

Confort acoustique

Principes d'acoustique

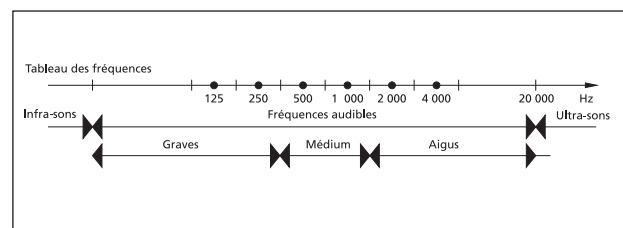
L'acoustique concerne l'émission, la propagation et la réception des sons et des bruits à l'intérieur d'un même local ou entre des locaux différents.



On distingue trois types de fréquences :

- les fréquences **graves** (de 20 à 400 Hz),
- les fréquences **médium** (de 400 à 1 600 Hz),
- les fréquences **aiguës** (de 1 600 à 20 000 Hz).

Dans le bâtiment, on ne retient que 6 groupes de fréquences, chacun d'eux ayant une fréquence centrale. Ces 6 groupes ou bandes de fréquences, appelés octaves, sont centrés sur 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz et 4 000 Hz.



Définitions

Acoustique interne

L'acoustique interne permet d'assurer la qualité acoustique propre d'un local. Celui-ci peut être un lieu où l'écoute doit être favorisée (salles de spectacles et salles d'enseignement...), un lieu où le niveau sonore doit être diminué (locaux industriels, ateliers, bureaux...) ou bien encore un lieu où l'acoustique est spécifique (salles de sport, restaurants...).

Isolation acoustique

L'isolation acoustique permet de limiter ou de contrôler la transmission du bruit entre des locaux différents.

Les bruits peuvent être :

- aériens : parole, télévision, chaîne haute fidélité,
- d'impacts : choc, marche,
- d'équipements : ventilation, robinetterie, ...

Décibel : dB

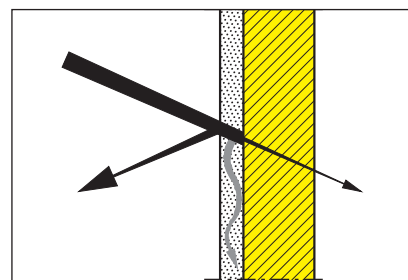
Le décibel est l'unité de mesure des bruits. Il est égal à 10 fois le rapport logarithmique entre l'intensité mesurée et l'intensité de référence.

Fréquence

Elle quantifie la hauteur d'un son. Elle s'exprime en Hertz (Hz).

Coefficient d'absorption α_w

Cet indice correspond au rapport de l'énergie acoustique absorbée à l'énergie acoustique incidente. Lorsqu'une onde acoustique frappe une paroi, une fraction très faible de l'énergie incidente traverse la paroi (isolation acoustique). L'autre fraction de l'onde, plus importante, est pour partie réfléchie et pour partie absorbée.



Transmission, réflexion, et absorption de l'énergie acoustique.

Aire d'absorption équivalente A en m^2 d'un local

C'est la somme des produits des surfaces des parois d'un local par leur indice d'évaluation de l'absorption α_w respectif.

Durée de réverbération T en seconde

La durée de réverbération correspond au temps nécessaire à un bruit, après arrêt de la source sonore, pour décroître de 60 dB. Elle s'exprime en secondes et définit les caractéristiques acoustiques d'un local.

Evolution de la réglementation acoustique

Deux nouvelles normes européennes qui s'appliquent depuis le 1^{er} janvier 2000, doivent être utilisées pour calculer les indices uniques d'évaluation de la performance acoustique :

- des produits et ouvrages (mesures en laboratoire),
- des bâtiments (mesures in situ).

Ces nouveaux indices concernent :

- les bruits intérieurs (aériens),
- les bruits extérieurs (route, avions et trains),
- les bruits de choc.

Ces normes définissent :

- de nouveaux indices d'évaluation,
- de nouvelles unités,
- un nouveau vocabulaire.

Indices européens

Indice d'évaluation des produits (en laboratoire)

■ Indice d'affaiblissement acoustique R

L'indice d'affaiblissement acoustique pondéré est une mesure effectuée en laboratoire. Il qualifie l'isolement dû à un seul élément de la construction. Ces valeurs sont exprimées en dB.

	Bruits aériens	
	Ancien	Nouveau
Nom	Indice d'affaiblissement acoustique	Indice d'affaiblissement acoustique pondéré
Indice	R_{rose} R_{route}	$R_W (C ; C_{tr})$ $R_A = R_W + C$ $R_{A,tr} = R_W + C_{tr}$
Unité	dB (A) _{rose} dB (A) _{route}	dB
Equivalence	$R_A \approx R_{rose}-1$ $R_{A,tr} \approx R_{route}$	

Mesures en laboratoire d'indices d'affaiblissement acoustique

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{S}{A}$$

R est exprimé en dB

L_1 = niveau de pression acoustique à l'émission en dB
 L_2 = niveau de pression acoustique à la réception en dB
 S = surface de cloison en m²
 A = aire d'absorption équivalente = $0,16 \frac{V}{T}$ en m²
 V = volume de la salle de réception en m³
 T = durée de réverbération en s

■ Efficacité aux bruits de choc ΔL

	Bruits de choc	
	Ancien	Nouveau
Nom	Efficacité aux bruits de choc	Réduction du niveau de bruit de choc pondéré
Indice	ΔL	ΔL _W
Unité	dB (A)	dB
Equivalence	Pas d'équivalence	

ΔL_W correspond à la différence entre la dalle brute et la dalle revêtue ou protégée.

