

ISO 9613-2:1996

Décembre 1996

AFNOR
Association Française
de Normalisation

www.afnor.fr

Ce document est à usage exclusif et non collectif des clients Normes en ligne. Toute mise en réseau, reproduction et rediffusion, sous quelque forme que ce soit, même partielle, sont strictement interdites.

This document is intended for the exclusive and non collective use of AFNOR Webshop (Standards on line) customers. All network exploitation, reproduction and re-dissemination, even partial, whatever the form (hardcopy or other media), is strictly prohibited.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent document, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées. La violation de ces dispositions impératives soumet le contrevenant et toutes personnes responsables aux poursuites pénales et civiles prévues par la loi.

Boutique AFNOR

Pour : ECHOLOGOS AUVERGNE

Client 51039828

Commande N-20070117-194250-TA

le 17/1/2007 11:01

Diffusé par

 **AFNOR**

NORME
INTERNATIONALE

ISO
9613-2

Première édition
1996-12-15

**Acoustique — Atténuation du son lors de
sa propagation à l'air libre —**

Partie 2:
Méthode générale de calcul

*Acoustics — Attenuation of sound during propagation outdoors —
Part 2: General method of calculation*



Numéro de référence
ISO 9613-2:1996(F)

ISO 9613-2:1996(F)

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 9613-2 a été élaborée par le comité techniques ISO/TC 43, *Acoustique*, sous-comité SC 1, *Bruit*.

L'ISO 9613 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Acoustique — Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre*:

- *Partie 1: Calcul de l'absorption atmosphérique*
- *Partie 2: Méthode générale de calcul*

La partie 1 traite exclusivement et en détail de l'atténuation liée aux processus d'absorption atmosphérique. La partie 2 consiste en un traitement plus approximatif et empirique d'un sujet plus large: l'atténuation par tous mécanismes physiques.

Les annexes A et B de la présente partie de l'ISO 9613 sont données uniquement à titre d'information.

© ISO 1996

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

Introduction

La série de normes ISO 1996 prescrit des méthodes pour la description du bruit à l'air libre extérieur dans des environnements urbains. D'autres normes, par ailleurs, prescrivent des méthodes pour la détermination des niveaux de puissance acoustique émis par diverses sources de bruit, telles que des machines et des équipements spécifiés (série ISO 3740), ou des installations industrielles (ISO 8297). La présente partie de l'ISO 9613 est destinée à combler la lacune existant entre ces deux types de norme, afin de permettre la prédiction des niveaux de bruits urbains à partir de sources d'émission sonore connue. La méthode décrite dans la présente partie de l'ISO 9613 est générale dans le sens où elle peut être appliquée à une large variété de sources de bruit, et où elle couvre la plupart des mécanismes majeurs d'atténuation. Son utilisation se heurte cependant à certaines contraintes, lesquelles proviennent principalement de la description du bruit ambiant dans la série ISO 1996.

Page blanche

Acoustique — Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre —

Partie 2:

Méthode générale de calcul

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 9613 prescrit une méthode pour le calcul de l'atténuation d'un son lors de sa propagation en champ libre, afin de prédire les niveaux de bruit ambiant à une distance donnée provenant de diverses sources. La méthode permet de prédire le niveau moyen de pression acoustique continu équivalent pondéré A (comme décrit dans les parties 1 à 3 de l'ISO 1996) dans des conditions météorologiques favorables à la propagation à partir de sources d'émission sonore connue.

Ces conditions consistent en une propagation par vent portant, comme prescrit en 5.4.3.3 de l'ISO 1996-2:1987 ou, de manière équivalente, une propagation sous une inversion de température modérée bien développée au voisinage du sol, comme cela arrive communément la nuit. Les conditions d'inversion au-dessus de l'eau ne sont pas concernées; il peut en résulter des niveaux de pression acoustique plus élevés que ceux que la présente partie de l'ISO 9613 peut permettre de prédire.

La méthode permet de prédire également un niveau moyen de pression acoustique pondéré A à long terme comme décrit dans l'ISO 1996-1 et l'ISO 1996-2. Le niveau moyen de pression acoustique pondéré A à long terme englobe des niveaux correspondant à une grande diversité de conditions météorologiques.

La méthode prescrite dans la présente partie de l'ISO 9613 consiste spécifiquement en des algorithmes par bande d'octave (avec des fréquences centrales allant de 63 Hz à 8 kHz) pour calculer l'atténuation d'un son produit par une source sonore ponctuelle, ou un assemblage de sources ponctuelles. La (les) source(s) peut (peuvent) être mobile(s) ou station-

naire(s). Des termes spécifiques sont fournis dans les algorithmes pour les effets physiques suivants:

- divergence géométrique;
- absorption atmosphérique;
- effet de sol;
- réflexion à partir de surfaces;
- effet d'écran.

Des informations supplémentaires concernant la propagation à travers des habitations, de la végétation et des sites industriels sont données dans l'annexe A.

Cette méthode est applicable en pratique à une grande variété de sources de bruits et d'environnements. Elle est applicable, directement ou indirectement, à la plupart des situations concernant le trafic routier ou ferroviaire, les sources de bruit industrielles, les activités de construction, et de nombreuses autres sources de bruit situées au voisinage du sol. Elle ne s'applique pas à un avion en vol, ni à des ondes de choc provenant d'exploitation minière, et/ou d'opérations militaires ou assimilées.

Pour appliquer la méthode prescrite dans la présente partie de l'ISO 9613, de nombreux paramètres doivent être connus en ce qui concerne la géométrie de la source et de l'environnement, les caractéristiques de la surface du sol, et la force de la source en terme de niveaux de puissance acoustique par bande d'octave pour les directions appropriées à la propagation.

NOTE 1 Si les seuls niveaux de puissance acoustique pondérés A des sources sont connus, les termes d'atténuation à 500 Hz peuvent être utilisés pour estimer l'atténuation résultante.

La précision de la méthode et les limitations imposées à son utilisation en pratique sont décrites dans l'article 9.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 9613. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente partie de l'ISO 9613 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 1996-1:1982, *Acoustique — Caractérisation et mesurage du bruit de l'environnement — Partie 1: Grandeurs et méthodes fondamentales.*

ISO 1996-2:1987, *Acoustique — Caractérisation et mesurage du bruit de l'environnement — Partie 2: Saisie des données pertinentes pour l'utilisation des sols.*

ISO 1996-3:1987, *Acoustique — Caractérisation et mesurage du bruit de l'environnement — Partie 3: Application aux limites de bruit.*

ISO 9613-1:1993, *Acoustique — Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre — Partie 1: Calcul de l'absorption atmosphérique.*

CEI 651:1979, *Sonomètres*, et Amendement n° 1: 1993.

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 9613, les définitions données dans l'ISO 1996-1 ainsi que les définitions suivantes s'appliquent. (Voir tableau 1 pour les symboles et unités.)

3.1 niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A, L_{AT} : Niveau de pression acoustique, en décibels, donné par l'équation (1):

$$L_{AT} = 10 \lg \left\{ \left[(\sqrt{T}) \int_0^T p_A^2(t) dt \right] / p_0^2 \right\} \text{ dB} \quad \dots (1)$$

Tableau 1 — Symboles et unités

Symbole	Définition	Unité
A	atténuation par bande d'octave	dB
$C_{\text{météo}}$	correction météorologique	dB
d	distance de la source au récepteur (voir figure 3)	m
d_p	distance de la source au récepteur projetée sur le plan du sol (voir figure 1)	m
$d_{s,o}$	distance entre la source et le point de réflexion sur l'obstacle réfléchissant (voir figure 8)	m
$d_{o,r}$	distance entre le point de réflexion sur l'obstacle réfléchissant et le récepteur (voir figure 8)	m
d_{ss}	distance de la source à la première arête de diffraction (voir figures 6 et 7)	m
d_{sr}	distance de la seconde arête de diffraction au récepteur (voir figures 6 et 7)	m
D_1	indice de directivité de la source sonore ponctuelle	—
D_2	atténuation due à l'écran	—
e	distance entre la première et la seconde arête de diffraction (voir figure 7)	m
G	facteur de sol	—
h	hauteur moyenne de la source et du récepteur	m
h_s	hauteur de la source au-dessus du sol (voir figure 1)	m
h_r	hauteur du récepteur au-dessus du sol (voir figure 1)	m
h_m	hauteur moyenne du chemin de propagation au-dessus du sol (voir figure 3)	m
H_{max}	plus grande dimension des sources	m
l_{min}	longueur ou hauteur minimale de l'aire réfléchissante (voir figure 8)	m
L	niveau de pression acoustique	dB
α	coefficient d'atténuation atmosphérique	dB/km
β	angle d'incidence	rad
ρ	coefficient de réflexion du son	—

où

$p_A(t)$ est la pression acoustique pondérée A instantanée, en pascals;

p_0 est la pression acoustique de référence (= 20×10^{-6} Pa);

T est un intervalle de temps considéré, en secondes.

La pondération fréquentielle A est celle prescrite pour les sonomètres dans la CEI 651.

