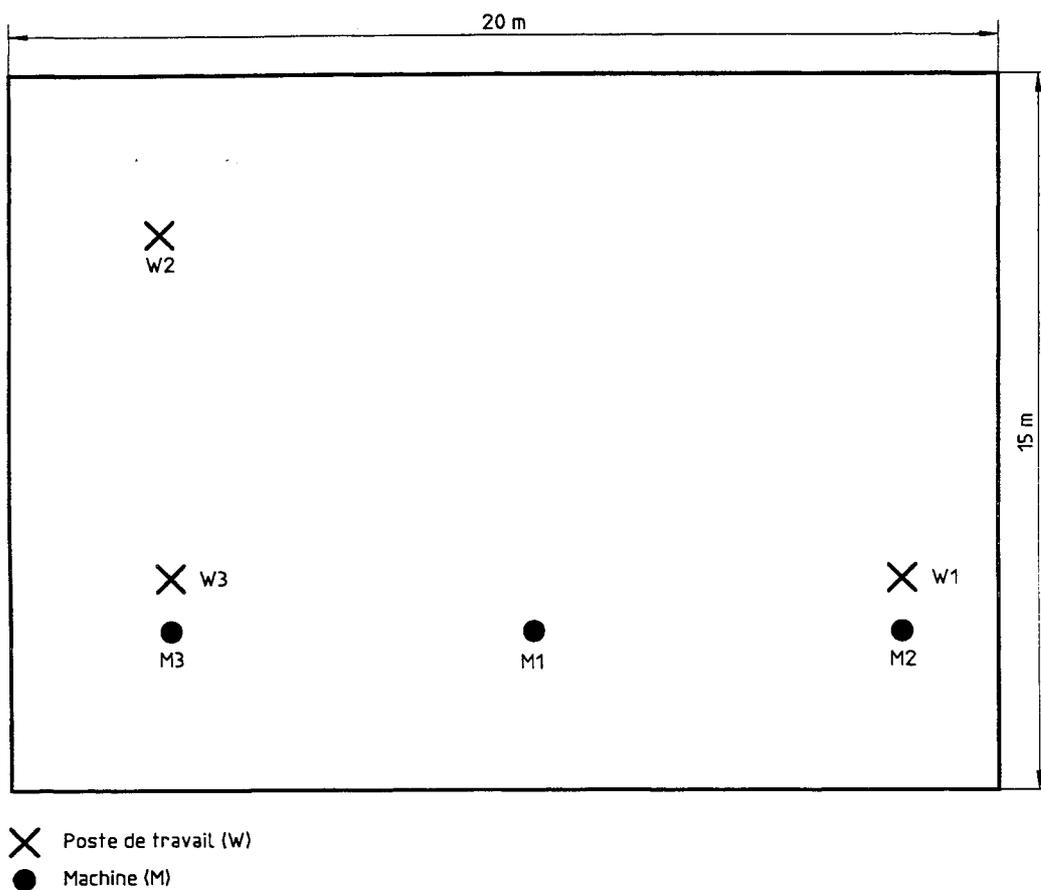


Figure B.1 - Emplacement des machines et des postes de travail dans le local

Tableau B.2 - Forme et dimension du local

Local de travail parallélépipédique	$L_x = 20 \text{ m}, L_y = 15 \text{ m}, L_z = 7 \text{ m}$
--	---

Tableau B.3 : Absorption du local

Absorption uniforme de toutes les parois
Coefficient moyen d'absorption : $\bar{\alpha} = 0,15$

Données de sortie : Courbe de décroissance sonore spatiale calculée.

