



L'acoustique du bâtiment : comprendre

Son, bruit et enjeux de la rénovation

FICHE N°1/3

Le bruit s'impose aujourd'hui comme l'une des premières causes environnementales de dégradation de la santé en Europe, deuxième facteur de risque après la pollution de l'air, selon l'OMS. Son coût social total est estimé en France à 147,1 milliards d'euros chaque année, selon l'ADEME.

Une rénovation énergétique est une occasion rare de corriger durablement les défauts acoustiques d'un logement. Avant d'envisager des travaux sur ces défauts, il convient de comprendre comment se propage le son dans le bâtiment.

Qu'est-ce qu'un son, qu'est-ce qu'un bruit ? Comment mesure-t-on leur énergie ? Quels sont leurs mécanismes de transmission ? Sur quels phénomènes agir pour le traitement acoustique ?

Cette fiche pratique explique de manière accessible et pédagogique avec des exemples, des analogies et des mises en garde précises comment le bruit se comporte dans un bâtiment.

Comprendre le son et le bruit

Son et bruit : la même physique, une différence de perception



Le son est une vibration qui se propage dans la matière quel que soit son état (l'air, mais aussi les murs, les planchers, les tuyaux). Lorsqu'un objet vibre, il comprime et détend l'air à sa périphérie en ondes successives qui atteignent nos oreilles.



Le bruit, c'est simplement un son jugé indésirable. Cette différence est subjective : un même son est musique pour l'un et nuisance pour l'autre. En acoustique du bâtiment, on désigne par « bruit » tout son qui perturbe le confort, le sommeil ou la concentration des occupants.

Ainsi donc, le son (comme le bruit) correspond à une variation de pression de l'air par une onde qui vient heurter le tympan. Plus l'amplitude de cette variation est grande, plus la pression est élevée et plus le son est fort.

Les mesures du bruit et ses unités

Pression acoustique

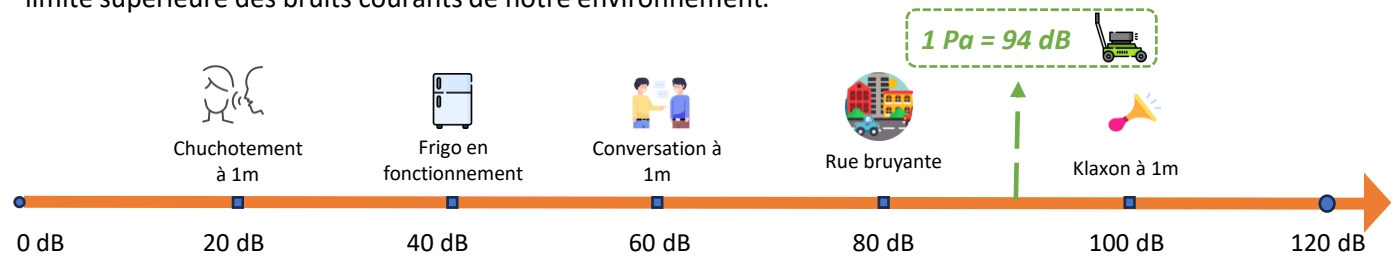
Cette variation de pression, appelée **pression acoustique** dans l'air, est mesurée en pascal (Pa).

1 Pa de variation est égal au bruit d'une tondeuse à gazon à proximité



L'oreille est remarquablement sensible. Elle est capable de détecter des variations de pression acoustique allant de 0,00002 à 20 Pascals (soit une échelle variant de 1 à 1 000 000), ce qui rend nécessaire l'usage d'une nouvelle unité, le bel (en hommage à Alexander Graham Bell), qui permet de transformer cette large échelle linéaire en une échelle logarithmique plus adaptée à la perception humaine.

L'échelle acoustique des décibels (1/10 de bel) s'étend de 0 dB, seuil de l'audition humaine, jusqu'à 120 dB, limite supérieure des bruits courants de notre environnement.



Une échelle **linéaire** évolue en ajoutant toujours la même quantité (1, 2, 3, 4...), tandis qu'une échelle **logarithmique** évolue en multipliant toujours par le même nombre (1, 10, 100, 1000...).

