

NOTIONS D'ACOUSTIQUE

2012

SOMMAIRE

Sommaire

I Acoustique général	3
I.II. Propagation d'un son (ou bruit)	3
I.III. Qu'appelle-t-on un son ?	4
• Définition de la pression, puissance et intensité acoustique ainsi que des niveaux correspondants.	4
II. NIVEAU DE PRESSION ACOUSTIQUE L_p	5
III. NIVEAU DE PUISSANCE ACOUSTIQUE L_w	6
IV. NIVEAU D'INTENSITE ACOUSTIQUE L_i	6
IV.II. Qu'est-ce que l'intensité acoustique ?	6
IV.III. Pourquoi mesurer l'intensité acoustique ?	7
IV.IV. Les types de champ acoustique	7
IV.V. Champ libre	7
IV.VI. Champ diffus	8
IV.VII. Champ actif et champ réactif	8
IV.IX. Champ proche	8
IV.X. Vitesse particulière	8
V. Comment mesurer l'intensité acoustique ?	9
V.I. Mesurer la vitesse particulière	9
V.II. Approximation du gradient de pression par la méthode des différences finies	9
VI. BRUITS AERIENS et BRUITS d'IMPACT	10
VII. ISOLATION	10
• ISOLEMENT ACOUSTIQUE ET ABSORPTION	10
VIII. GRANDEURS DE MESURES EN ACOUSTIQUE	12
Niveau global linéaire	12
Temps de réverbération*	12
Isolements brut et isolement normalisé	13
Indice d'affaiblissement d'une paroi	13
Indice d'affaiblissement d'une paroi hétérogène	14
Niveau acoustique équivalent pondéré A : L_{eq}	14
Propagation du son en espace libre	15
Bibliographie	16

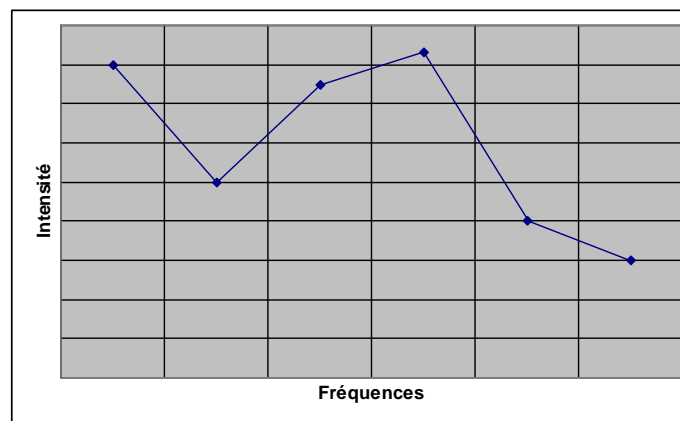
I Acoustique général

Qu'appelle-t-on bruit ?

Un bruit est une superposition de son pur comprenant l'ensemble ou une partie des fréquences audibles (la gamme audible pour l'être humain s'étend de 20 Hz à 20.000 Hz) pour mémoire il faut se rappeler que la gamme couverte par une source sonore comme le piano septembre de 27,5 hertz à 4.186 Hz)

Analyser un bruit, c'est mettre en évidence les caractéristiques de chaque son.

La représentation graphique constitue le spectre sonore.



I.II. Propagation d'un son (ou bruit)

Il faut savoir que dans le vide un son ne peut pas se propager, il manque le support (l'air) pour propager l'ébranlement que constitue le son.

La Propagation de son nécessite un milieu. Elle dépend des caractéristiques physiques du milieu.

Elle est caractérisée par une vitesse de propagation appelée célérité C (Unités en mètre par seconde)

Dans des conditions normales de pression atmosphérique et de températures, C est égal à 340 mètres par seconde pour l'air. On peut remarquer que C est fonction croissante de la température et indépendante de la fréquence. Pour un milieu homogène, la propagation évolue dans l'espace identiquement à elle-même dans toutes les directions.

$$C = 1,4 P_0 / \rho_0$$

P_0 = Masse spécifique de l'air exprimée en Pascal 10^5 .