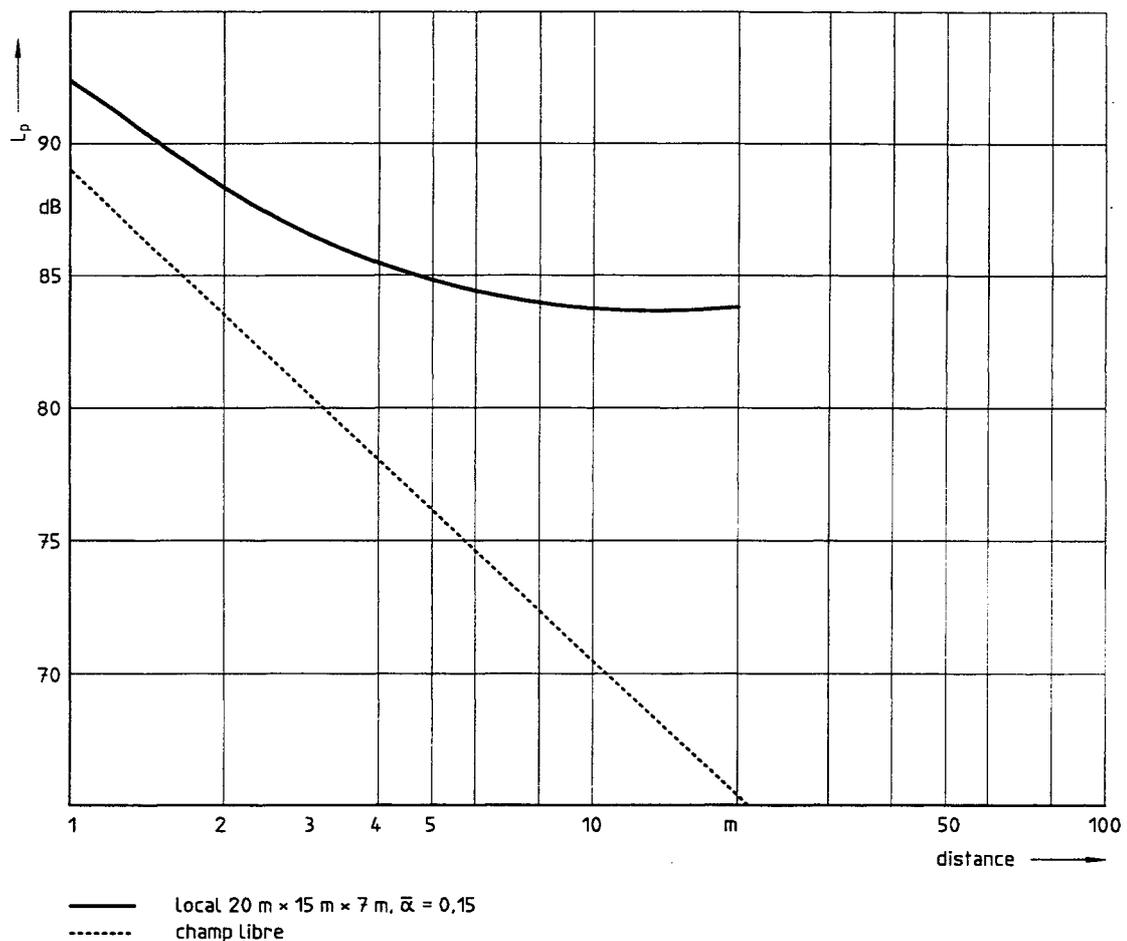


Figure B.2 - Courbe de décroissance sonore spatiale calculée. L_p est le niveau de pression acoustique en un point donné pour un niveau de puissance acoustique de la source de 100 dB

Etape 2 : Calcul de l'impact du bruit de nouvelles machines à partir de la courbe de décroissance sonore spatiale calculée.

Le principe de calcul est le suivant. A chaque poste de travail, le niveau de pression acoustique dû à chaque nouvelle machine est calculé à partir de la courbe de décroissance sonore spatiale. Ces niveaux de pression acoustique et le niveau de pression acoustique existant sont sommés sur une base énergétique afin d'obtenir le niveau de pression acoustique total à chaque poste de travail, après installation des nouvelles machines. La contribution d'une machine au niveau de pression acoustique total à son poste de travail peut être déterminée par la méthode décrite à l'annexe C, en tenant compte du niveau de puissance acoustique de la machine et du niveau de pression acoustique d'émission à son poste de travail.