ANALOGIE – SÉISME

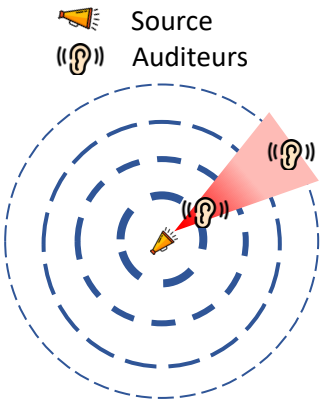
Un séisme de magnitude 6 n'est pas deux fois plus puissant qu'un séisme de magnitude 3 : il l'est mille fois plus.

Intensité acoustique

Le son est avant tout une forme d'énergie qui se propage dans l'air par des ondes de pression. Cette énergie par unité de surface est appelée **intensité acoustique** (exprimée en W/m²).

Lorsque les ondes sonores s'éloignent de la source, elles se répartissent sur une surface de plus en plus grande, ce qui entraîne une diminution de l'intensité acoustique.

La définition des niveaux d'intensité acoustique en décibels pose une difficulté lorsqu'il s'agit d'additionner plusieurs sons. En effet, lorsque deux sources sonores produisent simultanément un son en un même point, ce sont les intensités acoustiques qui s'additionnent, et non les niveaux sonores exprimés en décibels.



EXEMPLE

Un sèche-cheveux émet 80 dB. Avec deux sèche-cheveux identiques fonctionnant en même temps, l'intensité acoustique est doublée. Cependant, comme l'échelle des décibels est logarithmique, le niveau sonore n'augmente que de 3 dB : le niveau total atteint alors 83 dB. Doubler le nombre de sources sonores ne signifie donc pas doubler le niveau sonore perçu. (Voir lexique)



ANALOGIE : PRESSION - INTENSITÉ

	Thermique	Acoustique
Energie transportée	Flux thermique (W/m²)	Intensité acoustique (W/m²)
Grandeur mesurée	Température (°C)	Pression acoustique (Pa)
Instrument de mesure	Thermomètre	Sonomètre
Echelle	Linéaire (°C)	Logarithmique (dB)

ANALOGIE – CUISSON D'UN POULET

Dans la vie courante, les niveaux d'intensité acoustique restent très faibles en valeur absolue. Par exemple : il serait théoriquement possible de cuire un poulet uniquement grâce à l'énergie acoustique d'un cri. Il faudrait pour cela hurler à environ 100 dB pendant presque 2 ans sans interruption. Alors qu'à 150 dB, il suffirait seulement de 20 min (c'est par exemple le niveau sonore comparable à celui observé à proximité du décollage d'une fusée spatiale).

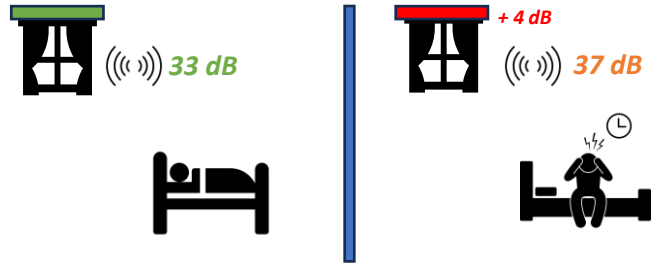


CE QUE SIGNIFIE CONCRÈTEMENT UN GAIN DE QUELQUES dB

Dans une chambre exposée à 65 dB de bruit de trafic (boulevard urbain animé), une fenêtre avec un indice d'isolation de 32 dB permet de ramener le niveau intérieur à environ 33 dB, soit une chambre calme la nuit.

Si cette même fenêtre n'isole que de 28 dB, par exemple à cause d'un coffre de volet non traité, le niveau intérieur monte à 37 dB.

Cette différence de 4 dB supplémentaires correspond à un niveau de bruit perceptiblement plus élevé et est suffisant à perturber le sommeil.



Fréquence



Le son ne se résume pas à une question d'énergie. C'est un mélange complexe de fréquences différentes. La fréquence, c'est le nombre de fois par seconde qu'une onde sonore oscille, exprimée en Hertz (Hz). Plus ce nombre est élevé, plus le son est aigu ; plus il est faible, plus le son est grave. Une même intensité acoustique peut être perçue très différemment selon la fréquence des ondes qui la composent.



Par exemple : chaque note de musique correspond à une fréquence précise, et les notes se répètent d'octave en octave. Passer d'une octave à la suivante, c'est simplement doubler la fréquence. Le La de référence est à 440 Hz, le La de l'octave au-dessus est à 880 Hz, celui encore au-dessus à 1760 Hz, et ainsi de suite...