Mesures en laboratoire de l'efficacité acoustique

$$L_n = L_2 + 10 \log \frac{A}{A_0}$$

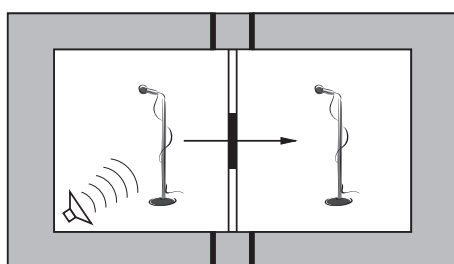
L_n est exprimé en dB

L_2 = niveau de pression acoustique à la réception en dB
 A = aire d'absorption équivalente en m²
 A_0 = aire d'absorption équivalente de référence égale à 10 m²

	Bruits d'équipements
Nom	Niveau de puissance acoustique du matériel
Indice	L _W
Unité	dB

■ Isolement acoustique d'un élément $D_{n,e,w}$

	Bruits d'équipements	
	Ancien	Nouveau
Nom	Isolement acoustique normalisé d'un élément	Isolement acoustique normalisé pondéré d'un élément
Indice	$D_{n,e,rose}$ $D_{n,e,route}$	$D_{n,e,w}$ (C ; C_{tr})
Unité	dB (A)	dB
Equivalence	$D_{n,e,w}$ est égal à $D_{n,e,labo}$ ou à $D_{n,e,labo} - 1$ dB	



Indice d'évaluation des bâtiments (in situ)

■ Isolement acoustique normalisé aux bruits aériens

	Bruits aériens	
	Ancien	Nouveau
Nom	Isolement acoustique normalisé	Isolement acoustique standardisé pondéré
Indice	D_{nAT}	$D_{nT,A}$ $D_{nT,A,tr}$
Unité	dB (A) _{rose} dB (A) _{route}	dB
Equivalence	$D_{nT,A} \approx D_{nAT} - 1$ $D_{nT,A,tr} \approx D_{nAT}$	

Mesures in situ d'isollements acoustiques normalisés

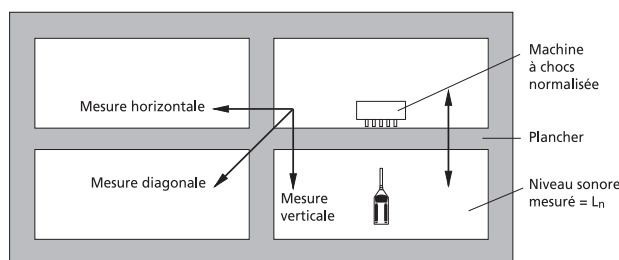
$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{T}{0,5}$$

D_{nT} est exprimé en dB

L_1 = niveau de pression acoustique à l'émission en dB
 L_2 = niveau de pression acoustique à la réception en dB
 T = durée de réverbération du local de réception en s

■ Isolement acoustique normalisé aux bruits de choc

	Bruits de choc	
	Ancien	Nouveau
Nom	Isolement acoustique normalisé	Niveau de pression pondéré du bruit de choc standardisé
Indice	L_{nAT}	$L'_{nT,w}$
Unité	dB (A)	dB
Equivalence	Pas d'équivalence	



La mesure peut être faite :

- soit verticalement entre deux locaux superposés,
- soit latéralement entre deux locaux situés au même niveau,
- soit diagonalement entre deux locaux superposés et décalés. On mesure l'énergie acoustique rayonnée par le plancher et par les parois latérales qui lui sont reliées.

■ Isolement acoustique normalisé aux bruits d'équipements

	Bruits d'équipements
Nom	Isolement acoustique normalisé
Indice	L_{nAT}
Unité	dB (A)

Isolement d'une paroi aux bruits aériens

Du point de vue acoustique, on distingue deux types de parois : parois simples et parois doubles.

Parois simples

Les parois simples (béton, carreau de plâtre, parpaing creux, brique creuse), sont caractérisées par leur masse. Leur indice d'affaiblissement acoustique R ne dépend pratiquement que de leur masse surfacique.

La loi de masse expérimentale

C'est la relation entre l'indice d'affaiblissement acoustique R exprimé globalement en dB (A) et la masse surfacique de la paroi, m_s .

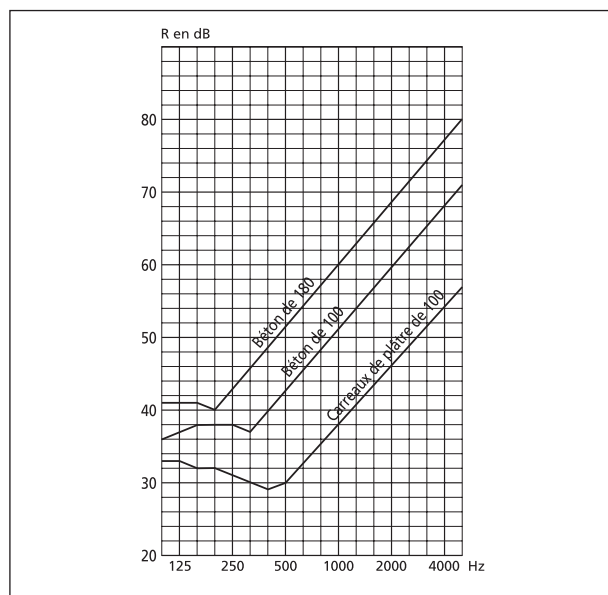
Masses volumiques courantes

- béton lourd parois verticales : 2 300 kg/m³
- béton lourd parois horizontales : 2 400 kg/m³
- parpaings pleins ⁽¹⁾ (béton, sable et gravillon) : 2000 kg/m³
- parpaings creux ⁽¹⁾ (béton, sable et gravillon) : 1100 kg/m³
- briques pleines ⁽¹⁾ : 1700 kg/m³
- briques creuses ⁽¹⁾ : 600 kg/m³
- briques perforées ⁽¹⁾ : 1000 kg/m³
- béton cellulaire : 450 à 650 kg/m³
- panneaux de particules de bois : 600 kg/m³