ρ_0 = Masse volumique exprimée en kg/m^3

Aux températures ambiantes usuelles, la célérité de l'onde acoustique est :

C exprimé en $\text{m}^{-\text{s}}$

$$C = 331,4 + 0,607 \Theta \text{ m}^{-\text{s}}$$

$$C = 20 \text{ T m}^{-s}$$

T étant la température absolue.

Comme tout milieu et plus ou moins absorbant l'amplitude de l'ébranlement décroît au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la source. La longueur d'onde d'un son pur et défini comme la distance parcourue par ce son durant une période T elle s'exprime en mètre :

$$\lambda = C T = C/F$$

C= Célérité de l'onde acoustique
T= période
F= Fréquence

I.III. Qu'appelle-t-on un son ?

Un son est une sensation auditive engendrée par une onde acoustique. L'onde acoustique et l'ébranlement de l'air dans lequel il se produit.

D'autres milieux peuvent véhiculer l'ébranlement. Cet ébranlement se propage de proche en proche de la source à l'organe de réception.

Un son pur est une vibration de l'air qui se manifeste par des variations de pression dont le nombre effectué en une seconde représente la fréquence F ; l'unité de fréquence est le hertz.

La relation simple qui lie la fréquence F et la période T exprimée en seconde est :

$$F = 1/T$$

Quant à l'intensité du son pur, elle dépend de l'amplitude a.

- **Définition de la pression, puissance et intensité acoustique ainsi que des niveaux correspondants.**

Trois des grandeurs physiques peuvent définir le niveau sonore d'un son, c'est-à-dire la manifestation auditive qui nous permet de dire que ce son est plus ou moins intense.

- la pression acoustique P qui est la différence entre la pression atmosphérique et la pression de l'air en présence d'ondes acoustiques. P est exprimé en Pascal (Pa). L'oreille est sensible à des pressions allant du seuil minimal de perception $2 \cdot 10^{-5}$ Pa au seuil de la douleur 20 Pa.
- la puissance acoustique W d'une source qui représente l'énergie libérée par unité de temps W est exprimée en Watt.
- L'intensité acoustique I, puissance W dissipée par unité de surface. I est exprimé en Watt/m²

Le domaine de variation de ces grandeurs étant immense, on a été amené à utiliser une notation logarithmique permettant d'exprimer par des nombres simples les limites extrêmes du domaine de variation, le choix de la fonction logarithmique n'est pas arbitraire, il est lié à la loi de "Weber-Fechner" selon laquelle la sensation sonore est proportionnelle au logarithme de l'excitation.

Les niveaux correspondants sont exprimés en décibels.

II. NIVEAU DE PRESSION ACOUSTIQUE L_P

$$L_P = 20 \log P_1 / P_0$$

P_1 : Pression acoustique de l'onde sonore exprimée en Pascals
Ou encore Pression efficace.

P_0 : Pression acoustique de référence $2 \cdot 10^{-5}$ Pa

Une source de bruit (une vibration acoustique) crée de l'énergie. L'expression de cette énergie développée pendant une unité de temps donnée est la *puissance acoustique*. De cette puissance émise par la source résulte une certaine *pression acoustique* (la perception par l'homme du phénomène). La relation entre les deux termes peut donc être assimilée à une relation de cause à effet.

Lorsqu'elle est trop forte, la pression acoustique peut engendrer chez l'homme des troubles auditifs. C'est pourquoi, lorsqu'il s'agit de quantifier la réaction humaine aux nuisances sonores et les conséquences pathologiques qu'elles peuvent entraîner, il est logique de se servir de ce paramètre, relativement aisé à mesurer : les variations de pression sur le tympan (les sons) sont celles-là mêmes qui sont détectées sur le diaphragme d'un microphone à condensateur.

Le niveau de pression acoustique caractérise L_P le bruit perçu par l'oreille, alors que le niveau de puissance acoustique L_W caractérise l'émission d'une source.