Cette étape est illustrée par deux cas relatifs au local de travail considéré à l'étape 1.

Cas A : A l'origine, le local a un poste de travail, W1, mais ne contient pas de machine. Deux nouvelles machines, M1 et M2, sont installées et un nouveau poste de travail, W2 (le poste de travail de M2) est mis en place.

Données d'entrée :

Tableau B.4 - Données sources

Machine	Valeurs d'émission sonore		Emplacement de la source		
	L _W en dB	L _p en dB	x en m	y en m	z en m
M1	95	(80)	10	3	1
M2	90	77	17	3	1

() : valeur non utilisée pour le calcul.

Tableau B.5 - Données du poste de travail

Poste de travail	Position			Niveau de pression acoustique du bruit ambiant, L _p , en dB
	x en m	y en m	z en m	
W1 (existant)	3	12	1,6	50 (bruit de fond)
W2 (nouveau)	17	4	1,6	à déterminer

Données de sortie: Niveaux calculés de pression acoustique du bruit ambiant aux postes de travail après installation de la nouvelle machine (tableau B.6).

Tableau B.6 - Niveaux calculés de pression acoustique du bruit ambiant aux postes de travail

Poste de travail	L _p en dB	
	avant	après
W1	50	82,1
W2	/	80,3

Cas B: A l'origine, le local de travail contient deux machines, M1 et M2, et deux postes de travail, W1 et W2. Une nouvelle machine, M3, doit être choisie parmi deux types de machines et achetée. Un nouveau poste de travail, W3, est mis en place (pour la nouvelle machine).

Données d'entrée :

Tableau B.7 : Données sources

Machine	Valeurs d'émission sonore		Emplacement de la source		
	L _W en dB	L _p en dB	x en m	y en m	z en m
M1	95	(80)	10	3	1
M2	90	77	17	3	1
M3 (premier choix)	100	87	3	3	1
M4 (second choix)	95	82	3	3	1

() : valeur non utilisée pour le calcul.

Tableau B.8 - Données du poste de travail

Poste de travail	Position			Niveau de pression acoustique du bruit ambiant, L _p , en dB
	x en m	y en m	z en m	
W1	3	12	1,6	82
W2	17	4	1,6	80
W3	3	4	1,6	/

Données de sortie : Niveaux calculés de pression acoustique du bruit ambiant aux postes de travail après installation de la machine M3 ou de l'autre machine (tableau B.9).

Tableau B.9 - Niveaux calculés de pression acoustique du bruit ambiant, aux postes de travail, L_p en dB

Poste de travail	Avant	Après, avec la machine M3	Après, avec la machine M4
W1	82,1	86,2	83,8
W2	80,3	85,7	82,8
W3	/	89,4	85,4

L'avantage tiré de l'achat de la machine la moins bruyante est quantifié dans le tableau ci-dessus.

Annexe C

Détermination du niveau de pression acoustique au poste de travail d'une machine dans un local de travail

C.1 Procédure

Le niveau de pression acoustique d'émission, L_p , au poste de travail d'une machine est lié aux conditions de champ libre, la machine fonctionnant sur un sol réfléchissant, en l'absence de toute autre surface réfléchissante.

Lorsque la machine fonctionne dans un local de travail, le niveau de pression acoustique au poste de travail, L'_p , est plus élevé en raison de l'influence du local. Cette augmentation, ΔL , du niveau de pression acoustique :

$$\Delta L = L'_p - L_p$$

est identique à la correction K_3 (voir ISO 11204) et est associée aux deux grandeurs de base caractérisant l'émission sonore, que sont :

- le niveau de puissance acoustique, L_w (pondéré A ou par bandes de fréquence) ; et
- le niveau de pression acoustique d'émission, L_p (pondéré A ou par bandes de fréquence) ;

ainsi qu'à la qualité du local. Cette dernière peut être exprimée par :

- l'aire d'absorption équivalente A en m^2 ; ou
- la correction du local, K_2 (voir ISO 3744), mesurée pour une surface donnée S entourant la source, en utilisant une source sonore de référence dont le niveau de puissance acoustique est bien connu ; ou
- l'amplification du niveau de pression acoustique et/ou le taux de décroissance spatiale du niveau de pression acoustique par doublement de la distance, déterminés à partir de la courbe de décroissance sonore dans une certaine plage de distances (par exemple 1 m à 5 m).