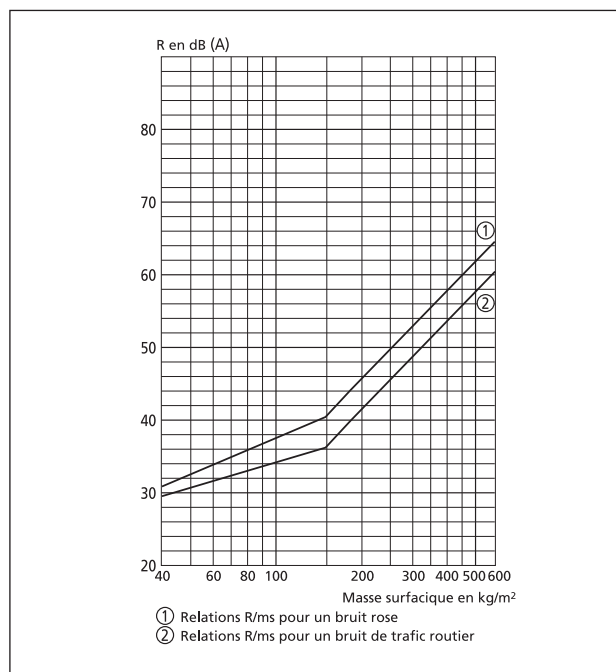
Masses surfaciques

- enduit plâtre : 10 kg/m² par cm
- enduit ciment : 30 kg/m² par cm

(1) résultats valables uniquement pour murs enduits 1 face ou 2 faces.



Allure caractéristique de l'indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi simple en fonction de la fréquence.



L'indice d'affaiblissement acoustique R d'une paroi simple varie avec la fréquence. Au-delà d'une certaine fréquence, dite fréquence critique, l'indice croît avec la fréquence à raison de 6 à 9 dB par octave. On remarque le minimum d'isolement à la fréquence critique f_c . Celle-ci dépend de la nature des matériaux et de leur épaisseur.

La fréquence critique d'une cloison en carreau de plâtre de 100 mm d'épaisseur est de 400 Hz (à titre indicatif, celle d'une plaque de plâtre de 10 mm se situe à 4 000 Hz). Le défaut d'isolement à 400 Hz se situe dans les fréquences correspondant à celles de la parole.

Parois doubles

Cloisons Placostil® ou Double Placopan®

Les parois doubles (cloison Placostil® ou Double Placopan®), sont constituées de deux parois simples de faible masse surfacique (parements) séparées par un vide d'air. Ce vide d'air peut être amorti par une laine minérale.

Leur indice d'affaiblissement acoustique R est fonction de :

- la masse des parements,
- l'épaisseur du vide d'air,
- l'épaisseur de la laine minérale,
- la fréquence critique des parements.

Ces paramètres conditionnent la fréquence de résonance de la cloison. Cette fréquence de résonance est égale en champ diffus à :

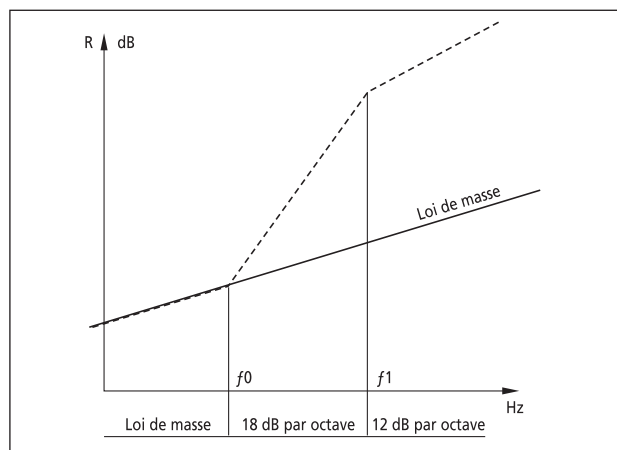
$$f_0 = 84 \sqrt{\frac{1}{e} \left(\frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2} \right)}$$

e = épaisseur du vide d'air en m
 M_1 et M_2 = masse surfacique de chaque parement en kg/m².

Jusqu'à la fréquence de résonance du système (f_0) l'isolement est conditionné par la masse surfacique des parements.

Après la fréquence de résonance, la pente d'isolement est de 18 dB par octave, jusqu'à la fréquence de changement de pente (f_1). Au-delà, la pente d'isolement est de 12 dB par octave. Un déplacement de la fréquence de résonance vers les basses fréquences permet l'amélioration de l'indice R de la cloison.

Ce déplacement est obtenu soit par l'augmentation du vide interne, soit par l'augmentation de la masse des parements, soit par la qualité de la laine minérale. Globalement, lorsque l'on doublera la masse des parements ou l'épaisseur de la lame d'air, on déplacera la fréquence de résonance dans les fréquences graves, d'un tiers d'octave. Ce déplacement se traduira par un gain d'isolement de 3 à 4 dB (A).



A titre indicatif, l'utilisation de laine minérale en amortissement de lame d'air d'une double paroi augmente les valeurs d'indice d'affaiblissement :

1 cm.....1 dB	12 à 16 cm.....6 dB
2 cm.....2 dB	16 à 20 cm.....8 dB
3 cm.....3 dB	20 à 30 cm.....9 dB
4 à 8 cm.....4 dB	+ 30 cm.....10 dB
8 à 12 cm.....5 dB	

Doublages Placo®

Le doublage d'une paroi n'a pas un effet acoustique neutre. La mise en place d'un doublage conduit, sur le plan de l'isolation acoustique, à la réalisation d'une paroi double avec création d'une fréquence de résonance.

Si l'isolant est relativement rigide et de faible épaisseur (< 50 mm), la fréquence de résonance peut être située dans le spectre audible et peut perturber l'isolement initial de la paroi ; c'est le cas des complexes Placomur®, Placotherm® + et des plaques collées par plots avec faible vide d'air.

Si l'isolant est relativement souple (Doublissimo®), la fréquence de résonance se situe à la limite, ou hors du spectre audible, on améliore ainsi l'indice d'affaiblissement de la paroi.

Les doublages Placostil® permettent, en jouant sur l'épaisseur du vide, sur la laine minérale et sur la masse des parements, de situer la fréquence de résonance

dans les fréquences très graves et donc d'améliorer nettement l'indice d'affaiblissement initial des parois.