Pour une source de puissance acoustique L_W donnée ; le niveau de pression acoustique L_P mesurée varie avec la distance source, point d'écoute d'une part et d'autre part L_P est fonction des caractéristiques du champ acoustique dans lequel a lieu la propagation (champ libre champ réverbérant)

Soit par exemple :

1 source de niveau de puissance acoustique de $L_W = 100$ dB

si	$r = 1$ m	$L_P = 89$
	$r = 100$ m	$L_P = 49$

En fonction de la relation $L_P = L_W - 10 \log 4\pi r^2$

Lorsque de la source est directive la relation $L_P = L_W - 10 \log 4\pi r^2$ intègre un indice de directivité G

Exemple : Sachant que le niveau de puissance d'une personne parlant est de 70 dB.

Lorsque la personne peut être considérée source omnidirectionnelle, on trouve, que le niveau de la pression acoustique produit à 1 m est

$$L_P = 59 \text{ dB}$$

Si la personne est considérée source directive, l'indice de directivité correspondant est $10 \log 4 = 6$ et par suite le niveau de pression acoustique, pour la direction correspondante est celui trouvé

ci-dessus majoré de 6 décibels, c'est-à-dire 65 dB. On constate, par observation que lorsque l'on s'éloigne d'une source ponctuelle, en champ libre (et en l'absence d'absorption due à l'air) que le niveau de pression (ou d'intensité) acoustique chute de 6 dB chaque fois que la distance à la source est doublée. Ainsi, dans le cas de l'exemple précédent et lorsque le niveau de pression est de 59 dB à 1 m, il est de 53 dB à 2 m, 47 dB à 4 m, 41 dB à 8 m...

Vu qu'on exprime tous les niveaux, qu'ils soient de pression, intensité ou puissance, en décibels, il y a toujours lieu de préciser, lorsque l'on fait état d'un niveau, de quel genre de niveau il s'agit.

Dans un local, le niveau de pression acoustique s'écrit :

$$L_p = L_w - 10 \log (Q/ 4\pi r^2 4/A+4/S)$$

Q = facteur de directivité de la source et ayant pour valeur :

- 1 au centre de la pièce,
- 2 au centre d'une paroi
- 4 à l'intersection de 2 parois
- 8 pour une source dans un angle

r = distance de la source au point de mesure (en mètre)

A =Absorption totale du local.

S = surface totale du local.

III. NIVEAU DE PUISSANCE ACOUSTIQUE L_w

$$L_w = 10 \log W_1 / W_0$$

W_0 : Puissance acoustique de référence égale à 10^{-12} Watts

IV. NIVEAU D'INTENSITÉ ACOUSTIQUE L_i

$$L_i = 10 \log I_1 / I_0$$

I_0 : Intensité acoustique de référence fixée à 10^{-12} Watt/m²

Cependant, la pression acoustique (les sons que nous entendons ou mesurons avec un microphone) varie avec la source de bruit, avec la distance par rapport à cette source, et avec l'environnement acoustique dans lequel se propagent les ondes sonores. Ce champ acoustique varie lui-même en fonction des dimensions et de la capacité d'absorption des parois et surfaces du local entourant la source. Ce n'est donc pas en mesurant la pression acoustique que peut être quantifié de manière fiable le bruit émis par une machine donnée. Ce qu'il faut mesurer, c'est une quantité indépendante des conditions environnantes, la puissance acoustique, seul descripteur fidèle du bruit émis par une source sonore.

IV.II. Qu'est-ce que l'intensité acoustique ?

Tout corps ou élément de machine en vibration engendre de l'énergie acoustique. Si la puissance acoustique décrit le rayonnement de cette énergie par unité de temps, *l'intensité acoustique*, elle, se rapporte au flux d'énergie par unité de surface. Si cette unité de surface est le m², l'intensité s'exprimera en Watt/m².

Alors que la pression acoustique est une grandeur scalaire exprimant une amplitude, l'intensité acoustique est une grandeur vectorielle, avec un module et une direction. De manière générale, elle se mesure *perpendiculairement* à la surface traversée par l'énergie sonore.