L'oreille humaine perçoit les fréquences de 20 Hz à 20 000 Hz, soit environ 10 octaves. Elle est naturellement plus sensible à certaines fréquences, notamment entre 250 et 4000 Hz, plage correspondant à la voix humaine.

La fréquence est donc une grandeur indissociable du niveau sonore pour caractériser complètement un son et sa perception. Pour bien traiter un bruit, il faut connaître sa répartition d'énergie acoustique en fonction de la fréquence. En d'autres termes, il faut déterminer les sons qui le composent.



Par exemple : un plancher bois est souvent plus efficace pour les hautes fréquences que pour les basses fréquences.

La propagation du bruit et son traitement

Les deux voies de propagation du bruit dans un bâtiment

Chaque type de bruit possède son propre mode de transmission et appelle une réponse adaptée. Se tromper dans le diagnostic acoustique conduit souvent à choisir une solution qui ne traite pas réellement le problème.

Il existe deux chemins de propagation :



La voie aérienne : le son passe par les parois et les ouvertures (espace sous la porte, joint défailant, coffre de volet, grille de ventilation...). C'est le moyen de propagation des bruits rose et trafics. *(Voir lexique)*



La voie solidienne : le son fait vibrer la structure elle-même (dalle, plancher, mur porteur) qui le retransmet à distance, parfois à plusieurs pièces de là. Ce peut-être le cas d'impact mécanique direct (des pas sur le plancher, chute d'objet, chaise tirée sur le sol) ou une vibration des équipements transmise à la structure (VMC, chauffage, tuyauteries). Dans un immeuble en béton, un choc au 4^e étage peut se retrouver perceptible au 2^e étage sans que le plancher direct soit impliqué.

Comprendre comment le bruit se répand dans un bâtiment est indispensable pour cibler l'intervention au bon endroit. La combinaison de ces deux voies de propagation complique la réduction du bruit dans les bâtiments. **Quelques centimètres carrés d'ouverture suffisent à dégrader fortement l'efficacité acoustique** d'une paroi de plusieurs mètres carrés bien isolée.

ANALOGIE – LE BRUIT DANS UN BÂTIMENT, C'EST COMME L'EAU DANS UN TUYAU PERCÉ



Si la fuite principale est colmatée mais que des microfissures ou des trous de très faibles débits sont laissés sans traitement, l'eau continuera de couler. De la même manière, traiter la paroi principale sans éliminer les points de fuite acoustique ne donnera pas le résultat attendu.

Les points de fuite acoustique les plus fréquents :

- Les boîtiers électriques posés dos à dos de part et d'autre d'une cloison créent un passage direct du son entre deux logements.
- Les passages de canalisations sans fourreau résilient : le tuyau rigidement solidaire de la dalle transmet les vibrations à toute la structure.
- Les coffres de volets roulants : leur cavité ouverte sur l'extérieur est souvent le maillon le plus pénalisant de toute la façade.
- Les joints de périphérie des menuiseries dégradés ou mal posés : un joint insuffisant peut réduire de 10 à 15 dB la performance effective d'un double vitrage performant.
- Toute rupture dans la continuité de la couche isolante : un passage de gaine non rebouché, une jonction plancher-cloison non traitée.

EXEMPLE – APPARTEMENT MITOYEN BRUYANT



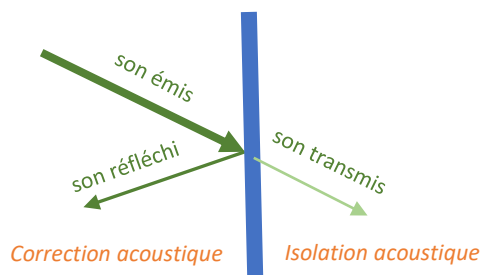
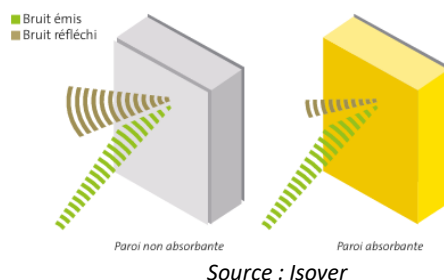
Prenons l'exemple d'une cloison séparative testée en laboratoire : elle présente un indice d'affaiblissement acoustique R_A de 62 dB, ce qui signifie qu'elle réduit fortement la transmission du son à travers elle seule.

