

## NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

### Introduction à l'acoustique du bâtiment Warnock, A. C. C.

For the publisher's version, please access the DOI link below./ Pour consulter la version de l'éditeur, utilisez le lien DOI ci-dessous.

#### **Publisher's version / Version de l'éditeur:**

<https://doi.org/10.4224/40000952>

*Digeste de la construction au Canada, 1985-08-01*

#### **NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :**

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=f73201e9-efd8-4a5d-a1fa-27230edc9e8c>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=f73201e9-efd8-4a5d-a1fa-27230edc9e8c>

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright>

READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits>

LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

**Questions?** Contact the NRC Publications Archive team at

PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

**Vous avez des questions?** Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.

# Digeste de la Construction au Canada

Division des recherches en construction. Conseil national de recherches Canada

**CBD-236-F**

## Introduction à l'acoustique du bâtiment

### **Veillez noter**

Cette publication fait partie d'une série qui a cessé de paraître et qui est archivée en tant que référence historique. Pour savoir si l'information contenue est toujours applicable aux pratiques de construction actuelles, les lecteurs doivent prendre conseil auprès d'experts techniques et juridiques.

*Publié à l'origine en août 1985.*

*A.C.C. Warnock*

### **Résumé**

On trouvera dans ce digest certaines des expressions et mesures fondamentales utilisées dans le domaine du bâtiment pour quantifier le son et les propriétés acoustiques des matériaux et des ensembles.

### **Introduction**

Les ondes sonores sont de petites fluctuations rapides de pression qui se propagent aussi bien dans l'air que dans les solides et les liquides. On peut établir une distinction entre les bruits aériens et les vibrations matérielles selon le milieu dans lequel les ondes se propagent. Dans les bâtiments, les ondes sonores peuvent à l'origine être des bruits aériens, emprunter une voie solidienne sur une certaine distance, puis se propager à nouveau sous forme de bruits aériens en un autre endroit.

### **Propriétés physiques du son**

La fréquence d'une onde sonore est le nombre de fois que sa configuration de base se répète en une seconde. Une note de musique caractérisée par une variation de pression qui se répète 1 200 fois par seconde a donc une fréquence de 1 200 hertz (Hz).

Afin de réduire à une échelle plus commode la très vaste gamme de pressions acoustiques, on utilise l'échelle des décibels (dB). Les niveaux de pression acoustique exprimés en dB traduisent plus facilement les impressions de l'oreille humaine. Une modification du niveau de 10 dB correspond approximativement à doubler l'intensité perçue. Des sonomètres dotés de réseaux électriques intégrés peuvent être conçus pour réagir aux sons à peu près de la même façon que l'oreille humaine. Le réseau pondérateur A est le plus couramment utilisé à cette fin. Les niveaux de pression acoustique de sources émettant à des fréquences nombreuses peuvent être mesurés à l'aide d'un sonomètre équipé de ce dispositif; les niveaux obtenus sont exprimés en dB(A). Sur l'échelle des décibels, un chuchotement à 2 m de distance aurait un niveau sonore d'environ 35 dB(A) alors que le niveau sonore moyen des bruits de fond dans un bureau serait d'environ 40 dB(A). Un marteau-perforateur à 15 m de distance peut engendrer un niveau sonore de 95 dB(A), alors que dans une discothèque les niveaux de bruit peuvent atteindre 110 dB(A).

Les niveaux de pression acoustique exprimés en dB ne peuvent être simplement additionnés comme d'autres quantités. Lorsque N sources produisant le même niveau de pression acoustique sont combinées, le niveau de pression acoustique global est augmenté de  $10 \log N$  dB. Par exemple, deux sons dont le niveau moyen est de 60 dB produisent ensemble un niveau

de pression acoustique de  $60 + 10 \log 2 = 63$  dB. Plus la différence est grande entre les niveaux de pression acoustique de deux sources de bruit, moins important sera l'effet sur leur niveau combiné. Lorsque la différence entre deux sources est de plus de 6 dB, le niveau combiné sera de moins de 1 dB supérieur au niveau de la source dont l'intensité est la plus élevée. En pratique, des variations inférieures à 3 dB sont jugées sans importance.