L'intensité acoustique est aussi la moyenne temporelle du flux d'énergie par unité de surface. Or, dans certains cas, l'énergie se caractérise par un mouvement de va-et-vient (champs actif et réactif, et cela n'est pas mesuré : si les flux d'énergie contraires s'égalent, il n'y a pas d'intensité active.

IV.III. Pourquoi mesurer l'intensité acoustique ?

Les mesures de pression acoustique permettent, par exemple, d'évaluer la nocivité du bruit sur un site de production et le risque de troubles de l'audition encouru par les personnels qui y sont exposés. Les actions à entreprendre pour la réduction du bruit nécessitent ensuite que soit connue la puissance acoustique émise par les diverses infrastructures.

Pendant longtemps les déterminations n'ont pu être effectuées que sur la base de mesures de pression, paramètre dépendant du champ acoustique. Corollairement, ce procédé exigeait le contrôle draconien et la maîtrise de l'environnement de mesurage et l'emploi de chambres anéchoïques ou réverbérantes où devaient être placées isolément les sources de bruit.

Or, l'avantage d'une détermination de la puissance acoustique sur la base de mesures d'intensité est que ces dernières ne posent aucune condition préalable quant à l'environnement de mesurage et qu'elles peuvent donc être réalisées directement sur le site. La puissance acoustique d'une machine particulière peut ainsi être connue même si celle-ci est placée au milieu d'autres machines bruyantes ou en présence d'un bruit de fond permanent.

Une autre caractéristique de cette approche est qu'elle est vectorielle, prenant en compte et le module et la direction, et qu'elle permet ainsi de localiser facilement toutes les sources sonores et d'analyser sur le site le bruit de machines au comportement vibratoire complexe.

IV.IV. Les types de champ acoustique

Le champ acoustique est la région de l'espace dans laquelle se propagent les sons. Le champ acoustique se définit en termes de support et de mode de propagation des ondes sonores. Quelques exemples peuvent ici aider à décrire la relation entre pression et intensité. Cette relation n'est connue de manière précise que dans les deux premiers types de champ décrits ci-après, le champ libre et le champ diffus.

IV.V. Champ libre

Ce terme renvoie à une propagation des ondes sonores dans des conditions idéales, en l'absence d'absorbants et d'obstacles réfléchissants. Ces conditions se rencontrent soit à l'air libre (à distance suffisante du sol), soit dans une chambre anéchoïque, où les sons frappant les parois ne sont pas réfléchis (cf. Fig. ci-après). Une propagation en champ libre se caractérise par une baisse de 6 dB des niveaux de pression et d'intensité acoustiques (dans le sens du rayonnement) à chaque doublement de la distance par rapport à la source (application de la loi inverse du carré de la distance). La relation entre la pression et l'intensité (amplitude uniquement) est également connue. Cette approche de détermination de la puissance acoustique est décrite par l'ISO 3745.

IV.VI. Champ diffus

Un champ acoustique diffus se caractérise comme une région donnée de l'espace où la densité d'énergie est statistiquement uniforme et où les directions de propagation ont, en tout point, une distribution aléatoire. Une chambre réverbérante permet d'approcher de telles conditions. Bien que l'intensité active soit nulle (cf. paragraphe ci-après), une relation théorique y lie la pression à l'intensité unidirectionnelle, I_x , grandeur qui ne tient pas compte de sa composante opposée, qui lui est égale en valeur absolue. Bien que non mesurable par un analyseur d'intensité acoustique, cette grandeur est utile, car la puissance acoustique peut être déterminée en mesurant la pression et en se servant de cette relation (méthode décrite par l'ISO 3741).

IV.VII. Champ actif et champ réactif

Propagation du son implique flux d'énergie. Un champ où circule un flux d'énergie est appelé un *champ actif*. Cependant, il peut y avoir pression acoustique même en absence de propagation (de flux unidirectionnel). Dans ce type de champ, appelé *champ réactif pur*, l'énergie est "stockée comme dans un ressort" et le flux est remplacé par un mouvement de va-et-vient qui l'annule. L'intensité active y est donc égale à zéro. Dans la pratique, tout champ acoustique comporte des composantes actives et des composantes réactives.