Les étapes suivantes montrent la manière de déterminer le niveau de pression acoustique aux postes de travail dans un local, à partir des valeurs d'émission, si la qualité du local peut être décrite par l'aire d'absorption équivalente A en m^2 .

L'augmentation du niveau de pression acoustique, ΔLA , au poste de travail de la machine peut être déterminée à partir de la grandeur mentionnée ci-dessus. L'organigramme de la figure C.1 présente cette augmentation en fonction de l'aire d'absorption équivalente, A , du local, en utilisant comme paramètre la différence $L_{WA} - L_{pA}$.

Cet organigramme permet de déterminer à partir de la valeur de ΔLA , le niveau de pression acoustique, L'_{pA} , du bruit ambiant au poste de travail de chaque machine, lorsque cette machine - et uniquement celle-ci - fonctionne dans le local de travail considéré.

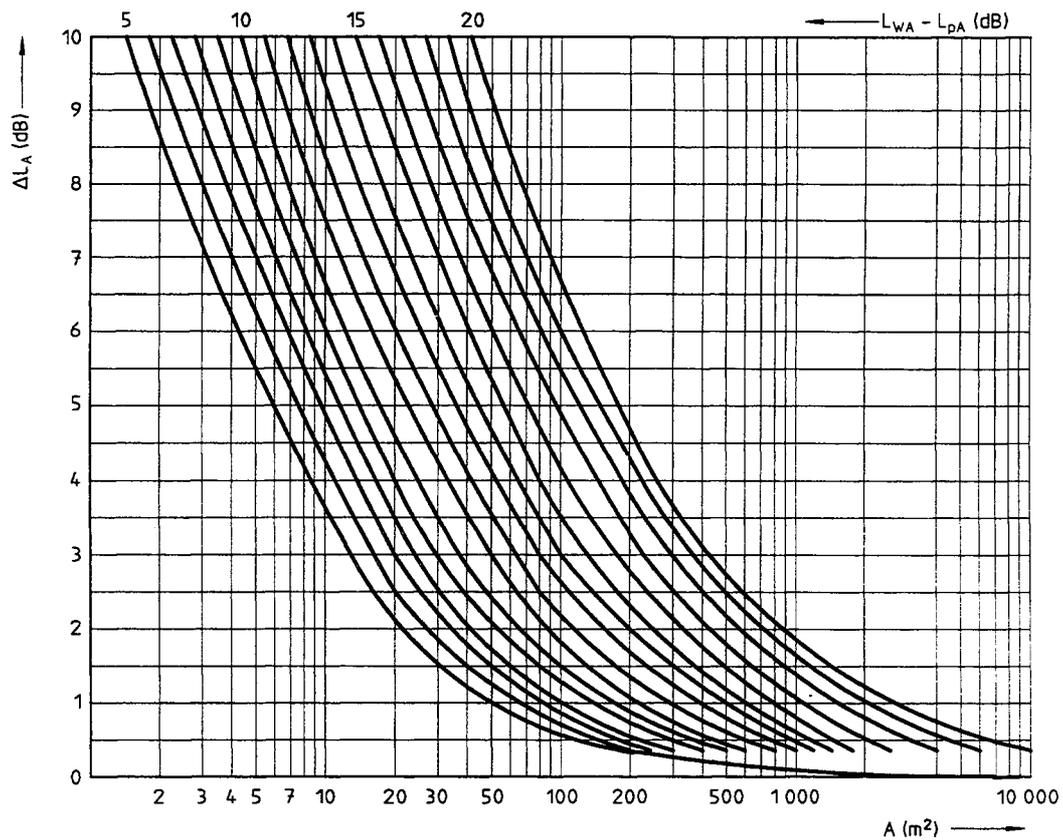


Figure C.1 - Diagramme de détermination de l'augmentation du niveau de pression acoustique au poste de travail d'une machine

La procédure est illustrée par un exemple traitant de l'installation de nouvelles machines dans une usine.