Plafonds Placostil®

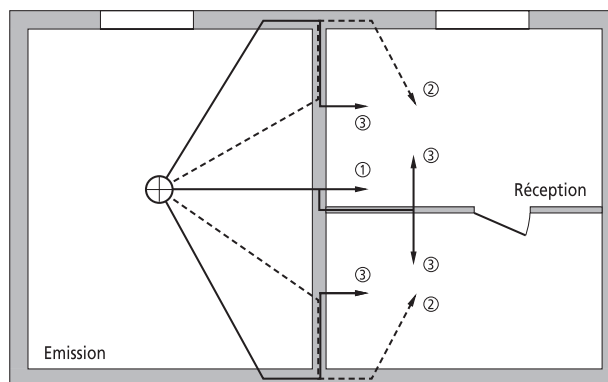
Le comportement acoustique des plafonds Placostil® est identique à celui des doublages Placostil®. Leur mise en place crée un système masse-ressort-masse qui permet d'améliorer les isolements tant au niveau des bruits aériens que des bruits d'impacts.

Chape sèche Placosol®

La mise en place d'une chape flottante Placosol® renforce l'isolement aux bruits aériens et aux bruits d'impacts des planchers légers en augmentant la masse, l'étanchéité à l'air et en créant un système masse-ressort-masse.

Transmissions latérales

Le bruit se transmet d'un local vers un autre en faisant vibrer la paroi qui les sépare et toutes les autres parois, qu'elles soient latérales ou intérieures aux locaux, liées à cette paroi séparative.



On a donc :

- des transmissions directes ① par la paroi séparative,
- des transmissions indirectes ② par les parois latérales,
- des transmissions indirectes par rayonnement ③ par les parois intérieures.

Transmissions par les structures

L'isolement acoustique standardisé pondéré ($D_{nT,A}$ mesuré in situ) est en général inférieur à l'indice d'affaiblissement acoustique pondéré (R_A mesuré en laboratoire) de la paroi séparative.

Une grande partie de l'énergie sonore passe par les parois latérales (murs et planchers). Par exemple, dans une structure béton où murs et planchers sont de la même épaisseur, les 2/3 de l'énergie sonore, soit 5 dB passent par les parois latérales. Par conséquent, pour obtenir le niveau de performances exigé, on est amené, en général, à retenir des parois dont l'indice R_A est supérieur d'au moins 5 dB au $D_{nT,A}$ recherché.

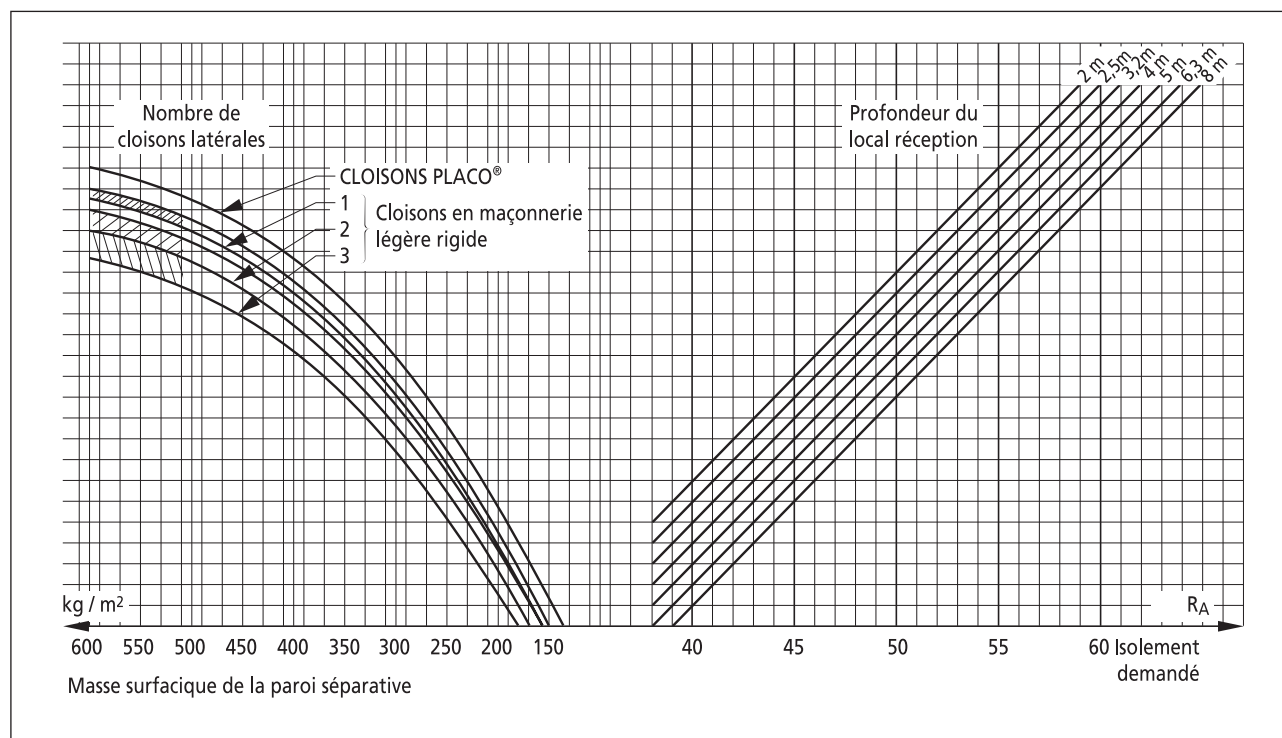
Transmissions par les cloisons de distribution

Quand les cloisons de distribution sont mises en vibration par les parois latérales ou séparatives, elles provoquent des transmissions indirectes en rayonnant de l'énergie acoustique.

Ce rayonnement se produit pour des fréquences supérieures à la fréquence critique des matériaux. La perte d'isolement supplémentaire par rapport à l'isolement normalement attendu en dB peut atteindre une valeur de l'ordre de $S/15$ à $S/10$ (S étant la surface totale de ces cloisons légères dans les locaux entre lesquels on considère l'isolement ; S est cumulé dans ces deux locaux et exprimé en m^2).