NOTE 2 L'intervalle de temps T doit être suffisamment long pour intégrer les variations des paramètres météorologiques. La présente partie de l'ISO 9613 prend deux situations différentes en considération.

3.2 niveau de pression acoustique continu équivalent par bande d'octave par vent portant, $L_{fT}(DW)$: Niveau de pression acoustique, en décibels, donné par l'équation (2):

$$L_{fT}(DW) = 10 \lg \left\{ \left[(1/T) \int_0^T p_f^2(t) dt \right] / p_0^2 \right\} \text{ dB} \quad \dots (2)$$

où $p_f(t)$ est la pression acoustique instantanée par bande d'octave par vent portant dans la direction de propagation, et l'indice f représente une fréquence centrale nominale d'un filtre de bandes d'octave.

NOTE 3 Il convient que les caractéristiques électriques des filtres de bandes d'octave soient conformes au moins aux exigences de classe 2 de la CEI 1260.

3.3 perte par insertion (d'un écran): Différence, en décibels, entre les niveaux de pression acoustique mesurés au niveau d'un récepteur à un endroit spécifié dans deux conditions:

- avec l'écran retiré (sans écran), et
- avec l'écran présent (inséré),

sans autre modification significative qui puisse affecter la propagation du son.

4 Description de la source

Les équations à utiliser sont valables pour l'atténuation du son issu de sources ponctuelles. Des sources

de bruit étendues, telles qu'un trafic routier et ferroviaire, ou un site industriel (qui peut inclure plusieurs installations ou fabriques en même temps que le trafic se déplaçant sur le site), doivent être représentées par un ensemble de sections (cellules), possédant chacune une certaine puissance acoustique et une certaine directivité. L'atténuation calculée pour un son issu d'un point représentatif dans une section est utilisée pour représenter l'atténuation du son issu de la section entière. Une source linéaire peut être divisée en sections linéaires, une source surfacique en sections surfaciques, chacune étant représentée en son centre par une source ponctuelle.

Néanmoins, un groupe de sources ponctuelles peut être décrit par une source sonore ponctuelle équivalente située au milieu du groupe, en particulier si

- les sources ont approximativement la même force et la même hauteur au-dessus du plan local du sol,
- les mêmes conditions de propagation existent entre les sources et le point de réception, et
- la distance d de la source unique ponctuelle équivalente au récepteur dépasse le double de la plus grande dimension H_{\max} des sources ($d > 2H_{\max}$).

Si la distance d est plus petite ($d \leq 2H_{\max}$), ou si les conditions de propagation pour les sources ponctuelles composantes sont différentes (par exemple du fait de la présence d'écrans), la source acoustique totale doit être décomposée en sources ponctuelles élémentaires.

NOTE 4 Outre les sources réelles décrites ci-dessus, des sources images seront introduites pour décrire le son réfléchi par les murs et les plafonds (mais pas près du sol), tel qu'il est décrit en 7.5

5 Conditions météorologiques

Les conditions de propagation par vent portant pour la méthode prescrite dans la présente partie de l'ISO 9613 sont prescrites en 5.4.3.3 de l'ISO 1996-2:1987, à savoir:

- une direction de vent incluse dans un angle de $\pm 45^\circ$ avec la direction reliant le centre de la source dominante et le centre de la région réceptrice spécifiée, le vent soufflant de la source vers le récepteur, et
- une vitesse de vent comprise approximativement entre 1 m/s et 5 m/s, mesurée à une hauteur comprise entre 3 m et 11 m au-dessus du sol.

Les équations permettant de calculer le niveau moyen de pression acoustique par vent portant $L_{AT}(DW)$ dans la présente partie de l'ISO 9613, y compris les équations

tions pour l'atténuation données dans l'article 7, correspondent à la moyenne pour des conditions météorologiques dans ces limites. Le terme «moyenne» employé ici signifie moyenne sur un intervalle de courte durée, tel qu'il est défini en 3.1.

Ces équations sont également valables, de manière équivalente, pour une propagation moyenne sous une inversion de température modérée bien développée au voisinage du sol, comme cela arrive communément la nuit par temps dégagé et calme.

6 Équations de base

Le niveau de pression acoustique continu équivalent par bande d'octave par vent portant au niveau d'un récepteur $L_{fT}(DW)$, doit être calculé pour chaque source ponctuelle et ses sources images, et pour les huit bandes d'octave avec des fréquences centrales nominales allant de 63 Hz à 8 kHz, à l'aide de l'équation (3):

$$L_{fT}(DW) = L_W + D_c - A \quad \dots (3)$$

où

L_W est le niveau de puissance acoustique par bande d'octave, en décibels, produit par la source sonore ponctuelle rapporté à une puissance acoustique de référence de 1 picowatt (1 pW);

D_c est la correction de directivité, en décibels, qui décrit dans quelle mesure le niveau de pression acoustique continu équivalent de la source sonore ponctuelle dévie dans une direction donnée par rapport au niveau d'une source sonore ponctuelle omnidirectionnelle produisant un niveau de puissance acoustique L_W ; D_c est équivalente à l'indice de directivité D_1 de la source sonore ponctuelle plus un indice de directivité D_Ω qui tient compte de la propagation sonore dans les angles solides inférieurs à 4π stéradians; pour une source sonore ponctuelle omnidirectionnelle rayonnant dans un espace libre, $D_c = 0$ dB;

A est l'atténuation par bande d'octave, en décibels, lors de la propagation de la source ponctuelle au récepteur.

6 Les niveaux de puissance acoustique dans l'équation (3) peuvent être déterminés à partir de mesures, par exemple tel qu'il est décrit dans la série ISO 3740 (pour les machines) ou dans l'ISO 8297 (pour les installations industrielles).

Le terme d'atténuation A dans l'équation (3) est donné par l'équation (4):

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{sol} + A_{écran} + A_{divers} \quad \dots (4)$$

où

A_{div} est l'atténuation due à la divergence géométrique (voir 7.1);

A_{atm} est l'atténuation due à l'absorption par l'air (voir 7.2);

A_{sol} est l'atténuation due à l'effet de sol (voir 7.3);

$A_{écran}$ est l'atténuation due à l'effet d'écran (voir 7.4);

A_{divers} est l'atténuation due à divers autres effets (voir annexe A).

Des méthodes générales de calcul des quatre premiers termes de l'équation (4) sont prescrites dans la présente partie de l'ISO 9613. Des informations sur trois contributions au dernier terme, A_{divers} (l'atténuation due à la propagation à travers la végétation, les sites industriels et les zones d'habitation), sont données dans l'annexe A.

Le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A par vent portant est obtenu en sommant les différentes pressions acoustiques quadratiques moyennes contribuant au phénomène, qui ont été calculées à l'aide des équations (3) et (4) pour chaque source sonore ponctuelle, pour chacune de leurs sources images et pour chaque bande d'octave, grâce à l'équation (5):

$$L_{AT}(DW) = 10 \lg \left\{ \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^8 10^{0,1[L_{fT}(ij) + A_f(j)]} \right] \right\} \quad \text{dB} \quad \dots (5)$$

où

n est le nombre de contributions i (sources et trajets);

j est un indice indiquant les huit fréquences centrales de bande d'octave standard allant de 63 Hz à 8 kHz;

A_f représente la pondération A standard (voir CEI 651).

NOTES

5 Le symbole A (en italique) signifie l'atténuation dans la présente partie de l'ISO 9613, excepté dans les indices, où il désigne la pondération fréquentielle A (en caractères romains).

Le niveau moyen de pression acoustique de long terme pondéré A L_{AT} (LT) doit être calculé à l'aide de l'équation (6):

$$L_{AT}(\text{LT}) = L_{AT}(\text{DW}) - C_{\text{météo}} \quad \dots (6)$$

où $C_{\text{météo}}$ est la correction météorologique décrite dans l'article 8.

Le calcul et la signification des divers termes dans les équations (1) à (6) sont expliqués dans les articles suivants. Pour un traitement plus détaillé des termes d'atténuation, voir les références bibliographiques listées dans l'annexe B.

7 Calcul des termes d'atténuation

7.1 Divergence géométrique (A_{div})

Pour une source sonore ponctuelle, la divergence géométrique correspond à l'atténuation en champ libre de l'onde sphérique. L'atténuation, en décibels, est égale à

$$A_{\text{div}} = [20 \lg(d/d_0) + 1] \text{ dB} \quad \dots (7)$$

où

d est la distance, en mètres, entre la source et le récepteur;

d_0 est la distance de référence (= 1 m).

NOTE 7 La constante dans l'équation (7) permet de mettre en relation le niveau de puissance acoustique et le niveau de pression acoustique à une distance de référence d_0 qui est 1 m d'une source sonore ponctuelle omnidirectionnelle.

7.2 Absorption atmosphérique (A_{atm})

L'atténuation due à l'absorption atmosphérique A_{atm} , en décibels, lors de la propagation sur une distance d , en mètres, est donnée par l'équation (8):

$$A_{\text{atm}} = \alpha d / 1000 \quad \dots (8)$$

où α est le coefficient d'atténuation atmosphérique, en décibels par kilomètre, à la fréquence centrale pour chaque bande d'octave (voir tableau 2).