C.2 Données d'entrée

C.2.1 Données machines

Pour chaque machine, les deux valeurs d'émission sonore de base (niveau de puissance acoustique L_W et niveau de pression acoustique d'émission L_p) doivent être connues. Dans cet exemple, les grandeurs considérées sont pondérées A.

Tableau C.1 - Données sources

Machine	Valeurs d'émission sonore pondérées A	
	L_{WA} en dB	L_{pA} en dB
M1	105	79
M2	98	81
M3	107	87
M4	94	82
M5	102	84
M6	96	82
M7	101	84
M8	107	78

C.2.2 Données du local de travail

Dans cet exemple, le local a une aire totale d'absorption, A , de 195 m².

C.2.3 Détermination de l'augmentation du niveau de pression acoustique

Pour l'exemple choisi, les valeurs de L'_{pA} sont indiquées dans le tableau C.2.

Tableau C.2 - Détermination du niveau de pression acoustique

Machine	$L_{WA} - L_{pA}$ en dB	ΔL_A en dB	L'_{pA} en dB
M1	26	9,5	89
M2	17	3	84
M3	20	5	92
M4	12	1	83
M5	18	4	88
M6	14	2	84
M7	17	3	87
M8	29	10	88

Chaque valeur L'_{pA} indiquée dans la dernière colonne du tableau C.2 représente le niveau de pression acoustique au poste de travail de la machine en fonctionnement, toutes les autres étant à l'arrêt. Afin de déterminer le niveau de pression acoustique à un poste de travail, lorsque toutes les machines sont en fonctionnement, la contribution de chaque machine du local doit être évaluée pour ce poste de travail par la procédure décrite dans l'annexe A ou B et ces contributions sommées sur une base énergétique.

Annexe D

Evaluation de la qualité acoustique d'un local de travail

La présente annexe décrit la manière de procéder à l'évaluation de la qualité acoustique d'un local de travail par le calcul de la courbe de décroissance sonore spatiale et de ses paramètres dérivés (DLf et DL2). Dans l'exemple utilisé, le local considéré est vide avec et sans plafond absorbant.

D.1 Méthode d'évaluation

Description de la situation pour la prévision du bruit :

Tableau D.1 - Niveau de détail des paramètres d'entrée

Catégorie de méthode	Absorption et forme du local	Encombrement du local	Description de la source
2a	2	1	1

Les chiffres du tableau ci-dessus sont tirés des tableaux 1 à 4.

D.2 Données d'entrée

Données du local de travail :

Tableau D.2 - Forme et dimensions

Local parallélépipédique
Dimensions : Lx = 75 m, Ly = 50 m, Lz = 10 m

Tableau D.3 - Absorption du local

Coefficient d'absorption dans la plage de fréquence concernée	Plafond sans traitement $\alpha = 0,10$ avec traitement $\alpha = 0,85$
	Autres parois $\alpha = 0,10$

D.3 Données de sortie

Courbe de décroissance sonore spatiale calculée (niveaux de pression acoustique (L_p) pour un niveau de puissance acoustique de la source $L_W = 100$ dB)