Par contre, des cloisons à faible facteur de rayonnement, telles les cloisons à base de plaque de plâtre, ou des cloisons de masse élevée (au moins 200 kg/m^2) ne créent pas ces inconvénients (cf. cahier du CSTB n° 748).

Le CATED-UNM propose des abaques donnant les pertes d'isolement lors de l'utilisation de cloisons de distribution rigides en maçonnerie.



Perte d'isolement pour des cloisons de distribution rigides en maçonnerie.

Exemple : isolement entre deux locaux superposés

Hauteur sous plafond : 2,50 m
10 m linéaire de cloison de distribution à chaque niveau

■ 1^{er} cas : plancher = dalle béton 16 cm

- avec cloison en plaque de plâtre Placo®
 $D_{nT,A} = 51 \text{ dB}$,
- avec cloison en maçonnerie légère rigide
 $D_{nT,A} = 47 \text{ dB}$.

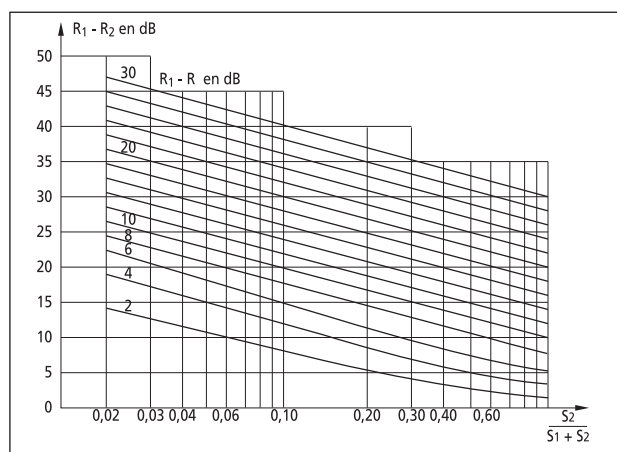
■ 2^e cas : plancher = dalle béton 22 cm

- avec cloison en plaque de plâtre Placo®
 $D_{nT,A} = 55 \text{ dB}$,
- avec cloison en maçonnerie légère rigide
 $D_{nT,A} = 51 \text{ dB}$.

Ces pertes par rayonnement peuvent être réduites par utilisation d'un matériau résilient en périphérie des cloisons en maçonnerie légère.

Isolement d'une paroi composée

Quand une paroi est constituée de deux éléments différents, porte incluse dans une cloison par exemple, l'abaque ci-dessous permet de définir l'indice résultant, en dB, de la paroi composée.



S1 est la surface de la partie la plus performante d'indice R1.
S2 est la surface de la partie la moins performante d'indice R2.

Exemple : pour une cloison

- d'indice $R_1 = 48$ dB
- de surface $S_1 = 10$ m² (porte non comprise)
- comportant une porte de surface $S_2 = 2$ m² d'indice $R_2 = 26$ dB

$$R_1 - R_2 = 22 \text{ dB}$$

$$\frac{S_2}{S_1 + S_2} = \frac{2}{12} = 0,16 \text{ m}^2$$

$$\text{On lit : } R_1 - R = 13 \text{ dB}$$

$$\text{Donc : } R = 35 \text{ dB}$$

Liaison cloisons-plafonds

Plafonds suspendus

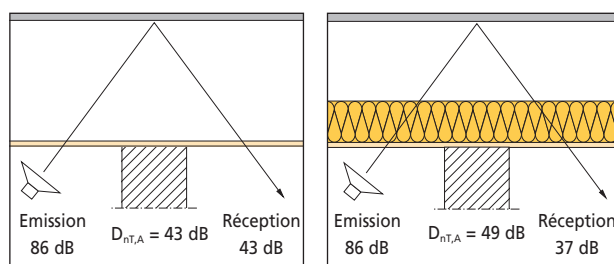
Les plafonds suspendus (plafonds métalliques, panneaux de laine minérale...) destinés à la correction acoustique des locaux, ont généralement de mauvaises caractéristiques d'isolation acoustique.

Quand de tels plafonds sont employés, il est donc préférable de les interrompre au droit des cloisons pour améliorer l'isolation entre locaux contigus.

Plafonds Placostil®

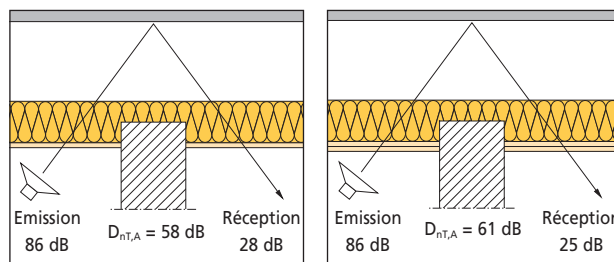
Les transmissions latérales par les plafonds sont fonction du volume du plénum, de la présence de laine minérale et de son épaisseur, des ondes de flexion du plafond.

A titre indicatif, les valeurs d'isolement d'un plafond Placostil® installé à 30 cm sous une dalle béton et en l'absence d'autres transmissions sont les suivantes :



Plafond filant 1 plaque.

Plafond filant 1 plaque avec laine minérale.



Plafond interrompu 1 plaque, avec laine minérale.

Plafond interrompu 2 plaques, avec laine minérale.

De façon générale, l'homogénéité du traitement acoustique est assurée dans les cas suivants :

- plafond filant 1 plaque : cloisons d'indice d'affaiblissement acoustique pondéré inférieur à 39 dB*,
- plafond filant 1 plaque avec laine minérale : cloisons d'indice d'affaiblissement acoustique pondéré inférieur à 45 dB*,
- plafond interrompu 1 plaque avec laine minérale : cloisons d'indice d'affaiblissement acoustique pondéré compris entre 45 et 55 dB*,
- plafond interrompu 2 plaques avec laine minérale : cloisons d'indice d'affaiblissement acoustique pondéré supérieur à 55 dB*.