C'est parce que les composantes réactives ne sont pas liées à la puissance acoustique rayonnée que les calculs de puissance acoustique basés sur des mesures de pression dans des champs non parfaitement définis ne sont pas fiables. Inversement, parce qu'elle décrit un flux d'énergie, l'intensité acoustique.

IV.IX. Champ proche

Dans la région du champ acoustique située à proximité de la source, l'air agit comme un système masse-ressort qui emmagasine l'énergie. Cette région, dans laquelle l'énergie circule sans se propager (champ réactif), est appelée le *champ proche*. Pour déterminer la puissance acoustique dans cette zone, seules peuvent être effectuées des mesures d'intensimétrie, et le fait de pouvoir s'approcher très près de la source est propice à un très bon rapport signal/bruit.

IV.X. Vitesse particulière

Le déplacement d'une particule en suspension initiale dans l'air s'accompagne d'un accroissement temporaire de la pression. Cet accroissement de pression a deux finalités : ramener la particule à sa position initiale, et transmettre la perturbation à la particule suivante. La propagation du cycle ainsi créé (hausse de pression = compression, et baisse de pression = raréfaction) constitue l'onde sonore. Deux variables, dont l'intensité acoustique est le produit, sont ici à prendre en considération : la pression (accroissement et décroissement par rapport à l'atmosphère) et la vitesse des particules oscillant autour d'une position fixe. Comme le prouve la transformation ci-après, ce produit est l'équivalent de la puissance par unité de surface

$$\text{Intensité} = \text{Pression} \times \text{Vitesse particulière}$$

$$= \frac{\text{Force}}{\text{Aire}} \times \frac{\text{Distance}}{\text{Temps}} = \frac{\text{Energie}}{\text{Aire} \times \text{Temps}} = \frac{\text{Puissance}}{\text{Aire}}$$

Lorsque le champ est actif, pression et vitesse particulaire varient simultanément. Une crête du signal de pression est concomitante à une crête du signal de vitesse. Les deux signaux sont alors dits *en phase*, et de leur produit résulte une intensité active. Si le champ est réactif, pression et vitesse sont *déphasées de 90°*. L'un est décalé d'un quart de longueur d'onde par rapport à l'autre. Le produit des deux signaux donne un signal d'intensité *instantanée* qui varie selon une sinusoïde autour de zéro. Corollairement, *l'intensité moyenne* est nulle.

Dans un champ diffus, comme la phase entre le signal de pression et le signal de vitesse varie sur le mode aléatoire, l'intensité active est égale à zéro.

V. Comment mesurer l'intensité acoustique ?

V.I. Mesurer la vitesse particulaire

L'intensité acoustique est le produit, moyenné dans le temps, de deux grandeurs : la pression et la vitesse particulaire. Mesurer la pression n'est pas un problème, un microphone suffit. Mesurer la vitesse de particules est moins simple. Il faut d'abord mesurer le *gradient de pression* (dérivée de la pression instantanée par rapport à la distance) au moyen de deux microphones peu espacés l'un de l'autre, et relier la vitesse particulaire à ce paramètre au moyen de l'équation d'Euler linéarisée.

V.II. Approximation du gradient de pression par la méthode des différences finies

Le gradient de pression est la dérivée d'une variable continue (sans pics aux niveaux maximaux et minimaux), qui peut être représentée par la différence entre deux valeurs séparées par une distance déterminée, petite, mais finie. Il suffit donc de placer deux microphones à une telle distance l'un de l'autre, de mesurer la différence de pression entre les deux points et de diviser cette valeur par la distance qui les sépare. Cette approximation est appelée méthode des différences finies.

VI. BRUITS AÉRIENS et BRUITS d'IMPACT

Ce que l'on appelle communément bruits aériens sont des bruits se propageant en utilisant l'air comme support matériel en propagation.

En acoustique architecturale un haut-parleur fixé sur une paroi d'une manière rigide non désolidarisée doit être considéré comme une source de bruit aérien, mais aussi générant par contact direct un bruit d'impact.