Pour des valeurs de α dans des conditions atmosphériques non représentées dans le tableau 2, voir l'ISO 9613-1.

NOTES

8 Le coefficient d'atténuation atmosphérique dépend fortement de la fréquence du son, de la température ambiante et de l'humidité relative de l'air, tout en ne dépendant que très peu de la pression ambiante.

9 Pour l'estimation des niveaux de bruit ambiant, le coefficient d'atténuation atmosphérique devrait être fondé sur des valeurs moyennes déterminées par les conditions météorologiques qui s'appliquent au site.

7.3 Effet de sol (A_{sol})

7.3.1 Méthode générale de calcul

L'atténuation due au sol, A_{sol} , est principalement le résultat de l'interférence entre le son réfléchi par la surface du sol et le son qui se propage directement de la source au récepteur. Le trajet de propagation incurvé vers le bas (par vent portant) assure que cette atténuation est déterminée essentiellement par les surfaces de sol situées près de la source et près du récepteur. Cette méthode de calcul de l'effet de sol ne s'applique qu'aux sols qui sont approximativement plans, c'est-à-dire soit à l'horizontale, soit dotés d'une pente constante. Trois régions distinctes pour l'atténuation due au sol sont prescrites (voir figure 1):

- la région «source», s'étendant à partir de la source de direction du récepteur sur une distance de $30h_s$, avec un maximum de distance d_p (h_s est la hauteur de la source, et d_p est la distance entre la source et le récepteur, en projection sur le plan du sol);

Tableau 2 — Coefficient d'atténuation atmosphérique α pour des bandes d'octave de bruit

Température °C	Humidité relative %	Coefficient d'atténuation atmosphérique α , dB/km							
		Fréquence centrale nominale, Hz							
		63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
10	70	0,1	0,4	1,0	1,9	3,7	9,7	32,8	117
20	70	0,1	0,3	1,1	2,8	5,0	9,0	22,9	76,6
30	70	0,1	0,3	1,0	3,1	7,4	12,7	23,1	59,3
15	20	0,3	0,6	1,2	2,7	8,2	28,2	88,8	202
15	50	0,1	0,5	1,2	2,2	4,2	10,8	36,2	129
15	80	0,1	0,3	1,1	2,4	4,1	8,3	23,7	82,8

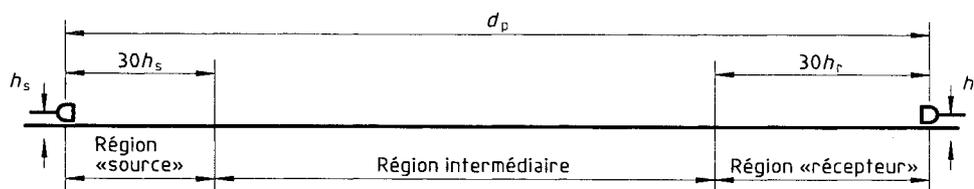


Figure 1 — Trois régions distinctes pour la détermination de l'atténuation due au sol

- b) la région «récepteur», s'étendant à partir du récepteur en direction de la source sur une distance de $30h_r$, avec un maximum de distance d_p (h_r est la hauteur du récepteur);
- c) une région intermédiaire, comprise entre les régions «source» et «récepteur». Si $d_p < (30h_s + 30h_r)$, les régions «source» et «récepteur» se chevauchent et il n'y aura pas de région intermédiaire.

Selon ce modèle, l'atténuation due au sol n'augmente pas avec la région intermédiaire, mais dépend principalement des propriétés des régions «source» et «récepteur».

Les propriétés acoustiques de chaque région sont représentées par un facteur de sol G . Trois catégories de surface réfléchissante sont prescrites ci-après.

- a) **Sol dur**, ce qui inclut les revêtements de chaussée, l'eau, la glace, le béton et toute autre surface de sol ayant une faible porosité. Un sol damé, par exemple, comme cela arrive souvent autour des sites industriels, peut être considéré comme dur. Pour un sol dur, $G = 0$.

NOTE 10 Il est à rappeler que les conditions d'inversion au-dessus de l'eau ne sont pas prises en compte par la présente partie de l'ISO 9613.

- b) **Sol poreux**, ce qui inclut un sol recouvert d'herbe, d'arbres ou d'une autre végétation, et toute autre surface de sol convenant à la croissance de la végétation, par exemple une terre de culture. Pour un sol poreux, $G = 1$.
- c) **Sol mixte**: si la surface est constituée à la fois de sol dur et de sol poreux, G prend alors des valeurs comprises entre 0 et 1, la valeur étant la fraction de la région qui est poreuse.

Pour calculer l'atténuation due au sol pour une bande d'octave spécifique, il faut d'abord calculer les composantes d'atténuation A_s pour la région «source» prescrite par le facteur de sol G_s (pour cette région), A_r pour la région «récepteur» prescrite par le facteur de sol G_r , et A_m pour la région centrale prescrite par le facteur de sol G_m , en utilisant les expressions du tableau 3. (Sinon, les fonctions a' , b' , c' et d' du

tableau 3 peuvent être obtenues directement à partir des courbes de la figure 2.) L'atténuation totale de sol pour cette bande d'octave doit être obtenue à l'aide de l'équation (9):

$$A_{\text{sol}} = A_s + A_r + A_m \quad \dots (9)$$

NOTE 11 Dans des régions comportant des constructions, l'influence du sol sur la propagation acoustique peut être modifiée (voir A.3).

7.3.2 Méthode alternative de calcul pour les niveaux de pression acoustique pondérés A

Dans les conditions spécifiques suivantes

- seul le niveau de pression acoustique pondéré A à l'emplacement du récepteur présente un intérêt;
- la propagation du son a lieu au-dessus d'un sol poreux ou d'un sol mixte dont la majeure partie est poreuse (voir 7.3.1);
- le son n'est pas un son pur;

et, pour les surfaces de sol d'une forme quelconque, l'atténuation due au sol peut être calculée à l'aide de l'équation (10):

$$A_{\text{sol}} = 4,8 - (2h_m/d) [17 + (300/d)] \geq 0 \text{ dB} \dots (10)$$

où

h_m est la hauteur moyenne, en mètres, du trajet de propagation au-dessus du sol;

d est la distance, en mètres, entre source et récepteur.

La hauteur moyenne h_m peut être évaluée par la méthode illustrée par la figure 3. Des valeurs négatives pour A_{sol} obtenues à l'aide de l'équation (10) doivent être remplacées par des zéros.

NOTE 12 Pour de petites distances d , l'équation (10) ne prédit aucune atténuation et l'équation (9) peut se révéler plus précise.