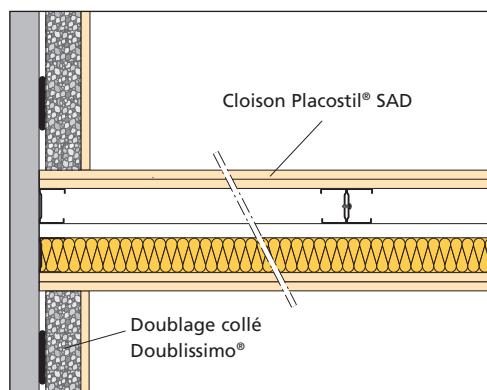
* Au cas par cas, ces valeurs peuvent être majorées lorsque le rapport volume du plénum à la surface du plafond est supérieur à 0,3.

Liaison cloisons-doublages

Les doublages filants sont de nature à perturber l'isolement entre les locaux. Il convient donc de les interrompre au droit des cloisons dès que l'on recherche un isolement acoustique standardisé pondéré supérieur à :

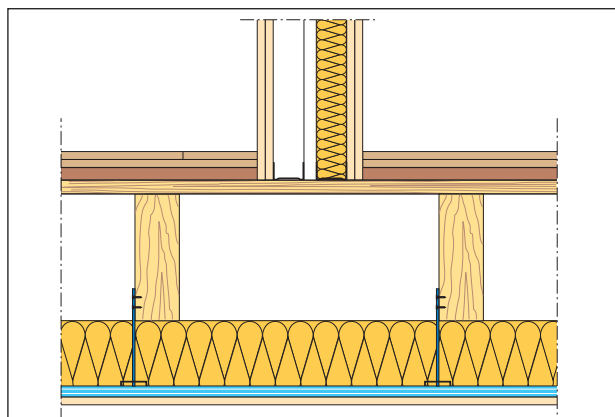
- 39 dB avec les doublages utilisant des isolants rigides (polystyrène, polyuréthane...),
- 45 dB avec les doublages thermo-acoustiques (PSE élastifié ou laine minérale).

Les cloisons séparatives entre appartements doivent systématiquement être raccordées au gros œuvre. Le doublage, quelle que soit sa nature, vient en butée contre la cloison.



Liaison cloisons-planchers bois

Pour les isolements acoustiques normalisés pondérés entre locaux contigus supérieurs à 39 dB, les planchers doivent être soit recoupés au droit des cloisons et le plénum amorti sur une largeur d'environ 1,20 m, soit doublés par une chape Placosol® dans au moins un des locaux concernés.



Plancher filant avec Placosol® des deux côtés

Exigences réglementaires

Bâtiments d'habitation

Bruits extérieurs

- Nouvelle réglementation acoustique (NRA) applicable depuis le 1^{er} janvier 2000 (arrêtés du 30 juin 1999). L'isolement acoustique normalisé $D_{nT,A,tr}$ entre les pièces principales et cuisines et l'espace extérieur, doit être au minimum de 30 dB.
- Isolement acoustique minimal des bâtiments d'habitation contre le bruit des transports terrestres. Arrêté du 30 mai 1996.
- En fonction des niveaux sonores engendrés par les infrastructures, les bâtiments sont classés en cinq catégories.

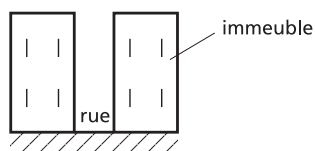
Le classement des infrastructures de transports terrestres et la largeur maximale des secteurs affectés par le bruit de part et d'autre de l'infrastructure sont définis en fonction des niveaux sonores de référence dans le tableau suivant :

Niveau sonore de référence L_{nAT} (6 h - 22 h) en dB (A)	Niveau sonore de référence L_{nAT} (22 h - 6 h) en dB (A)	Catégorie de l'infrastructure	Distance maximale (D) des secteurs affectés par le bruit de part et d'autre de l'infrastructure
$L > 81$	$L > 76$	1	$D = 300$ m
$76 < L \leq 81$	$71 < L \leq 76$	2	$D = 250$ m
$70 < L \leq 76$	$65 < L \leq 71$	3	$D = 100$ m
$65 < L \leq 70$	$60 < L \leq 65$	4	$D = 30$ m
$60 < L \leq 65$	$55 < L \leq 60$	5	$D = 10$ m

• Extrait du texte réglementaire :

Deux cas :

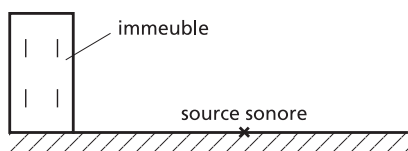
- Rue en "U"



Le tableau suivant donne la valeur de l'isolement minimal en fonction de la catégorie de l'infrastructure, pour les pièces directement exposées au bruit des transports terrestres :

CATÉGORIE	ISOLEMENT MINIMAL $D_{nT,A,tr}$ en dB
1	45 dB
2	42 dB
3	38 dB
4	35 dB
5	30 dB

- Rue en tissu ouvert



Le tableau suivant donne, par catégorie d'infrastructure, la valeur de l'isolement minimal des pièces en fonction de la distance entre le bâtiment à construire et :

- pour les infrastructures routières, le bord extérieur de la chaussée la plus proche,
- pour les infrastructures ferroviaires, le bord du rail extérieur de la voie la plus proche.

CATÉGORIE	DISTANCE (m)															
	10	15	20	25	30	40	50	65	80	100	125	160	200	250	300	
1	45	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	
2	42	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30		
3	38	38	37	36	35	34	33	32	31	30						
4	35	33	32	31	30											
5	30															

Bruits intérieurs

■ La Réglementation acoustique et Qualitel

Ce chapitre reprend les différentes exigences de la Nouvelle Réglementation Acoustique (NRA), du Label Qualitel (LQ) et du Label Qualitel Confort Acoustique (LQCA).

- **Bruits aériens intérieurs** : exigences de résultats (bâtiment collectif et maison individuelle non isolée).