Dans un appartement, en béton, le bruit ne passe pas uniquement par cette cloison, il se transmet également par la dalle commune, les murs, et les murs de refends. L'isolement mesuré in situ (DnT,w) tombe à 54 dB, soit 8 dB de perte par rapport à la performance théorique de la cloison. Cette différence **correspond à une perception du bruit nettement plus importante** que celle attendue (et ainsi d'entendre le voisin deux fois plus fort que prévu). *(Voir lexique)*

Traitement acoustique : isolation et correction

Comme toute onde, le son se propage depuis sa source jusqu'à rencontrer un obstacle. À ce moment :

- **une partie est transmise** à travers la paroi. La réduction de cette part relève de l'isolation acoustique, mentionnée plus haut.
- **une partie est réfléchi** à l'intérieur de la pièce, créant soit une amélioration soit une perte de clarté sur le son selon les cas (réverbération).
- **une dernière est absorbée** par la paroi (absorption). Plus la paroi absorbe l'onde, plus la part réfléchi est faible. C'est le rôle de la correction acoustique, qui permet d'optimiser la qualité d'écoute et de maîtriser l'intelligibilité de la parole.



L'absorption acoustique des matériaux poreux dépend de l'épaisseur, la résistance au passage de l'air du matériau, la porosité du matériau ainsi que de sa structure. *(Voir lexique)*

Approche	Ce qu'elle fait et ce qu'elle ne fait pas
Isolation acoustique	Réduit le passage du son entre deux espaces distincts. Agit sur les parois, planchers, façades et les toits. N'a pas pour but de réduire l'impact des bruits générés dans la pièce.
Correction acoustique	Réduit l'écho et la réverbération à l'intérieur d'une même pièce. Améliore l'intelligibilité de la parole et le confort d'écoute. N'a pas pour but d'isoler des bruits extérieurs.



Attention : la correction acoustique ne remplace pas l'isolation, leur combinaison est essentielle.



QU'EST-CE QU'UN ÉCHO ?



L'oreille est capable d'entendre deux sons distincts quand ceux-ci sont reçus dans un intervalle de temps supérieur à 50 millisecondes. En dessous de cet écart, le son est perçu comme une continuité inintelligible. Un écho est donc perçu lorsque l'onde sonore se réfléchit sur un obstacle réfléchissant à plus de 17 m, distance minimale nécessaire pour que l'onde n'arrive pas trop tôt au niveau du tympan. Pour cela, il faut également que le temps de réverbération soit assez important pour que l'amplitude ne soit pas atténuée. *(Voir lexique)*

Le bruit : un sujet de santé

Les effets du bruit sur la santé sont documentés et reconnus par les autorités sanitaires. Dans un logement, une mauvaise acoustique génère :



Des troubles du sommeil : fragmentations des cycles, difficultés d'endormissement, fatigue chronique. L'OMS estime que l'exposition nocturne dans une pièce au-delà de 40 dB perturbe le sommeil de manière mesurable.



Des effets cardiovasculaires : en exposition chronique, une augmentation du risque d'hypertension a été mesurée dès 50 dB la nuit.



Certaines populations présentent une vulnérabilité accrue : les enfants (développement et apprentissage), les personnes âgées, les personnes souffrant de pathologies chroniques, ainsi que les personnes en télétravail dont le domicile est devenu un espace de travail et de concentration à part entière. Dans ce contexte, la qualité acoustique du logement revêt une importance renforcée.



L'ESSENTIEL DE LA FICHE À RETENIR :

- Le bruit emprunte toujours le chemin le moins résistant : un seul point de fuite non traité peut suffire à dégrader fortement l'efficacité acoustique d'une paroi bien isolée.
- Le son se propage par deux voies distinctes, aérienne et solidienne, qui ne se traitent pas par les mêmes solutions. La prise en compte de ces deux voies est indispensable pour assurer une isolation acoustique efficace des bâtiments.
- L'isolation et la correction acoustique sont deux démarches complémentaires qui ne se substituent pas l'une à l'autre.