La différence est importante entre les deux définitions, car les solutions proposées pour l'isolement vis-à-vis de ces bruits diffèrent complètement l'une ne pouvant pas se substituer à l'autre.

VII. ISOLATION

• ISOLEMENT ACOUSTIQUE ET ABSORPTION

L'isolation acoustique (ou insonorisation) est l'action d'isoler, de séparer de tous côtés pour limiter les échanges d'énergie acoustique.

L'isolement acoustique est l'état de ce qui est isolé, le résultat des dispositions prises pour réduire les échanges d'énergie acoustique.

Réaliser une isolation acoustique implique la construction d'obstacle d'efficacité calculée ou connue sur le chemin de propagation des sons ;

Obtenir un isolement acoustique (d x dB) implique que grâce à la construction de ces obstacles d'efficacité calculée ou connue, puis mesurée, l'atténuation des sons transmis sera de x dB.

La propagation du son est toujours accompagnée d'une dissipation d'énergie sous forme d'un dégagement de chaleur ; pour l'air cette dissipation est liée aux phénomènes de viscosité, conduction calorifique, relaxation des molécules. Pour les solides des phénomènes équivalents entraînent une dégradation de l'énergie acoustique.

En définitive l'absorption acoustique est le pouvoir qu'ont la plupart des matériaux et matières de laisser pénétrer à leur intérieur une partie de l'énergie sonore qui vient frapper leur surface limite. L'absorption n'est jamais égale pour les sons de même intensité, mais de hauteurs différentes.

Comme on peut le voir les termes employés dans certaines revues bien souvent de vulgarisation apportent la confusion dans beaucoup de cas et il appartient à l'acousticien de cerner le problème quand la demande lui en est faite, en posant les questions correspondantes à ce que désire l'utilisateur afin d'améliorer les effets ressentis suivant l'emploi des lieux utilisés et leur destination, exemple :

- **Salle de conférence** correction en absorption et en atténuation
- **Théâtre, cinéma** Isolement vis-à-vis des bruits environnants, absorption acoustique -
- **Salle polyvalente** Absorption, atténuation, étude d'électroacoustique pour une meilleure diffusion

- **Salles de classes** Atténuation entre locaux, absorption, vérification de l'indice d'intelligibilité de la parole si ce qui est perçu n'est pas trop déformé et à un niveau suffisant comparé au niveau du bruit ambiant ainsi qu'au seuil d'audibilité absolue de l'auditeur.

VIII. GRANDEURS DE MESURES EN ACOUSTIQUE.

Les grandeurs de mesures utilisées dans les domaines courants sont :

Niveau global linéaire.

Un bruit de large bande étalé sur plusieurs octaves peut être évalué par une seule grandeur : le niveau global, il caractérise la somme des intensités acoustiques observées pour chacune des bandes de fréquence élémentaire.

Le niveau global ainsi obtenu est le niveau linéaire exprimé en décibel (**dB**).

Niveau global pondéré A.

Le niveau linéaire ne tient pas compte de la différence de sensibilité de l'oreille aux différentes fréquences ; afin de prendre en compte cette sensibilité conduit à pondérer les intensités acoustiques dans les diverses octaves avant sommation.

Le niveau global pondéré ainsi obtenu est le niveau global A exprimé en décibel A "**dB(A)**".

Temps de réverbération*

Pour ce qui concerne le volume celui-ci a son importance dans le calcul de la durée du temps de réverbération, car plus le volume est grand plus la réverbération est moins accentuée.

Afin de répondre à d'éventuelles questions, les tests aux différentes fréquences intègrent le volume de bruit possible ou la salle de réunion est largement occupée. Toutefois, la réverbération sera moins importante du fait de la présence des personnes se trouvant dans cette salle.