NATURE DU LOCAL D'ÉMISSION ⁽¹⁾		NATURE DU LOCAL DE RÉCEPTION ET NIVEAU D'ÉVALUATION					
		Pièces principales			Cuisines et salles d'eau		
		NRA	LQ	LQCA	NRA	LQ	LQCA
Logements (pièces principales et de service, dégagements et dépendances) à l'exclusion des garages individuels		$D_{nT,A} \geq 53$		$D_{nT,A} \geq 55$ $D_{nT,A} \geq 58$ ⁽²⁾	$D_{nT,A} \geq 50$		
Circulations communes	Si porte palière ou, si porte palière et porte de distribution	$D_{nT,A} \geq 40$		$D_{nT,A} \geq 45$	$D_{nT,A} \geq 37$		
	Autres cas	$D_{nT,A} \geq 53$		$D_{nT,A} \geq 55$	$D_{nT,A} \geq 50$		
Garages collectifs ou individuels d'un logement		$D_{nT,A} \geq 55$			$D_{nT,A} \geq 52$		
Locaux d'activité		$D_{nT,A} \geq 58$			$D_{nT,A} \geq 55$		

(1) Un local à l'air libre n'est pas examiné en tant que local d'émission.

(2) L'exigence de 55 dB s'applique aux logements collectifs et celle de 58 dB aux maisons individuelles non isolées.

Les valeurs de $D_{nT,A}$ figurant dans le tableau ci-dessus correspondent à des isolements normalisés exprimés en dB, pour une durée de réverbération de référence égale à 0,5 s dans le local de réception.

- **Bruits d'impacts** : exigences de résultats (bâtiment collectif et maison individuelle non isolée).

NATURE DU LOCAL D'ÉMISSION		NIVEAU D'ÉVALUATION POUR LA PIÈCE PRINCIPALE DE RÉCEPTION		
		NRA	LQ	LQCA
Logements ⁽¹⁾	Dépendances ⁽²⁾	$L'_{nT,W} \leq 58$ dB		
	Pièces principales Pièces de service Dégagements	$L'_{nT,W} \leq 58$	$L'_{nT,W} \leq 55$	$L'_{nT,W} \leq 52$
Circulations communes ⁽³⁾				
Locaux d'activité ⁽⁴⁾				

(1) Sauf balcons et loggias non situés directement au-dessus d'une pièce principale.

(2) Sauf combles non aménagés.

(3) Sauf escaliers collectifs dans le cas où un ascenseur dessert le bâtiment.

(4) Dans le cas où, à l'émission, le local d'activité considéré est un parking, on se reporte aux mêmes exigences que celles requises pour les locaux apparaissant à la catégorie "dépendances de logements".

Les valeurs de $L'_{nT,W}$ figurant dans le tableau ci-dessus correspondent à des niveaux normalisés exprimés en dB, pour une durée de réverbération de référence égale à 0,5 s dans le local de réception.

- **Traitement acoustique des parties communes** : exigences de moyens (bâtiment collectif).

NATURE DU LOCAL D'ÉMISSION	NIVEAU D'ÉVALUATION DANS LES CIRCULATIONS COMMUNES INTÉRIEURES AU BÂTIMENT		
	NRA	LQ	LQCA
Aire d'absorption équivalente A ⁽¹⁾	$\sum A \geq 25$ % de la surface au sol des circulations correspondantes		

(1) Les halls d'entrée et circulations communes sur lesquels ne donnent ni logement ni loge de gardien, les circulations ayant une face à l'air libre, les escaliers enclouonnés et les ascenseurs, ne sont pas visés par cette exigence.

La valeur de $\sum A$ figurant dans le tableau ci-dessus correspond à la somme des aires d'absorption équivalentes de chacun des revêtements absorbants disposés dans les circulations communes intérieures au bâtiment, exprimée en m^2 .

- **Bruits d'équipements individuels intérieurs au logement examiné (chauffage, climatisation) : exigences de résultats.**

NATURE DE L'ÉQUIPEMENT APPARTENANT AU LOGEMENT EXAMINÉ	NATURE DU LOCAL DE RÉCEPTION DANS LE LOGEMENT EXAMINÉ ET TYPE DE LOGEMENT	NIVEAU D'ÉVALUATION		
		NRA	LQ	LQCA
Chauffage	Pièce principale fermée	$L_{nAT} \leq 35$		$L_{nAT} \leq 30$
	Pièce principale ouverte sur une cuisine par une baie libre	$L_{nAT} \leq 45$		$L_{nAT} \leq 30$
	Cuisine fermée	$L_{nAT} \leq 50$		
Climatisation	Pièce principale	$L_{nAT} \leq 40$		$L_{nAT} \leq 30$
	Cuisine	$L_{nAT} \leq 50$		

- **Bruits d'équipements individuels et collectifs : exigences de résultats.**

NATURE DE L'ÉQUIPEMENT	NATURE DU LOCAL DE RÉCEPTION DANS LE LOGEMENT EXAMINÉ ET NIVEAU D'ÉVALUATION					
	Pièces principales			Cuisines		
	NRA	LQ	LQCA	NRA	LQ	LQCA
Équipement individuel ⁽¹⁾	$L_{nAT} \leq 30$			$L_{nAT} \leq 35$		
Équipement collectif	$L_{nAT} \leq 30$		$L_{nAT} \leq 25$	$L_{nAT} \leq 35$		

(1) Équipement individuel situé dans un autre logement que celui examiné.

Les valeurs de L_{nAT} figurant dans les deux tableaux ci-dessus correspondent à des niveaux de pression acoustique normalisés exprimés en dB (A), pour une durée de réverbération de référence égale à 0,5 s dans le local de réception.

- **Cas particulier du séparatif léger.**

Compte tenu de l'importante influence des transmissions latérales en environnement gros œuvre béton, l'isolement réglementaire entre pièces principales séparées par une cloison en plaque de plâtre devra respecter les configurations suivantes :

- dalles béton épaisseur 20 cm mini,
- refends béton épaisseur 18 cm mini,
- façades et pignons (voir guide de choix page suivante),
- distribution en Placostil® ou Placopan®,
- séparatif SAD 180 (constitué de 5 plaques) épaisseur totale 18 cm.