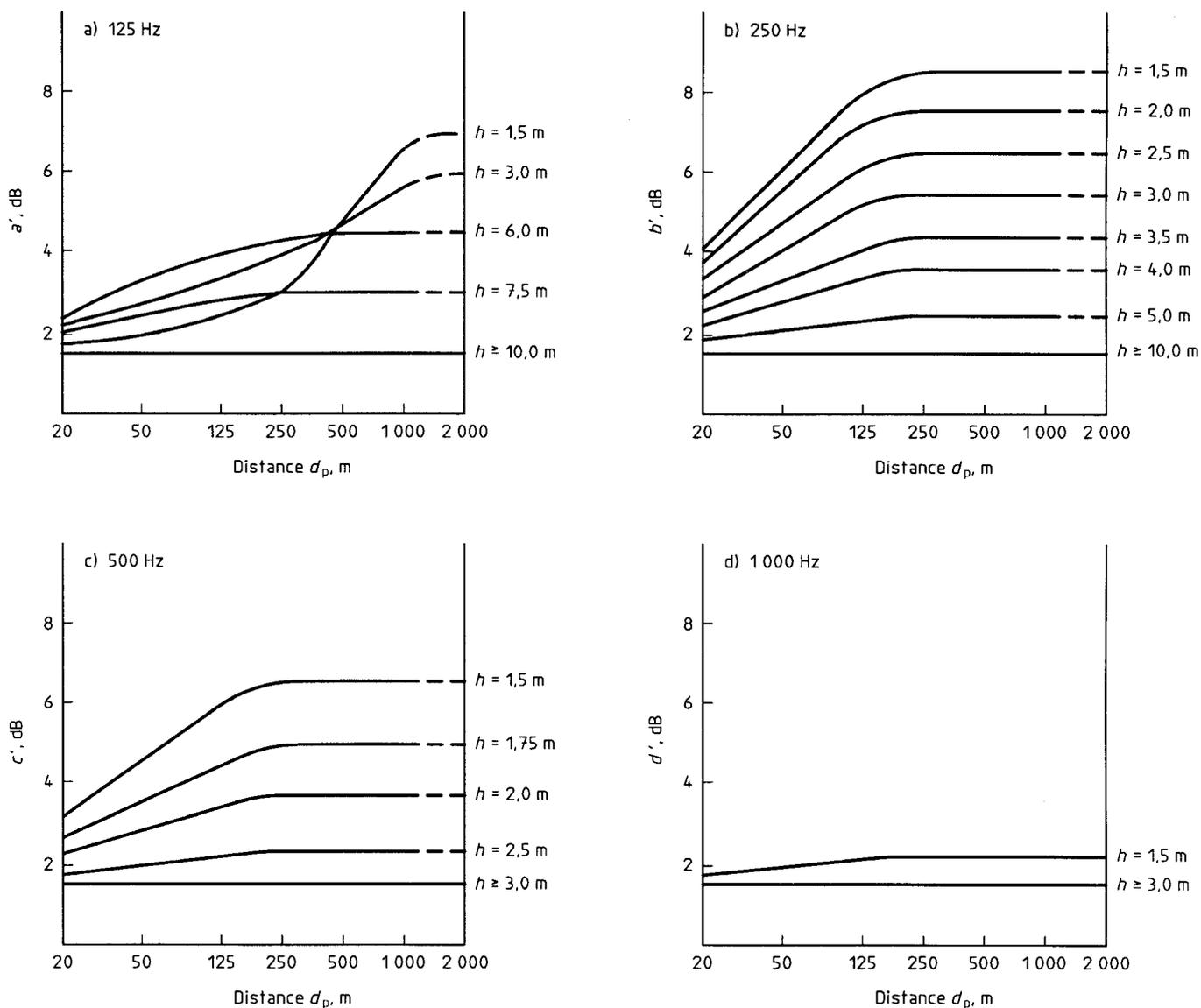
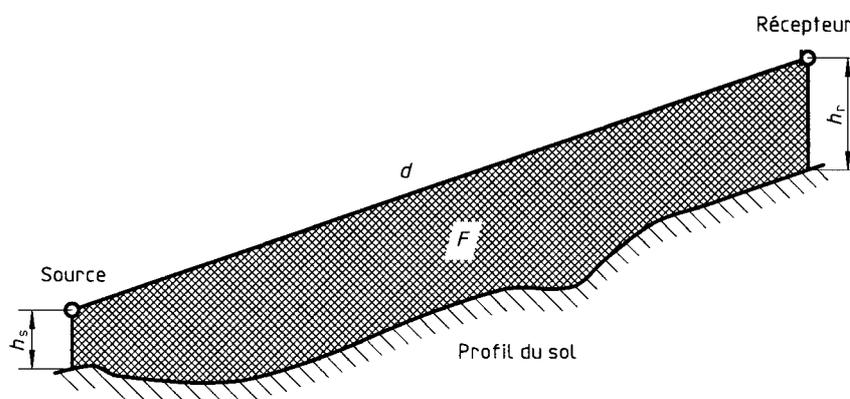


Figure 2 — Fonctions a' , b' , c' et d' représentant respectivement l'influence de la distance d_p entre source et récepteur d_p et de la hauteur h séparant source et récepteur sur l'atténuation due au sol A_{sol} (calculées à partir des équations du tableau 3)



$$h_m = F/d, \text{ où } F \text{ est l'aire}$$

Figure 3 — Méthode pour l'évaluation de la hauteur moyenne h_m

Tableau 3 — Expressions à utiliser pour calculer les contributions à l'atténuation due au sol A_s , A_r et A_m par bande d'octave

Fréquence centrale nominale Hz	A_s ou A_r ¹⁾ dB	A_m dB
63	- 1,5	- 3 q ²⁾
125	- 1,5 + $G \times a'(h)$	- 3 $q(1 - G_m)$
250	- 1,5 + $G \times b'(h)$	
500	- 1,5 + $G \times c'(h)$	
1 000	- 1,5 + $G \times d'(h)$	
2 000	- 1,5(1 - G)	
4 000	- 1,5(1 - G)	
8 000	- 1,5(1 - G)	

NOTES

$$a'(h) = 1,5 + 3,0 \times e^{-0,12(h-5)^2} (1 - e^{-d_p/50}) + 5,7 \times e^{-0,09h^2} (1 - e^{-2,8 \times 10^{-6} \times d_p^2})$$

$$b'(h) = 1,5 + 8,6 \times e^{-0,09h^2} (1 - e^{-d_p/50})$$

$$c'(h) = 1,5 + 14,0 \times e^{-0,46h^2} (1 - e^{-d_p/50})$$

$$d'(h) = 1,5 + 5,0 \times e^{-0,9h^2} (1 - e^{-d_p/50})$$

1) Pour calculer A_s , prendre $G = G_s$ et $h = h_s$. Pour calculer A_r , prendre $G = G_r$ et $h = h_r$. Voir 7.3.1 pour les valeurs de G pour diverses surfaces de sol.

2) $q = 0$ si $d_p \leq 30(h_s + h_r)$

$$q = 1 - \frac{30(h_s + h_r)}{d_p} \quad \text{si } d_p > 30(h_s + h_r)$$

où d_p est la distance, en mètres, entre la source et le récepteur, projetée sur le plan du sol.

Lorsqu'on calcule l'atténuation due au sol en utilisant l'équation (10), la correction de directivité D_c dans l'équation (3) doit comprendre un terme D_Ω , en décibels, pour tenir compte de l'accroissement apparent dans le niveau de puissance acoustique de la source dû aux réflexions par le sol proche de la source:

$$D_\Omega = 10 \lg \left\{ 1 + \frac{[d_p^2 + (h_s - h_r)^2]}{[d_p^2 + (h_s + h_r)^2]} \right\} \text{ dB} \quad \dots (11)$$

où

h_s est la hauteur, en mètres, de la source au-dessus du plan du sol;

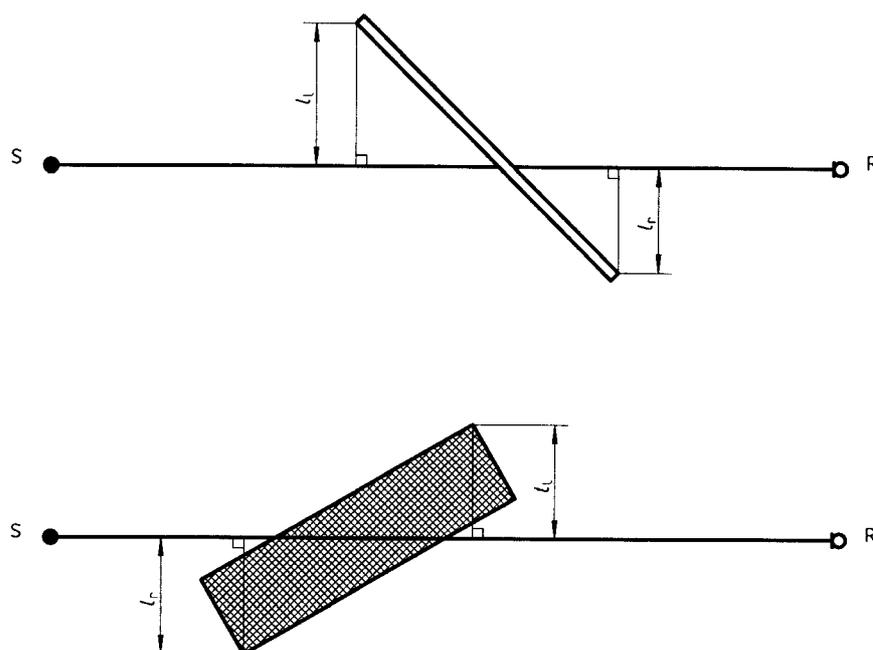
h_r est la hauteur, en mètres, du récepteur au-dessus du plan du sol;

d_p est la distance, en mètres, entre la source et le récepteur, projetée sur le plan du sol.

7.4 Effet d'écran ($A_{\text{écran}}$)

Un objet doit être pris en compte en tant qu'écran (souvent appelé «barrière»), s'il respecte les exigences suivantes:

- la masse surfacique est d'au moins 10 kg/m²;
- l'objet possède une surface fermée ne présentant pas de fentes importantes comme par exemple des fissures ou des trous (par conséquent, des installations de procédés dans des usines chimiques, par exemple, ne sont pas prises en compte);
- la dimensions horizontale de l'objet perpendiculaire à la ligne source-récepteur est plus grande que la longueur d'onde acoustique λ à la fréquence centrale nominale pour la bande d'octave concernée; en d'autres termes, $l_1 + l_r > \lambda$ (voir figure 4).



NOTE — Un objet n'est considéré comme obstacle faisant écran que si sa dimension horizontale perpendiculaire à la ligne source-récepteur SR est plus grande que la longueur d'onde: $(l_1 + l_r) > \lambda$

Figure 4 — Vue en plan de deux obstacles entre la source (S) et le récepteur (R)

Tout objet qui remplit ces exigences sera représenté par un écran avec bords verticaux. L'arête supérieure de la barrière est une ligne droite qui peut être en pente.