### **Perception du son**

La gamme de fréquences audibles pour l'oreille humaine s'étend de 20 Hz à 18 000 Hz. Toutefois, la sensibilité de l'oreille n'est pas la même à toutes les fréquences. Des sons de même niveau de pression acoustique mais de fréquences différentes ne sont pas perçus avec la même intensité. En général, l'oreille est moins sensible aux basses fréquences qu'aux hautes fréquences. Par exemple, un son de 3 kHz et 54 dB semblera de même intensité sonore qu'un son de 50 Hz et 79 dB. Il n'est pas d'usage en acoustique du bâtiment, de prendre des mesures sur toute la plage des fréquences audibles. La fréquence la plus basse généralement mesurée est d'environ 100 Hz, bien que des mesures de bande d'octave soient parfois prises à 63 Hz pour le bruit engendré par les installations de chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air. La limite supérieure des fréquences mesurées est généralement de 4 000 Hz, mais elle peut atteindre 15 000 Hz dans certains cas.

### **Représentation du bruit**

Les sources de bruit types dans les bâtiments émettent à de nombreuses fréquences. Un graphique indiquant l'énergie acoustique émise à chacune des fréquences s'appelle un spectre. Les informations fournies par un spectre détaillé ou à bande étroite peuvent être utiles pour l'analyse des résonances, mais en acoustique du bâtiment, les spectres sont généralement présentés en bandes standard d'un tiers d'octave ou d'un octave (les fréquences médianes de bandes d'octave voisines ont un rapport de deux à un et suivent la séquence standard suivante: 31, 5, 63, 125, 250 . . . , jusqu'à 8 000 Hz). L'énergie contenue dans des zones précises du spectre acoustique se combine pour donner les niveaux de pression acoustique moyens dans chaque bande d'octave ou de tiers d'octave. Ce type de représentation fournit des données plus conformes à la perception de l'oreille humaine.

Il est commode de quantifier les sources de bruit par un seul nombre au lieu d'un graphique. En plus du sonomètre à réseau pondérateur A mentionné précédemment, plusieurs méthodes ont été élaborées pour y parvenir. L'une de ces méthodes consiste à utiliser des courbes de critères de bruit auxquelles on compare des spectres de bandes d'octave.<sup>1</sup> Les critères de bruit sont souvent utilisés pour établir le niveau de bruit maximal admissible des installations de chauffage, ventilation et conditionnement d'air.

Il faut se rappeler que les courbes de critères de bruit ne sont pas des spectres acoustiques idéaux que l'on doit reproduire pour assurer le confort des occupants, mais constituent plutôt une technique de mesure du niveau de bruit. Il n'y a pas de méthode généralement établie pour évaluer l'acceptabilité subjective des caractéristiques spectrales et variantes des sons ambiants. En fait, un bruit ambiant ayant exactement le spectre des critères de bruit admissibles serait vraisemblablement perçu comme un grondement ou un sifflement plutôt désagréable. Le bruit de masquage produit électroniquement, que l'on utilise parfois dans les bureaux sans cloisons pour assurer le caractère privé des conversations, libère généralement moins d'énergie à hautes et basses fréquences qu'un spectre de critères de bruit.

Il est très important de maintenir le bruit de fond à un niveau qui assure aux occupants d'un bâtiment des conditions de vie agréables ou propices au travail intellectuel. Des niveaux de bruit excessifs peuvent rendre les conversations et la concentration difficiles. Un bruit importun même de faible intensité peut être particulièrement dérangent, surtout s'il est distinct. Une conversation entendue à travers une cloison, un robinet qui fuit, le bourdonnement des appareils d'éclairage ou le grincement d'une pompe constituent quelques exemples de ces bruits.

Le niveau de bruit maximal tolérable varie en fonction de l'utilisation de l'espace. Dans les salles de concert, auditoriums, salles de musique, salles de théâtre et églises, il ne devrait pas dépasser 30 dB(A), tandis que dans les appartements, salles de classe, hôpitaux, cinémas, salles de conférences, petits bureaux, salles d'audience et bibliothèques, il peut aller jusqu'à 45 dB(A). De nombreux manuels d'acoustique fournissent les niveaux sonores recommandés pour divers usages de bâtiment. Une fois la construction du bâtiment terminée, les niveaux de pression acoustique doivent être vérifiés dans des conditions normales d'exploitation, afin de s'assurer que les critères de conception ont été respectés.