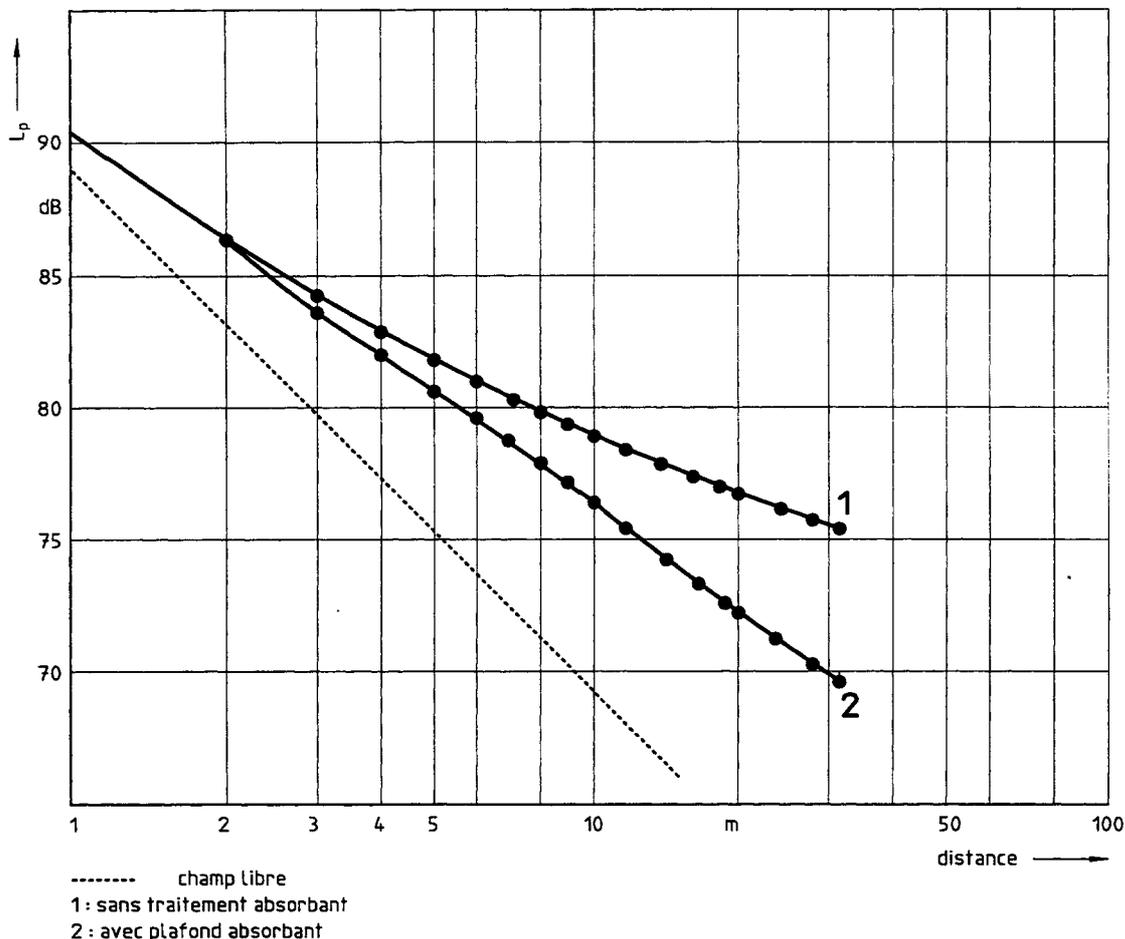


Figure D.1 - Courbes de décroissance sonore spatiale calculées

Paramètres dérivés du local :

DL2 et DLf sont calculés ici pour la plage moyenne de distance à la source (choix de la plage 5 m à 15 m).

Tableau D.4 - Valeurs calculées de l'amplification du niveau de pression acoustique, DLf, et du taux de décroissance de la pression acoustique par doublement de la distance, DL2

Traitement du local	DL2 en dB	DLf en dB
Aucun traitement	2,5	6,9
Plafond absorbant	4,4	4,5

L'avantage résultant du traitement du plafond est quantifié dans le tableau ci-dessus (voir figure 10 de l'ISO 11690-2) et est également indiqué par les courbes de décroissance sonore spatiale de la figure D.1.

Annexe E

Recommandation pour l'utilisation des méthodes de prévision du bruit

Le tableau suivant donne la plage de niveaux de détail recommandée pour les paramètres d'entrée de chaque catégorie de méthode de prévision du bruit.