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 9613, l'atténuation par un écran $A_{\text{écran}}$, doit être donnée par la perte par insertion. La diffraction sur l'arête supérieure et autour d'un bord vertical d'un écran peut être importante. (Voir figure 5.) Pour une propagation sonore par vent portant, l'effet de la diffraction, en décibels, sur l'arête supérieure doit être calculé à l'aide de l'équation (12):

$$A_{\text{écran}} = D_z - A_{\text{sol}} > 0 \quad \dots (12)$$

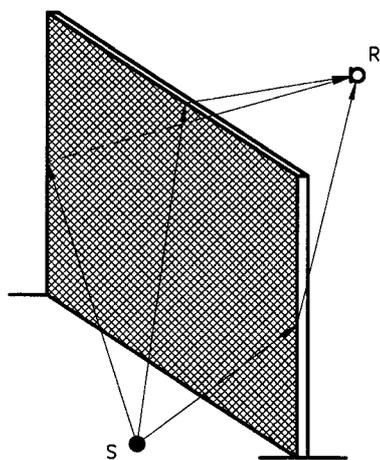


Figure 5 — Différents trajets de propagation sonore au niveau d'un écran

et, pour la diffraction autour d'un bord vertical, à l'aide de l'équation (13):

$$A_{\text{écran}} = D_z > 0 \quad \dots (13)$$

où

D_z est l'atténuation due à l'écran pour chaque bande d'octave [voir l'équation (14)];

A_{sol} est l'atténuation due au sol **en l'absence d'écran** (c'est-à-dire lorsque l'obstacle faisant écran est retiré) (voir 7.3).

NOTES

13 Lorsque $A_{\text{écran}}$ tel que défini par l'équation (12) est substitué dans l'équation (4) pour trouver l'atténuation totale A , les deux termes A_{sol} dans l'équation (4) s'annuleront. L'atténuation due à l'écran D_z dans l'équation (12) inclut alors l'effet du sol en présence de l'écran.

14 Pour de grandes distances et des écrans hauts, la perte par insertion calculée à l'aide de l'équation (12) n'est pas suffisamment confirmée par des mesures.

15 Dans le calcul de la perte par insertion pour des installations industrielles multisources, due à des constructions importantes (plus de 10 m au-dessus du sol), ainsi que pour des sources de bruit élevées à l'intérieur même de l'usine, il convient d'utiliser l'équation (13) dans les deux cas pour déterminer le niveau de pression acoustique moyen de long terme (à l'aide de l'équation (6)).

16 Pour un bruit issu d'une route en contrebas, il peut exister une atténuation supplémentaire, par rapport à ce qu'indique l'équation (12) sur une surface de sol située en dehors du creux, due à cette même surface de sol.

Pour calculer l'atténuation due à l'écran D_z , on supposera qu'un seul trajet significatif de propagation sonore existe entre la source sonore et le récepteur. Si cette supposition n'est pas valable, des calculs séparés sont exigés pour d'autres trajets de propagation (comme illustré par la figure 5) et les contributions des divers trajets du niveau de pression acoustique quadratique au récepteur sont additionnées.

L'atténuation due à l'écran D_z , en décibels, doit être calculée pour cet itinéraire à l'aide de l'équation (14):

$$D_z = 10 \lg \left[3 + (C_2/\lambda) C_3 z K_{\text{météo}} \right] \text{ dB} \quad \dots (14)$$

où

C_2 est égal à 20 et inclut l'effet des réflexions du sol; dans des cas spéciaux, les réflexions du sol sont prises en compte séparément par les sources images, auquel cas, $C_2 = 40$;

C_3 est égal à 1 pour une diffraction simple (voir figure 6);

$$C_3 = \left[1 + (5\lambda/e)^2 \right] / \left[(1/3) + (5\lambda/e)^2 \right] \quad \dots (15)$$

pour une diffraction double (voir figure 7);

λ est la longueur d'onde, en mètres, du son à la fréquence centrale nominale de la bande d'octave;

z est la différence, en mètres, entre les longueurs de trajet du son diffracté et direct, telle que calculée à l'aide des équations (16) et (17);

$K_{\text{météo}}$ est le facteur de correction pour prendre en compte les effets météorologiques, donné par l'équation (18);

e est la distance entre les deux arêtes de diffraction dans le cas d'une diffraction double (voir figure 7).

Pour une diffraction simple, comme illustré par la figure 6, la différence de longueur de trajet z doit être calculée à l'aide de l'équation (16):

$$z = \left[(d_{ss} + d_{sr})^2 + a^2 \right]^{1/2} - d \quad \dots (16)$$

où

d_{ss} est la distance, en mètres, entre la source et la première arête de diffraction;

d_{sr} est la distance, en mètres, entre la seconde arête de diffraction et le récepteur;

a est la composante de la distance, en mètres, parallèle à l'arête de l'écran entre la source et le récepteur.

Si la ligne directe reliant la source S et le récepteur R passe au-dessus de l'arête supérieure de l'écran, on affecte z d'un signe négatif.

Pour une diffraction double, comme illustré par la figure 7, la différence de longueur de trajet z doit être calculée à l'aide de l'équation (17):

$$z = \left[(d_{ss} + d_{sr} + e)^2 + a^2 \right]^{1/2} - d \quad \dots (17)$$

Le facteur de correction $K_{\text{météo}}$ pour prendre en compte les conditions météorologiques dans l'équation (14) doit être calculé à l'aide de l'équation (18):

$$K_{\text{météo}} = \exp \left[- (1/2000) \sqrt{d_{ss} d_{sr} d / (2z)} \right] \text{ pour } z > 0 \quad \dots (18)$$

$$K_{\text{météo}} = 1 \text{ pour } z \leq 0$$

Pour une diffraction latérale autour d'obstacles, on doit supposer que $K_{\text{météo}} = 1$ (voir figure 5).

NOTES

17 Pour des distances entre la source et le récepteur inférieures à 100 m, le calcul utilisant l'équation (14) montre que $K_{\text{météo}}$ peut être supposé égal à 1, avec une précision de 1 dB.

18 L'équation (15) fournit une transition continue depuis le cas de la diffraction simple ($e = 0$) où $C_3 = 1$, jusqu'à celui d'une diffraction double bien séparée ($e \gg \lambda$) où $C_3 = 3$.

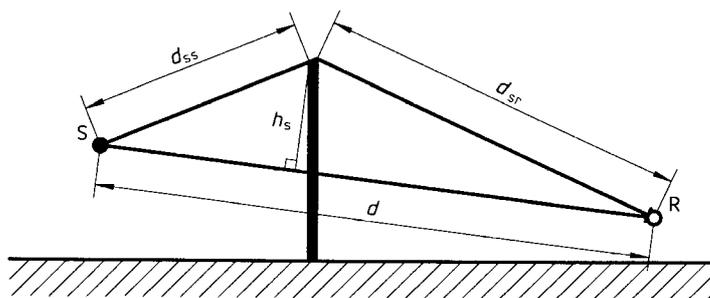


Figure 6 — Grandeurs géométriques pour la détermination de la différence de longueur de trajet dans le cas d'une diffraction simple

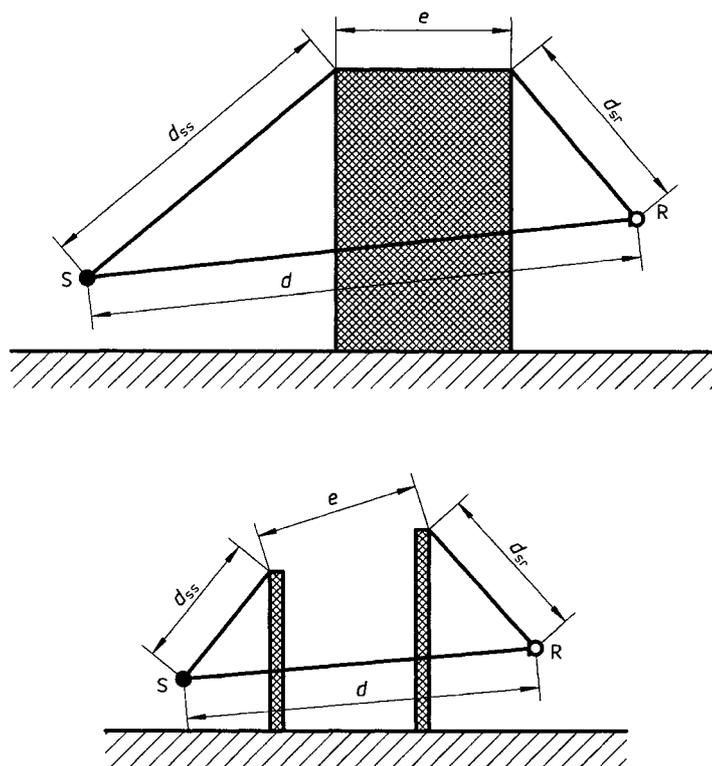


Figure 7 — Grandeurs géométriques pour la détermination de la différence de longueur de trajet dans le cas d'une diffraction double

19 L'efficacité d'un écran peut être inférieure à celle calculée à l'aide des équations (12) à (18) du fait de réflexions par d'autres surfaces réfléchissantes voisines du trajet acoustique reliant la source au récepteur ou par des réflexions multiples entre un écran réfléchissant et la source.

L'atténuation due à l'écran D_z , quelle que soit la bande d'octave, ne devrait pas être prise supérieure à 20 dB dans le cas d'une diffraction simple (c'est-à-dire écrans minces) et à 25 dB dans le cas d'une diffraction double (c'est-à-dire écrans épais).