Un son pur entretenu et caractérisé par la fréquence et l'amplitude des variations de la pression acoustique correspondante. À ces grandeurs correspondent, en principe, des sensations distinctes :

- la sensation de hauteur liée à la fréquence ; plus la fréquence est élevée, plus le son paraît haut,
- la sensation de force de son liée à la pression acoustique ; plus cette pression est élevée, plus le son paraît intense.
- En fait la hauteur de son dépend non seulement de la fréquence, mais aussi, dans 1+ faible mesure toutefois, de la pression acoustique. Corrélativement la force d'un son dépend, dans une faible mesure, de la fréquence.

Les personnes jeunes et en bonne santé, le domaine des fréquences de son audible s'étendent de 20 à 20 000 Hertz environ. Ce domaine peut être décomposé arbitrairement en trois sous-domaines :

Sons de fréquences graves :	20 - 360 Hertz
Sons de fréquences moyennes :	360 - 1400 Hertz
Sons de fréquences aiguës :	1400 - 20 000 Hertz

Pour un son du domaine audible ne peuvent être perçus par une personne que si son niveau de pression acoustique dépasse une limite inférieure appelée les seuils d'audibilité. En l'absence de tout bruit parasite, cette limite est le seuil d'audibilité absolue. En présence d'un bruit parasite, le même

son doit avoir un niveau plus élevé pour pouvoir être distingué, le seuil d'audibilité correspondant est alors plus élevé que le seuil d'audibilité absolue. On dit alors que le bruit parasite joue le rôle d'un masque, l'effet de masque étend la différence existant entre les deux seuils exprimés en décibels.

Le phénomène de masques a beaucoup d'importance ; son effet peut être avantageux ou perturbateur. C'est grâce à lui que, bien souvent, chez soi, on ne perçoit pas laissant des conversations ou dépose de radiotélévision des voisins alors que les murs et les planchers, ne les affaiblissent pas au point de les rendre inférieurs au seuil d'audibilité absolue ; dans ce cas le bruit masquant peut-être celui résultant de la circulation routière ou des activités déployées dans le logement.

À l'opposé c'est à cause de l'effet de masque qu'on ne peut converser librement dans une pièce donnant sur un boulevard, fenêtre ouverte.

Le seuil d'audibilité absolue dépend des personnes et de leur âge. L'acuité auditive diminue avec l'âge, essentiellement aux fréquences dépassant 5000 Hertz et cela plus pour les hommes que pour les femmes. Ce phénomène est dénommé presbycusis.

La prolongation du son dû aux multiples réflexions, après arrêt brusque de la source sonore, est appelée temps de réverbération TR. On définit le TR comme le temps au bout desquels le niveau sonore a décru de 60 dB.

La théorie de Sabine relie l'aire d'absorption équivalente d'un local au temps de réverbération par la relation :

$$A = \frac{0,16 V}{TR}$$

**Nota : La formule de Sabine est la plus utilisée surtout si tous les coefficients d'absorption des parois sont assez faibles et la répartition des matériaux absorbants est suffisamment homogène.*

On peut citer aussi les formules de Eyring, qui s'applique pour des volumes plus importants, celle de Millington qui a l'avantage de ne pas s'inquiéter de la répartition géométrique des absorbants dans le local et enfin celle de Pujolle qui est plus proche de la réalité.

Isolements brut et isolement normalisé

On appelle isolement brut parce que c'est celui constaté en l'état d'ameublement des locaux au moment des mesures.

$$D = L_1 - L_2$$

L'isolement normalisé est l'isolement brut corrigé en admettant une durée de réverbération des locaux meublés de 0,5 s à toutes les fréquences ; l'isolement acoustique normalisé d'un local d'habitation 2 vis-à-vis des bruits aériens émis dans un autre local 1 est donc

$$D_n = D + 10 \log T/0,5 = L_1 - L_2 + 10 \log T/0,5$$

*T étant la durée de réverbération du local de réception lors de la mesure d'isolement

Indice d'affaiblissement d'une paroi.

L'isolement brut est lié aux caractéristiques intrinsèques de la paroi et à sa configuration d'installation.

Il faut en effet distinguer deux types de propagation, à travers une paroi :

- La transmission latérale directe caractérisée par le facteur de transmission

$$T = \frac{I_{\text{reç.}}}{I_{\text{ém.}}}$$

pour une paroi plane de dimensions infinies avec I intensité du son.