### **Réverbération et absorption**

Lorsqu'une source sonore cesse de produire du bruit, l'énergie acoustique diminue à un taux mesurable qui dépend de la quantité de matériaux absorbants dans la pièce. Le temps de réverbération (TR), souvent utilisé comme paramètre de calcul en acoustique architecturale, représente le temps nécessaire pour que le niveau de pression acoustique diminue de 60 dB et qu'ainsi  $TR = 60/\text{indice d'extinction}$ . Les pièces excessivement réverbérantes sont généralement bruyantes et la conversation y est difficile. Le niveau de son réverbéré et le temps de réverbération peuvent être réduits par l'utilisation de matériaux absorbants appropriés.<sup>2</sup>

La capacité d'absorption des sons d'un matériau est exprimée par un coefficient d'absorption sonore ou par un pourcentage. Le coefficient varie en fonction de la fréquence du son et de l'angle d'incidence des ondes sonores. Ces coefficients sont généralement déterminés dans des conditions normalisées pour des bandes d'un tiers d'octave.<sup>3</sup>

Le coefficient d'affaiblissement acoustique<sup>3</sup> est la moyenne des coefficients d'absorption acoustique à 250, 500, 1 000, et 2 000 Hz. Il permet une comparaison approximative des matériaux.

### **Perte de transmission du son**

Il est important d'établir une nette distinction entre l'absorption acoustique et la perte de transmission du son. Les matériaux absorbants réduisent le bruit à l'intérieur des locaux en permettant aux ondes sonores de les traverser avec assez de facilité. Ils sont généralement poreux et absorbent les sons sous l'effet de nombreuses interactions. Inversement, un matériau ou un ensemble qui permet une perte de transmission du son élevée est généralement non poreux et réfléchit bien les sons, quoique les cloisons à double paroi contiennent souvent des matériaux absorbants pour réduire la réflexion des ondes à l'intérieur de la cloison.

Lorsque les ondes sonores rencontrent une cloison, celle-ci se met à vibrer sous l'effet des variations de pression. Une partie de l'énergie vibratoire s'exerçant du côté de la source sonore se transmet ensuite par l'intermédiaire de la cloison pour être rayonnée à nouveau sous forme de bruit aérien de l'autre côté.

Le rapport de la puissance acoustique incidente d'un côté d'une cloison (ou d'un plancher) à la puissance rayonnée de l'autre côté de cet obstacle est utilisé pour calculer la perte de transmission du son en dB. La perte de transmission augmente généralement avec la fréquence du son incident, mais varie également selon la direction des ondes sonores. On suppose généralement qu'elle est la moyenne de tous les angles d'incidence possibles.

Les mesures en laboratoire<sup>4</sup> de la perte de transmission de son sont effectuées par bandes de tiers d'octave de 125 à 4 000 Hz. Cependant, il est commode de comparer les ensembles de construction à l'aide d'un seul nombre. La désignation la plus couramment utilisée en Amérique du Nord est l'indice de transmission du son (ITS).<sup>5</sup>Cet indice est obtenu en comparant la courbe des pertes de transmission mesurée d'un ensemble à des courbes ITS de référence.<sup>4</sup> Seule une partie limitée de la courbe des pertes de transmission est autorisée à descendre au-dessous de la courbe des indices de transmission du son. Plus l'ITS est élevé, meilleures sont les caractéristiques acoustiques de la cloison.

La transmission du son d'une pièce à une autre ne se fait pas uniquement par passage direct à travers la cloison mitoyenne, mais aussi par des trajets latéraux contournant cette cloison.<sup>6</sup> Les trous, fissures et autres défauts semblables sont autant de trajets qui peuvent augmenter la transmission du son entre les pièces. Des mesures in situ peuvent être effectuées pour déterminer la perte de transmission acoustique réelle, y compris l'effet des trajets latéraux et des défauts de construction.<sup>7</sup> Ces mesures permettent d'obtenir ainsi un nombre qu'on appelle indice de transmission du son in situ.

Une méthode d'essai rapide a également été mise au point pour obtenir à partir de mesures simples un indice d'un seul nombre.<sup>8</sup> Cette méthode permet de déterminer la différence de niveau de pression acoustique pondérée suivant la courbe A entre deux pièces; la valeur ainsi obtenue se situe un ou deux points en deçà de l'indice de transmission du son in situ et peut être très utile pour le contrôle de la qualité dans les bâtiments.