L'atténuation due à l'écran pour deux écrans est calculée à l'aide de l'équation (14) pour une diffraction double, comme indiqué dans la partie inférieure de la figure 7. L'atténuation due à l'écran pour plus de deux écrans peut aussi être calculée approximativement à l'aide de l'équation (14), en choisissant les deux écrans les plus efficaces et en négligeant les effets des autres.

7.5 Réflexions

On considère ici les réflexions en termes de sources images. Ces réflexions proviennent de surfaces horizontales extérieures et de surfaces plus ou moins verticales, telles que les façades de bâtiments, qui augmentent les niveaux de pression acoustique au récepteur. L'effet de réflexions issues du sol n'est pas inclus car elles entrent dans le calcul de A_{sol} .

Les réflexions issues d'obstacles doivent être calculées pour toutes les bandes d'octave pour lesquelles l'ensemble des exigences suivantes est respecté:

- une réflexion spéculaire peut être construite, comme illustré par la figure 8;
- l'amplitude du coefficient de réflexion du son pour la surface de l'obstacle est supérieure à 0,2;
- la surface est suffisamment grande pour que la longueur d'onde centrale nominale λ , en mètres, pour la bande d'octave considérée, obéisse à la relation

$$1/\lambda > \left[2 / (l_{\min} \cos \beta)^2 \right] [d_{s,o} d_{o,r} / (d_{s,o} + d_{o,r})] \quad \dots (19)$$

où

λ est la longueur d'onde, en mètres, du son à la fréquence centrale nominale f , en hertz, de la bande d'octave
 $\left(\lambda = \frac{340 \text{ m/s}}{f} \right);$

$d_{s,o}$ est la distance, en mètres, entre la source et le point de réflexion sur l'obstacle;

$d_{o,r}$ est la distance, en mètres, entre le point de réflexion sur l'obstacle et le récepteur;

β est l'angle d'incidence, en radians (voir figure 8);

l_{\min} est la dimension minimale (longueur ou hauteur) de la surface réfléchissante (voir figure 8).

Si l'une quelconque de ces conditions n'est pas respectée pour une bande d'octave donnée, on ne doit alors tenir aucun compte des réflexions.

La source sonore réelle et la source image sont traitées séparément. Le niveau de puissance acoustique de la source image $L_{W,\text{image}}$ doit être calculé à l'aide de l'équation (20):

$$L_{W,\text{image}} = L_W + 10 \lg(\rho) \text{ dB} + D_{\text{Tr}} \quad \dots (20)$$

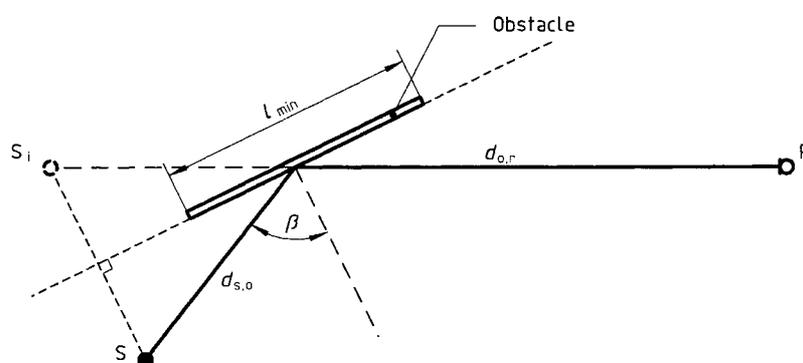
où

ρ est le coefficient de réflexion du son à un angle β sur la surface de l'obstacle (voir figure 8) ($\geq 0,2$);

D_{Tr} est l'indice de directivité de la source en direction de l'image du récepteur.

Si l'on ne dispose pas de données spécifiques pour le coefficient de réflexion du son, on peut estimer sa valeur à l'aide du tableau 4.

Pour la source sonore image, les termes d'atténuation de l'équation (4), de même que ρ et D_{Tr} dans l'équation (20), doivent être déterminés d'après le trajet de propagation du son réfléchi.



NOTE — Un trajet $d_{s,o} + d_{o,r}$ reliant la source S et le récepteur R par réflexion sur l'obstacle existe, dans lequel β , l'angle d'incidence, est égal à l'angle de réflexion. Le son réfléchi semble provenir de la source image S_i .

Figure 8 — Réflexion spéculaire par un obstacle

Tableau 4 — Estimation du coefficient de réflexion acoustique ρ

Objet	ρ
Murs durs et plats	1
Murs de construction avec fenêtres et petites adjonctions ou baies	0,8
Murs d'usine où 50 % de la surface est constituée par des ouvertures, des installations ou des tuyauteries	0,4
Cylindres avec surfaces réfléchissantes (réservoirs, silos)	$\frac{D \sin(\phi/2) *)}{2d_{sc}}$ <p>où</p> <p>D est le diamètre du cylindre;</p> <p>d_{sc} est la distance entre la source et le centre C du cylindre;</p> <p>ϕ est le supplément de l'angle compris entre les lignes SC et CR.</p>
Installations ouvertes (tuyauteries, tours, etc.)	0

*) Cette expression s'applique uniquement si la distance d_{sc} entre la source S et le cylindre C est beaucoup plus petite que la distance d_{cr} entre le cylindre et le récepteur; voir figure 9.

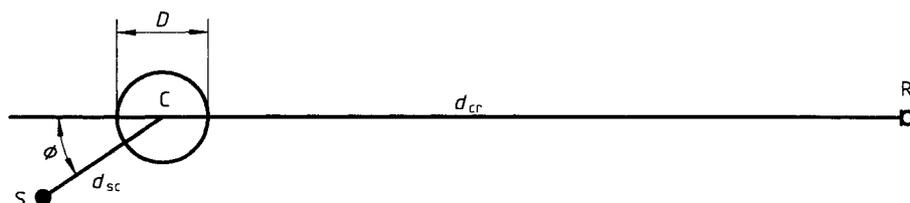


Figure 9 — Estimation du coefficient de réflexion acoustique pour un cylindre

8 Correction météorologique ($C_{\text{météo}}$)

L'utilisation de l'équation (3) conduit directement à un niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A au niveau du récepteur pour des conditions météorologiques qui sont favorables à la propagation, depuis la source sonore jusqu'au récepteur, comme décrit dans l'article 5. Cela peut être la condition appropriée pour observer une limite spécifique de bruit urbain, c'est-à-dire un niveau qui est rarement dépassé (voir ISO 1996-3). Souvent, toutefois, un niveau moyen de pression acoustique pondéré A de long terme $L_{AT}(LT)$ est exigé, où l'intervalle de temps T est de plusieurs mois, voire de 1 an. Une telle période inclura normalement diverses conditions météorologiques, favorables et défavorables à la propagation. Une valeur pour $L_{AT}(LT)$ peut être obtenue dans cette situation à partir de celle calculée pour $L_{AT}(DW)$ via l'équation (3), en utilisant la correction météorologique $C_{\text{météo}}$ dans l'équation (6).

Une valeur (en décibels) pour $C_{\text{météo}}$ dans l'équation (6) peut être calculée à l'aide des équations (21) et (22) dans le cas d'une source sonore ponctuelle dont l'émission est réellement constante dans le temps:

$$C_{\text{météo}} = 0 \quad \dots (21)$$

$$\text{si } d_p \leq 10(h_s + h_r)$$

$$C_{\text{météo}} = C_0 \left[1 - 10(h_s + h_r)/d_p \right] \quad \dots (22)$$

$$\text{si } d_p > 10(h_s + h_r)$$

où

h_s est la hauteur de source, en mètres;

h_r est la hauteur de récepteur, en mètres;

d_p est la distance, en mètres, entre la source et le récepteur, projetée sur le plan horizontal;

C_0 est un facteur, en décibels, qui dépend des statistiques météorologiques locales quant à la vitesse et la direction du vent, et des gradients de température.

Les effets des conditions météorologiques sur la propagation du son sont petits pour des distances d_p courtes, et pour des distances plus longues avec des hauteurs plus grandes de source et de récepteur. Les équations (21) et (22) justifient approximativement ces facteurs, comme illustré par la figure 10.

NOTES

20 Une valeur pour C_0 dans les équations (21) et (22) peut être estimée à partir d'une analyse élémentaire des statistiques météorologiques locales. Par exemple, si l'on trouve que les conditions météorologiques favorables à la propagation décrites dans l'article 5 se produisent pendant 50 % de la période considérée, et si l'atténuation pendant les 50 % restants est supérieure de 10 dB ou plus, alors l'énergie sonore qui arrive pour des conditions météorologiques défavorables à la propagation peut être négligée, et C_0 vaudra approximativement + 3 dB.

21 Les conditions météorologiques pour l'évaluation de C_0 peuvent être fixées par les autorités locales.

22 L'expérience montre que les valeurs de C_0 sont, en pratique, limitées à la gamme allant de zéro à environ + 5 dB, et les valeurs au-dessus de 2 dB sont exceptionnelles. Ainsi, seules des statistiques très élémentaires de la météorologie locale sont nécessaires pour une précision de ± 1 dB sur C_0 .