- Les transmissions indirectes dues aux assemblages avec les parois adjacentes et à toutes autres causes de perte d'isolement.

De plus, le niveau en réception est fonction non seulement des caractéristiques de la paroi, mais aussi des conditions de réverbération dans le local.

On définit l'indice d'affaiblissement R comme la forme logarithmique de l'inverse du facteur :

$$R = 10 \log 1/T$$

Cet indice R exprimé en dB, caractérise la paroi indépendamment des conditions de sa mise en œuvre. Mesuré en laboratoire pour chaque type de matériau, il permet de calculer, sur plan, l'isolement brut que l'on obtiendra dans la configuration d'un projet.

En effet, dans le cas où les transmissions latérales seraient négligeables, entre deux locaux contigus, l'indice d'affaiblissement R est lié à l'isolement brut Db par la relation suivante :

$$Db = R + 10 \log A/S$$

Indice d'affaiblissement d'une paroi hétérogène.

Si une paroi est constituée par plusieurs éléments dont les indices d'affaiblissement acoustique sont différents (porte, fenêtre.) il est possible d'estimer la valeur de l'indice R d'une paroi homogène équivalente.

Soit S1 la surface de l'élément de paroi dont le coefficient de transmission du son est T1
Soit S2 la surface de l'élément de paroi dont le coefficient de transmission du son est T2

La paroi homogène équivalente possède un coefficient de transmission du son e défini par la relation :

$$T_e (S_1 + S_2) = T_1 S_1 + T_2 S_2$$

L'indice d'affaiblissement devient :

$$R \text{ (dB)} = 10 \log \frac{S_1 + S_2}{T_1 S_1 + T_2 S_2 + \dots}$$

Niveau acoustique équivalent pondéré A : L_{eq}

Niveau global (Leq) de la pression acoustique pondérée A d'un bruit permanent qui donnerait la même énergie acoustique que le bruit à caractère fluctuant considéré pendant un temps donné ; la valeur de Leq permet la mesure d'une façade mesurée avec un bruit de circulation, qui n'est pas la même que l'isolement entre différentes parties d'un bâtiment.

En effet dans le dernier cas, on suppose que le champ sonore est diffus et stationnaire pendant la mesure, tandis que dans le premier cas, le champ sonore extérieur n'est presque jamais diffus ni stationnaire.

Propagation du son en espace libre

Prenons une source sonore omnidirectionnelle (c'est-à-dire qui envoie une même quantité d'énergie sonore dans toutes les directions), ses ondes acoustiques sont sphériques, et l'énergie sonore émise se répartit d'une façon uniforme sur toute la surface de la sphère.

Le niveau sonore en un point situé à une distance r de la source dépendra de

- La puissance acoustique de la source W
- La distance r .

D'où la relation permettant d'obtenir le niveau acoustique au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la source est :

$$L_{i_r} = L_w - 10 \log 4\pi r^2$$

De ce fait on constate que lorsqu'on s'éloigne de la source le niveau diminue, et chaque fois que la distance est doublée le niveau diminue de **6 dB**.

Bibliographie

- **Acoustique générale E.N.S.A.E**
- **Notions d'acoustique à l'usage des Architectes Ingénieurs et urbanistes
De F. Josse. Editions EYROLLES**
- **Pratique de l'isolation acoustique des bâtiments de J. Pujolle - Editions du
Moniteur**
- **LE RECKNAGEL – Manuel pratique du génie climatique 2^{ème} Edition**
- **Practical guide NOISE CONTROL de WOODS**
- **La Pratique de l'Acoustique dans le bâtiment de Mathias MEISSER –
Collection UTI – EYROLLES Editeur.**
- **Recueil et règlements concernant le bruit**
- **Fréquency analysis de Brüel & Kjaer**
- **Archietctural acoustics de Brüel & Kjaer**
- **Lexique – Guide d'acoustique architecturale par J.Pujolle –Collection
COMAPI Editions EYROLLES**
- **Documentation Brüel & Kjaer**