### Bruits d'impact

Un bruit d'impact se produit lorsqu'un objet solide heurte un élément du bâtiment (les bruits de pas, par exemple). Le choc se traduit directement par des vibrations qui se propagent alors dans la structure, puis sont rayonnées sous forme de bruits aériens en un autre endroit. Un essai a été mis au point pour mesurer la transmission des bruits d'impact à travers les ensembles plancher-plafond. Cet essai consiste à simuler des bruits à l'aide d'une machine à frapper normalisée<sup>9</sup> et à mesurer en bandes de tiers d'octave de 100 à 150 Hz les niveaux de pression acoustique dans la pièce située au-dessous de la source sonore. On détermine ensuite l'indice de l'isolement aux bruits d'impact en comparant les niveaux de pression acoustique mesurés à des courbes de référence.<sup>10</sup> Plus l'indice est élevé, meilleur est l'isolement acoustique. Il existe également une méthode permettant de mesurer in situ la transmission des bruits d'impact.<sup>11</sup>

Les indices mentionnés ci-dessus constituent les critères les plus fréquemment utilisés pour caractériser le rendement acoustique des ensembles et matériaux de construction. Les critères choisis dépendent dans une certaine mesure de l'usage prévu de ces matériaux et éléments. Cet aspect du problème fera l'objet d'une prochaine publication.

### Principales méthodes de lutte contre le bruit

Trois méthodes fondamentales sont utilisées dans presque tous les cas où une insonorisation est nécessaire. La figure 1 illustre une source de bruit reposant sur des appuis souples à l'intérieur d'une enceinte chemisée de matériau absorbant et dont la perte de transmission est élevée. Si on omettait les appuis souples, les vibrations de la machine se transmettraient à la structure du bâtiment avec très peu d'atténuation et seraient rayonnées ailleurs sous forme de sons aériens. En l'absence d'une enceinte, les sons traverseraient le matériau absorbant presque sans être atténués. Si par contre on enlevait le matériau absorbant, les sons réverbérés s'accumuleraient et la perte d'énergie à travers l'enceinte serait bien inférieure à la valeur prévue. Les trois éléments sont donc essentiels.

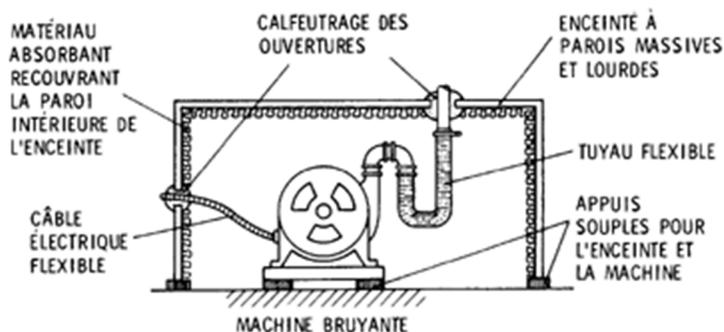


Figure 1. Principes d'isolation acoustique d'une machine bruyante

L'application efficace de ces trois mesures est la condition indispensable d'une acoustique bien conçue. Que l'enceinte soit un boîtier juste assez grand pour contenir une imprimante, une grande pièce renfermant plusieurs machines très bruyantes ou le salon d'un appartement, les principes restent les mêmes: une bonne insonorisation nécessite des appuis ou des joints souples, des matériaux absorbants et des barrières acoustiques sans fuites. Les critères acoustiques doivent être établis à l'étape de la conception et des mesures doivent être effectuées pendant et après la construction pour s'assurer que ces critères ont été respectés.

### **Références**

1. Handbook of Noise Control, edited by Cyril M. Harris, McGraw-Hill, p. 28-9, 1979.
2. Warnock, A.C.C. Contrôle de la réverbération du bruit dans les locaux par l'utilisation de matériaux absorbants, Note de recherche en bâtiment n° 163F, Division des recherches en bâtiment, Conseil national de recherches Canada, Ottawa, 1981.
3. Standard test method for sound absorption coefficients by the reverberation room method, ASTM C423-81.\*
4. Standard method for laboratory measurement of airborne sound transmission loss of building partitions, ASTM E90-75. \*
5. Standard classification for determination of sound transmission class, ASTM E413-73.\*
6. Standard recommended practice for installation of fixed partitions of light frame type for the purpose of conserving their sound insulation efficiency, ASTM E497-76.\*
7. Standard test method for measurement of airborne sound insulation in buildings, ASTM E336-84.\*
8. Standard practice for determining a single number rating of airborne sound isolation for use in multi-unit building specifications, ASTM E597-81.\*
9. Standard method of laboratory measurement of impact sound transmission through floor-ceiling assemblies using the tapping machine, ASTM E492-77.\*
10. Standard classification for determination of impact insulation class (IIC), ASTM E989-84.\*
11. Standard test method for field measurement of tapping machine impact sound transmission through floor-ceiling assemblies and associated support structures, ASTM E1007-84.\*

---

\*On peut obtenir ces documents en s'adressant à: American Society for Testing and Materials, 1916 Race Street, Philadelphia, PA., 19103, U.S.A.