Pour une source qui se compose de nombreuses sources sonores ponctuelles, h_s dans les équations (21) et (22) représente la hauteur de source prédominante, et d_p la distance entre le centre de cette source et le récepteur.

9 Précision et limites de la méthode

L'atténuation d'un son se propageant en champ libre entre une source fixée et un récepteur fluctue du fait des variations des conditions météorologiques le long du trajet de propagation. Le fait de restreindre son attention à des conditions modérées de propagation par vent portant, comme prescrit dans l'article 5, limite l'effet des conditions météorologiques variables sur l'atténuation à des valeurs raisonnables.

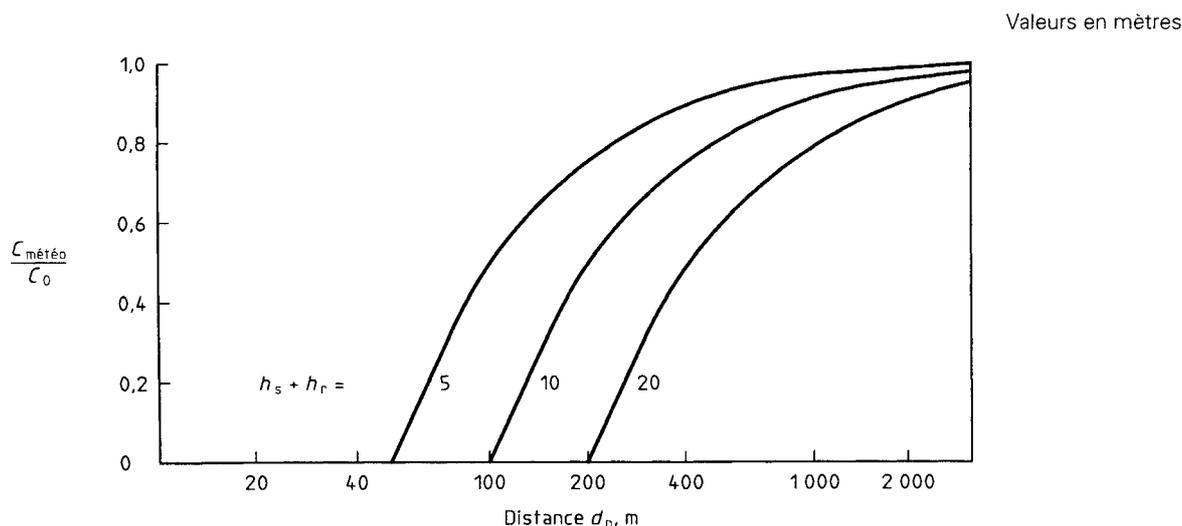


Figure 10 — Correction météorologique $C_{\text{météo}}$

Il existe des données pour soutenir la méthode de calcul présentée dans les articles 4 à 8 (voir annexe B) pour des sources de bruit à large bande. L'accord entre les valeurs calculées et mesurées du niveau moyen de pression acoustique pondéré A pour une propagation par vent portant $L_{AT}(DW)$ milite également en faveur de la précision de calcul estimée, illustrée dans le tableau 5. Ces estimations de la précision sont restreintes à la gamme des conditions prescrites pour la validité des équations dans les articles 3 à 8, et sont indépendantes des incertitudes liées à la détermination de puissance acoustique.

NOTE 23 Les estimations de la précision figurant dans le tableau 5 correspondent à une moyenne des conditions de propagation par vent portant calculée sur des situations indépendantes (comme prescrit dans l'article 5). Elles ne correspondent pas nécessairement à la variation des mesures relevées sur un site donné à une date donnée. Cette variation peut être bien plus importante que les valeurs données dans le tableau 5.

Les erreurs estimées dans le calcul des niveaux moyens de pression acoustique par bande d'octave

par vent portant, ainsi que des niveaux de pression acoustique de son pur, dans les mêmes conditions, peuvent être quelque peu supérieures aux erreurs estimées données pour les niveaux de pression acoustique pondérés A de sources de bruit à large bande dans le tableau 5.

Une estimation de la précision n'est pas fournie au tableau 5 pour des distances de propagation d plus élevées que la limite supérieure de 1 000 m.

Dans toute la présente partie de l'ISO 9613, les conditions météorologiques considérées sont limitées à deux cas seulement:

- des conditions modérées de propagation par vent portant, ou leur équivalent, telles que définies dans l'article 5;
- un certain nombre de conditions météorologiques telles qu'elles existent sur une période de plusieurs mois ou plusieurs années.

Tableau 5 — Précision estimée pour un bruit à large bande de $L_{AT}(DW)$ calculée à l'aide des équations (1) à (10)

Hauteur, h *)	Distance, d *)	
	$0 < d < 100$ m	$100 \text{ m} < d < 1\,000$ m
$0 < h < 5$ m	± 3 dB	± 3 dB
$5 \text{ m} < h < 30$ m	± 1 dB	± 3 dB
*) h est la hauteur moyenne de la source et du récepteur. d est la distance entre la source et le récepteur.		
NOTE — Ces estimations ont été effectuées à partir de situations où il n'y a pas d'atténuation due à l'effet d'écran.		

L'utilisation des équations de (1) à (5) et de (7) à (20) (et donc aussi du tableau 5) est limitée uniquement aux conditions météorologiques du cas a). Le cas b) n'est approprié que pour l'utilisation des équations (6), (21) et (22). Il y a également un nombre substantiel de

limitations (non météorologiques) dans l'utilisation des équations individuelles. Par exemple l'équation (9) est limitée à un terrain à peu près plat. Ces limitations spécifiques sont décrites dans le texte accompagnant l'équation appropriée.

Annexe A (informative)

Types supplémentaires d'atténuation (A_{divers})

Le terme A_{divers} dans l'équation (4) recouvre des contributions à l'atténuation provenant de divers effets inaccessibles par les méthodes générales de calcul de l'atténuation prescrites dans l'article 7. Ces contributions incluent

- $A_{\text{végétation}}$, l'atténuation du son lors de sa propagation à travers la végétation,
- A_{site} , l'atténuation du son lors de sa propagation à travers un site industriel, et
- $A_{\text{habitation}}$, l'atténuation du son lors de sa propagation à travers une région dans laquelle des habitations sont édifiées,

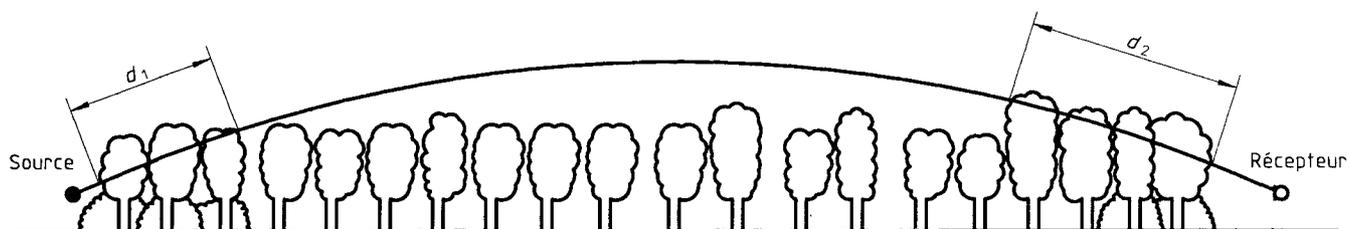
qui sont toutes considérées dans la présente annexe.

Pour le calcul de ces contributions supplémentaires à l'atténuation, le trajet courbe de propagation par vent portant peut être approximé par un arc de cercle de rayon égal à 5 km, comme illustré à la figure A.1.

A.1 Végétation ($A_{\text{végétation}}$)

Le feuillage des arbres et des arbustes produit une faible atténuation, mais seulement s'il est suffisamment dense pour bloquer complètement la vue le long du trajet de propagation, c'est-à-dire s'il est impossible de voir à une courte distance à travers la végétation. L'atténuation peut être due à une végétation proche de la source, ou proche du récepteur, ou encore due aux deux situations à la fois, comme illustré par la figure A.1. Le trajet pour le calcul des distances d_1 et d_2 peut également suivre des lignes situées à un angle de propagation de 15° par rapport au sol.

La première ligne du tableau A.1 fournit l'atténuation que l'on peut attendre d'une végétation dense si la longueur totale du trajet à travers la végétation se situe entre 10 m et 20 m, et la seconde ligne si elle se situe entre 20 m et 200 m. Pour des longueurs de trajet supérieures à 200 m à travers une végétation dense, il convient d'utiliser l'atténuation pour 200 m.



NOTE — $d_f = d_1 + d_2$

Pour calculer d_1 et d_2 , on prend un trajet courbe dont le rayon de courbure est supposé de 5 km.