Tableau E.1 - Plage de niveaux de détail recommandée pour les paramètres d'entrée de chaque catégorie de méthode de prévision du bruit

Catégorie de méthode de prévision (voir tableau 4)	Niveau de détail des paramètres d'entrée		
	Absorption et forme du local (voir tableau 1)	Encombrement du local (voir tableau 2)	Description de la source (voir tableau 3)
1	1	1	1 à 3
2a	1 ; 2	1 ; 2	1 à 3
2b	1 à 3	1 à 3	1 à 3
2c	1 à 4	1 à 4	1 à 3

Annexe F

Bibliographie

La présente annexe donne une liste des ouvrages de base au sujet de la propagation du son en intérieur et de la prévision du bruit dans les locaux de travail.

* : Documents traitant de l'acoustique des salles et/ou des méthodes de prévision du bruit en intérieur.

** : Documents traitant des applications pratiques des méthodes de prévision du bruit en intérieur

BERANEK L.L. Noise and vibration control. Mc Graw Hill, 1988.*

CREMER L. Statistische Grundlagen der Raumakustik. S. Hirzel Verlag, 1961.*

HODGSON M. Factory sound fields- Their characteristics and prediction. Canadian Acoustics, 18-30, 1986.*

HODGSON M. Case history: Factory noise prediction using ray tracing - Experimental validation and the effectiveness of noise control measures. Noise Control Engineering J. 33 (3), 87-104, 1989.**

I.N.R.S Acoustique prévisionnelle intérieure. Notes Scientifiques et Techniques n° 50 à 56 et n° 67, 1984. *,**

JACQUES J.R. Indoor noise prediction: from myth to reality, Proc. I.O.A. Vol. 15, Part 3, 1993.*

JOVICIC S. Anleitung zur Voraus Berechnung von Schallpegeln in Räumen. VDI Berichte 476, 11-19, 1983.*

KUTTRUFF H. Room Acoustics. Applied Science Publishers, 1979.*

KUTTRUFF H., Stationäre Schallausbreitung in Flachräumen. Acustica 57, 62-70, 1985.*

KUTTRUFF H., Stationäre Schallausbreitung in Längsräumen. Acustica 69, 53-62, 1989.*

LAZARUS H. Berechnung und Messung der Schallausbreitung in Arbeitsräumen - Überblick über Methoden und Schallschutzmassnahmen. VDI Berichte, n° 860, 1990.*, **

LINDQUIST E. A., Sound propagation in large factory spaces. Acustica 50, 313-328, 1982.*

LINDQUIST E. A., Noise attenuation in factories. Appl. Acoustics 16, 183-214, 1983.*

LUZZATO E., HERMANSEN O., Sound power identification and sound level prediction in a Danish power plant. Proceedings of Inter-Noise 89 (2), 1271-1274, Newport Beach, 1989.**

NYKÄNEN H., KLAMKA E., LAMULA L., RÄISÄNEN E. Experiences of the acoustical design of working environments using computer modelling based on ray-tracing techniques. Proceedings of Inter-Noise 91 (2), 1245-1248, Sydney, 1991.**

ONDET A.M., BARBRY J.L. Modeling of sound propagation in fitted workshops using ray tracing. J. Acoust. Soc. Am. 85 (2), 787-796, 1989.*

ONDET A.M., BARBRY J.L. Sound propagation in fitted rooms - Comparison of different models. J. Sound Vib. 125 (1), 137-149, 1988.*, **

PROBST W. Schallabstrahlung und Schallausbreitung, Forschungsbericht n° 556 der B.A.U., Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 1988.*

PROBST W., NEUGEBAUER G., KURZE U., JOVICIC S., STEPHENSON U., Schallausbreitung in Arbeitsräumen - Einfluss der Raumparameter - Vergleich von Berechnungs- und Messergebnissen. Forschungsbericht n° 621 der B.A.U., Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 1990.*,**

SENAT C., ZULIANI P., GUILHOT J.P., GAMBA R., Un modèle de prévision des niveaux de pression dans les locaux vides et encombrés reposant sur l'hypothèse de réflexion diffuse sur les parois. Journal d'Acoustique 4, 1-16, 1991.*