Sources & « Pour aller plus loin »

[Le coût social du bruit en France](#), ADEME

[Grandeurs Acoustiques](#), UFME

[Le décibel et le bruit – les unités acoustiques](#), CIDB

[Santé publique : quels sont les impacts sanitaires du bruit ?](#) Cercle Promodul

[Acoustique du bâtiment Les Fondamentaux](#), Isover Saint-Gobain

[Isoler son logement du bruit](#), ADEME

Niveau d'intensité acoustique :

Le niveau d'intensité acoustique d'une source sonore est calculé ainsi : $L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$,

avec I_0 l'intensité de référence constante très faible égal à 10^{-12}W/m^2

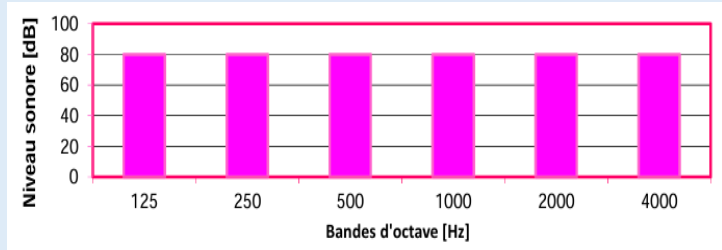
Si l'intensité acoustique est doublée:

$$L' = 10 \log \left(\frac{2I}{I_0} \right) = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) + 10 \log(2) = L + 10 \log(2) = L + 3 \text{ dB}$$

Ainsi, chaque fois que l'intensité double, le nouveau niveau n'augmente que de 3 dB.

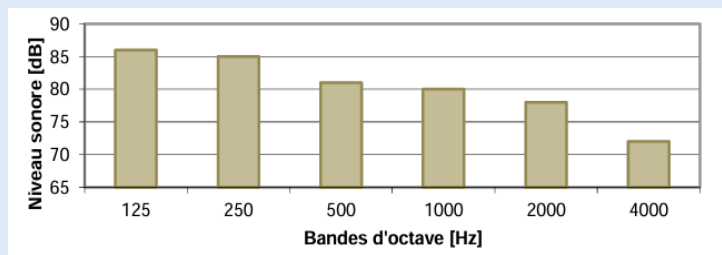
Qu'est-ce qu'un bruit rose ?

Le terme correspond à un type de bruit théorique construit et normalisé sur chaque bande de fréquence, qui simule les bruits venant de **l'intérieur** (conversation, télévision...).



Qu'est-ce qu'un bruit trafic ou aérien ?

Le terme correspond à un type de bruit théorique construit et normalisé, qui est plus riche en fréquences graves que le bruit rose. Il simule les bruits venant de **l'extérieur** (transports routiers, infrastructures...).



Différence entre les décibels dB et dB(A):

dB est l'unité logarithmique du niveau de bruit, reliée à une mesure physique de la pression acoustique.

dB(A) est la valeur corrigée tenant compte de ce que perçoit l'oreille humaine.

La lettre A dans dB(A) fait référence à la courbe de pondération A, une des courbes de pondération acoustique. Celle-ci est conçue pour imiter la sensibilité de l'oreille humaine. On parle de pondération physiologique.

Termes de l'isolation acoustique

L_w : C'est le niveau de puissance acoustique d'une source sonore (en dB).

L_{nT,w} : C'est le niveau de pression acoustique d'un bruit de choc standardisé (en dB). Plus le L_{nT,w} est faible, meilleur est l'isolation aux bruits de chocs. (A la différence de L_w, c'est une mesure de l'isolation).

R_w Indice d'affaiblissement acoustique (R pour réduction, correspond à un ΔL , W pour weighted ou pondéré) :

C'est la performance d'un élément à réduire le bruit. Il s'agit d'une valeur mesurée en laboratoire ou calculé, liée à la conception d'un système dans les conditions idéales d'un laboratoire. Plus cette valeur est grande, plus l'élément est performant et réduit le bruit.

A et A_{Tr} (ou C et C_{tr}) Terme d'adaptation (A pour la courbe de pondération A, Tr pour trafic) :

Le R seul ne tient pas compte du type de bruit réel. Les parois n'arrêtant pas de la même manière les différents types de bruits, des corrections selon les sources de bruits sont effectuées. Le terme A intervient sur la correction des *bruits rose*, il est à considérer pour les parois intérieures (mur, cloison...) avec $R_A = R_w + C$. Le terme A_{tr} intervient pour le *bruit trafic*, il est à considérer pour les parois extérieures (murs, toitures...) avec $R_{A,tr} = R_w + C_{tr}$

Exemple : Un produit avec un R_w (C ; C_{tr}) = 34 (-2;-5) dB a un affaiblissement acoustique de $R_A = 34 - 2 = 32 \text{ dB(A)}$ pour les bruits intérieurs, et de $R_{A,tr} = 34 - 5 = 29 \text{ dB}$ pour les bruits extérieurs.