Figure A.1 — Atténuation due à la propagation à travers la végétation augmentant linéairement avec la distance de propagation d_f à travers la végétation

Tableau A.1 — Atténuation par bande d'octave d'un bruit, due à la propagation sur une distance d_f à travers une végétation dense

Distance de propagation, d_f m	Fréquence centrale nominale Hz							
	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
$10 \leq d_f \leq 20$	Atténuation, dB:							
	0	0	1	1	1	1	2	3
$20 \leq d_f \leq 200$	Atténuation, dB/m:							
	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,12

A.2 Sites industriels (A_{site})

Au niveau de sites industriels, une atténuation peut se produire du fait d'une dispersion provenant des installations (et d'autres objets), qui peut être décrite comme A_{site} , sauf si elle est prise en compte dans $A_{\text{écran}}$, ou dans la spécification de la radiation de la source sonore. Le terme «installations» inclut divers tuyauteries, vannes, éléments de structure, etc.

Étant donné que A_{site} dépend fortement du type de site, il est recommandé de le déterminer par des mesures. Cependant, pour une estimation de cette atténuation, les valeurs du tableau A.2 peuvent être utilisées. L'atténuation augmente linéairement avec la longueur du trajet courbe d_s à travers les installations (voir figure A.2), avec un maximum de 10 dB.

A.3 Habitation ($A_{\text{habitation}}$)

A.3.1 Lorsque la source, le récepteur, ou bien les deux, sont situés dans une région construite, une atténuation se produira du fait de l'effet d'écran des habitations. Cependant, cet effet peut être amplement compensé par la propagation entre les maisons et par les réflexions provenant d'autres maisons voisines. Cet effet combiné d'effet d'écran et de réflexions qui constitue $A_{\text{habitation}}$ peut être calculé pour une situation spécifique, au moins en principe, en appliquant les procédures décrites en 7.4 et 7.5 pour $A_{\text{écran}}$ et les réflexions. Étant donné que la valeur de $A_{\text{habitation}}$ est très dépendante de la situation, un tel calcul peut être

justifié en pratique. Une alternative plus utile, particulièrement dans le cas de réflexions multiples où la précision de calcul est mise à rude épreuve, peut être de mesurer l'effet, soit sur le terrain, soit par modélisation.

A.3.2 Une valeur approximative de l'atténuation $A_{\text{habitation}}$ pondérée A, qui ne devrait pas dépasser 10 dB, peut également être estimée comme suit. Deux contributions distinctes existent:

$$A_{\text{habitation}} = A_{\text{habitation},1} + A_{\text{habitation},2} \quad \dots (A.1)$$

A.3.3 Une valeur moyenne pour $A_{\text{habitation},1}$ (en décibels) peut être calculée à l'aide de l'équation

$$A_{\text{habitation},1} = 0,1Bd_b \quad \text{dB} \quad \dots (A.2)$$

où

B est la densité des constructions le long de ce trajet, donnée par l'aire totale plane des maisons divisée par l'aire totale de sol (y compris celle couverte par les maisons);

d_b est la longueur, en mètres, du trajet acoustique à travers la région édifée de maisons, déterminée par une procédure analogue à celle illustrée par la figure A.1.

La longueur du trajet d_b peut inclure une portion d_1 près de la source et une portion d_2 près du récepteur, comme indiqué à la figure A.1.

Tableau A.2 — Coefficient d'atténuation par bande d'octave d'un bruit lors de sa propagation à travers des installations au niveau d'installations industrielles

Fréquence centrale nominale, Hz	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
A_{site} , dB/m	0	0,015	0,025	0,025	0,02	0,02	0,015	0,015

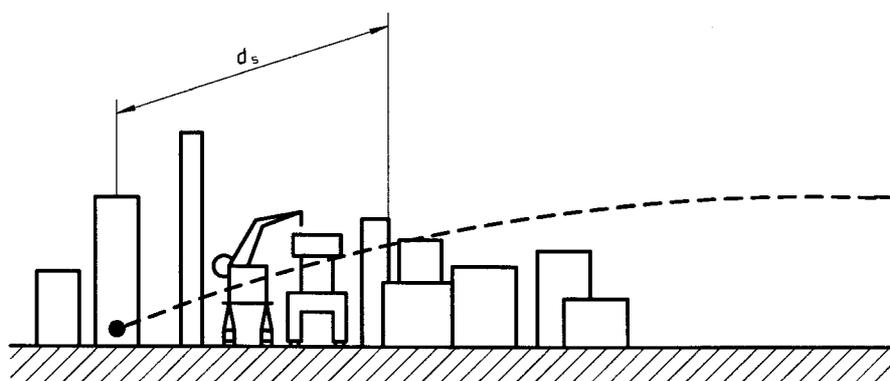


Figure A.2 — Atténuation A_{site} augmentant linéairement avec la distance de propagation d_s à travers les installations au niveau d'une installation industrielle

La valeur de $A_{\text{habitation}}$ doit être égale à zéro dans le cas d'une petite source, en ligne de vue directe et sans obstacle par rapport au récepteur, le long d'un couloir entre des habitations.

NOTE 25 Le niveau de pression acoustique pondéré A à des emplacements spécifiques individuels dans une région de maisons peut différer d'une valeur pouvant atteindre 10 dB par rapport à la valeur moyenne prédite en utilisant les équations (A.1) et (A.2).

A.3.4 S'il y a des rangées bien définies de constructions près d'une route ou d'un chemin de fer, ou un couloir similaire, un terme supplémentaire $A_{\text{habitation},2}$ peut être inclus (à condition que ce terme soit inférieur à la perte par insertion d'un écran au même emplacement et ayant la hauteur moyenne des constructions):

$$A_{\text{habitation},2} = -10 \lg[1 - (p/100)] \text{ dB} \quad \dots \text{ (A.3)}$$

où p est le pourcentage de la longueur des façades rapporté à la longueur totale de route ou de chemin de fer au voisinage ($\leq 90\%$).

A.3.5 Dans une région construite, la valeur de $A_{\text{habitation},1}$ [telle qu'elle est calculée à l'aide de l'équation (A.2)] est en interaction comme suit avec la valeur de A_{sol} , l'atténuation due au sol [telle qu'elle est calculée à l'aide de l'équation (9) ou de l'équation (10)].

Soit $A_{\text{sol},b}$ l'atténuation due au sol dans la région construite, et $A_{\text{sol},0}$ l'atténuation due au sol si les maisons étaient retirées [c'est-à-dire telle qu'elle est calculée à l'aide de l'équation (9) ou de l'équation (10)]. Pour la propagation à travers la région construite, en général $A_{\text{sol},b}$ est supposée égale à zéro dans l'équation (4). Si, toutefois, la valeur de $A_{\text{sol},0}$ est supérieure à celle de $A_{\text{habitation}}$, alors l'influence de $A_{\text{habitation}}$ est ignorée et seule la valeur de $A_{\text{sol},0}$ est incluse dans l'équation (4).

L'interaction décrite ci-dessus sert essentiellement à tenir compte d'un certain registre de densité d'habitation B . Pour une faible densité d'habitation, la valeur de A_{sol} est prédominante, tandis que, pour une haute densité d'habitation, c'est $A_{\text{habitation}}$ qui prédomine.

Annexe B (informative)

Bibliographie

- [1] ISO 266:—¹⁾, *Acoustique — Fréquences normales pour les mesurages.*
- [2] ISO 2204:1979, *Acoustique — Guide pour la rédaction des Normes internationales sur le mesurage du bruit aérien et l'évaluation de ses effets sur l'homme.*
- [3] ISO 3740:1980, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Guide pour l'utilisation des normes fondamentales et pour la préparation des codes d'essais relatifs au bruit.*
- [4] 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.*
- [5] ISO 8297:1994, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique d'installations industrielles multisources pour l'évaluation des niveaux de pression acoustique dans l'environnement — Méthode d'expertise.*
- [6] CEI 804:1985, *Sonomètres intégrateurs-moyenneurs*, et Modification n° 1:1989 et Amendement n° 2:1993.
- [7] CEI 1260:1995, *Électroacoustique — Filtres de bande d'octave et de bande d'une fraction d'octave.*
- [8] ANSI S1.26:1978, *Method for the calculation of the absorption of sound by the atmosphere.* (American national standard)
- [9] BRACKENHOFF H.E.A. et al. *Guidelines for the measurement and prediction of environmental noise from industry.* Interdepartmental Commission on Health, Report HR-IL-13-01, Delft, (April 1981). (En hollandais)
- [10] KRAGH J. et al. *Environmental Noise from Industrial Plants: General Prediction Method.* Danish Acoustical Institute Report No. 32, Lyngby, 1982. (En anglais)
- [11] VDI 2714:1988, *Guidelines: Sound propagation outdoors.* Verein Deutscher Ingenieure. (En allemand)
- [12] VDI 2720-1:1996, *Guidelines: Outdoor noise control by means of screening.* Verein Deutscher Ingenieure. (En allemand)
- [13] Engineering Equipment Material Users Association, *Publication 140*, London, 1985.

1) À publier. (Révision de l'ISO 266:1975)

ICS 17.140.01

Descripteurs: acoustique, bruit acoustique, bruit aérien, propagation des ondes, atténuation, règle de calcul.

Prix basé sur 18 pages