D (D_{nT}) Isolement acoustique :

C'est un indice similaire au R_w mais basé sur la mesure en condition réelle in situ. Il mesure aussi l'isolement acoustique d'un élément.

Termes de la correction acoustique

α : Coefficient d'absorption du son qui va de 0 (réflexion totale comme un miroir pour la lumière) à 1 (absorption totale). Plus le coefficient augmente, plus le matériau atténue l'amplitude de l'onde réfléchi.

- Béton, plâtre, carrelage : $\alpha_w = 0,02$ à $0,05$ (très réfléchissant).
- Moquette épaisse : $\alpha_w = 0,30$ à $0,50$.
- Panneau d'isolant 50 mm : $\alpha_w = 0,80$ à $0,95$.

Le coefficient d'absorption acoustique dépend de plusieurs facteurs, notamment de la nature du matériau, de sa porosité, de l'état de sa surface (lisse ou rugueuse) ainsi que de sa forme et de sa géométrie (perforations, cavités, épaisseur, etc.).

A : Aire d'absorption équivalente

Il ne s'agit pas d'une surface géométrique réelle, mais d'une surface « équivalente » parfaitement absorbante. Elle définit le pouvoir absorbant d'un élément, et s'exprime en m^2 (Sabine).

Plus cette valeur est grande, plus les parois du local absorbent l'énergie sonore et moins le local résonne. Cette aire est calculée à partir des différentes surfaces de parois multipliées par leurs coefficients d'absorption acoustique respectifs. $A = \sum \alpha_i \cdot S_i$

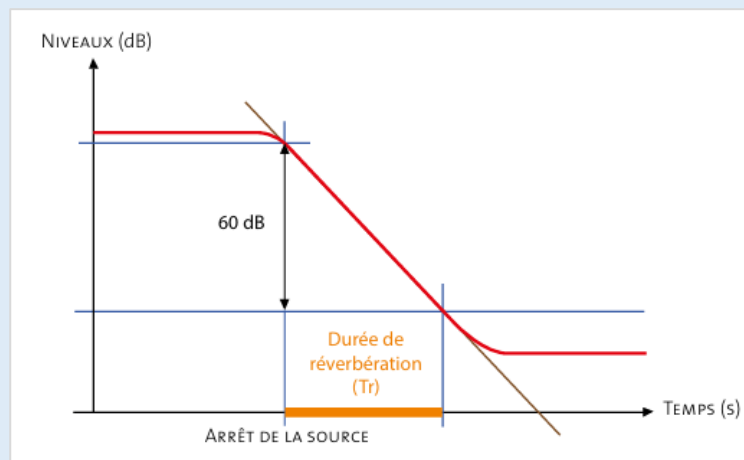
Par exemple : imaginons un local (4x5x3) constitué d'une surface de mur de $54 m^2$ en moquette épaisse avec un $\alpha_w = 0,50$ et d'un sol et plafond en béton, $40 m^2$ avec un $\alpha_w = 0,05$. La somme des surfaces totale est de $94 m^2$

$$A = 54 \cdot 0,5 + 40 \cdot 0,05 = 29 m^2 \text{ (Sabine).}$$

Ce qui équivaut à un local avec une surface de $29 m^2$ parfaitement absorbante et $65 m^2$, surface restante, parfaitement réfléchissante (avec un α_w virtuel de 0).

Tr : Durée de réverbération.

Cette durée est le temps nécessaire pour qu'un bruit décroisse de 60 dB par rapport à sa valeur initiale. Plus la durée est importante, plus on entend une réverbération, moins le son est parfaitement intelligible. Pour une pièce à vivre, une durée de réverbération Tr de 0,5 à 0,7 seconde est confortable. Une cuisine entièrement carrelée peut atteindre 1,5 à 2 secondes.



Ce temps de réverbération est variable selon les fréquences. L'équation dite de Sabine est la suivante :

$$Tr(s) = 0,161 * \frac{V(m^3)}{A(m^2 \text{ sabine})}$$

Plus la pièce est absorbante, plus la durée de réverbération est réduite.

Revenons à l'exemple cité plus haut.

Pour le local en question :

$$Tr = 0,161 * (60/29) = 0,33 \text{ seconde}$$

Le local est très confortable.

La valeur de la durée de réverbération recommandée dépend de l'usage des locaux :

- Salle de classe pour une bonne intelligibilité $\rightarrow 0,4 < Tr < 0,8$
- Salle de musique pour une richesse sonore $\rightarrow 1 < Tr < 2$