Composition et mise en œuvre du séparatif :

- parement 1 : 2 Placoplatre® BA 13,
- parement 2 : 3 Placoplatre® BA 13,
- ossatures désolidarisées,
- 2 parements de laine minérale de 45 mm placés entre les montants de 48 mm,
- jonction verticale et sous plafond béton traditionnelle par bande et enduit,
- jonction en pied avec mousse sous rail et mastic acrylique en pied de parement,
- indice d'affaiblissement acoustique pondéré $R_w (C ; C_{tr}) = 67 (-3 ; -9)$ dB.

Guide de choix en façade et pignon

FAÇADE	BÉTON ARMÉ 15 CM			BÉTON ARMÉ 18 CM OU BLOCS CREUX EN BÉTON OU BRIQUES CREUSES		
	Béton armé 15 cm	Béton armé 18 cm	Blocs creux en béton ou briques creuses	Béton armé 15 cm	Béton armé 18 cm	Blocs creux en béton ou briques creuses
Doublage recommandé en façade	Doublissimo® ép. ≥ 13 + 80	Doublissimo® ép. ≥ 13 + 80	Doublissimo® ép. ≥ 13 + 80	Doublissimo® ép. ≥ 13 + 80	Doublissimo® ép. ≥ 13 + 80	Placomur® Th 38
Doublage recommandé en pignon	Doublissimo® ép. ≥ 13 + 80	Doublissimo® ép. ≥ 13 + 80	Placomur® Th 38	Doublissimo® ép. ≥ 13 + 80	Doublissimo® ép. ≥ 13 + 80	Placomur® Th 38

Réhabilitation des bâtiments d'habitation

En l'absence de texte réglementaire, on s'efforcera de respecter la réglementation des bâtiments neufs NRA (arrêtés du 30 juin 1999).

Bureaux

Les isolements doivent être définis dans les documents du marché. Dans le cas contraire, nous préconisons :

- $D_{nT,A} = 40$ dB entre bureaux,
- $D_{nT,A} = 35$ dB entre bureaux et circulation,
- $D_{nT,A} = 50$ dB pour répondre aux besoins particuliers (bureaux de direction, salles de réunion),
- $L'_{nT,w} = 70$ dB entre étages.

Etablissements d'enseignement

Texte en vigueur : Arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements d'enseignement.

Les établissements d'enseignement concernés sont :

- écoles maternelles,
- écoles élémentaires,
- collèges,
- lycées,

- établissements régionaux d'enseignement adapté,
- universités et établissements d'enseignement supérieur,
- établissements d'enseignement général, technique ou professionnel.

Ces établissements sont publics ou privés.

Cet arrêté ne concerne que les locaux à usage d'enseignement et leurs annexes. Les logements inclus dans les établissements d'enseignement restent soumis à la réglementation concernant les bâtiments à usage d'habitation, au regard de laquelle les autres locaux sont alors considérés comme des locaux d'activités.

Isolement aux bruits aériens intérieurs

Pour les établissements d'enseignement autres que les écoles maternelles et les locaux médicaux de ces établissements, les isolements principaux standardisés pondérés $D_{nT,A}$ exprimés en dB sont résumés dans le tableau ci-après, on se reportera à l'arrêté lui-même pour une présentation exhaustive.

RÉCEPTION	EMISSION					
	Locaux d'enseignement, Administration, ateliers calmes	Cage d'escalier	Circulation d'étage	Ateliers bruyants	Locaux d'activité (musique, sport, réunion, polyvalente, rassemblement, sanitaires)	Salles à manger
Tous locaux d'enseignement + Administration (sauf ateliers bruyants)	43 (40 si porte)	43	30	55	53	53
Salles à manger Salles polyvalentes	40	43	30	55	50	50

Isolement aux bruits aériens extérieurs

Lorsqu'il s'agit de trafic terrestre, les objectifs à atteindre sont ceux demandés pour les logements par l'arrêté du 30 mai 1996.

L'isolement acoustique standardisé pondéré $D_{nT,A}$ doit être supérieur à 30 dB. Pour les bruits émis par les avions, et compte tenu de ce que des établissements peuvent se situer en zone aéroportuaire (établissements techniques liés à l'aviation par exemple), les isollements $D_{nT,A}$ suivants sont exigés :

- en zone A : 47 dB
- en zone B : 40 dB
- en zone C : 35 dB

Ces isollements se réfèrent à un bruit rose.

Ateliers bruyants, salles de sports, locaux de rassemblement, cages d'escalier et circulation d'étage, sanitaires, cuisines ne sont pas à protéger des bruits de l'environnement extérieur.

Isolement aux bruits d'impacts

La valeur limite $L'_{nT,W}$ est de 60 dB.

Comme précédemment, cette valeur ne concerne pas les pièces suivantes : ateliers bruyants, salles de sports, locaux de rassemblement, cages d'escalier et circulation d'étage, sanitaires et cuisines.

Bruits des équipements

Pour les équipements à fonctionnement intermittent, les valeurs portées dans le tableau ci-après peuvent être relevées de 5 dB (A).

Valeurs limites prescrites pour les équipements :

Lieux de réception du bruit	Niveau engendré par l'équipement dont le fonctionnement est permanent L_{nAT}
Bibliothèques, CDI, locaux médicaux et salles de repos	33 dB (A)
Locaux d'enseignement, activités pratiques, administration, salles de musique, salles à manger et salles polyvalentes. Ateliers calmes	38 dB (A)

Durée de la réverbération

Les valeurs correspondent à la moyenne arithmétique des durées mesurées sur les octaves 500, 1000 et 2000Hz. Les salles sont meublées mais inoccupées.

Pour toutes les salles, sauf celles citées à la suite, la durée de la réverbération doit être telle que $0,4 < Tr \leq 0,8$ seconde.

- Pour les salles supérieures à 250 m³, excepté les ateliers bruyants, la durée de la réverbération est comprise entre $0,6 < Tr \leq 1,2$ seconde.
- Pour les salles de sports la durée de réverbération est définie dans l'arrêté relatif à la limitation du bruit dans les établissements de loisirs et de sports pris en application de l'article L111.11.1 du code de la construction et de l'habitation.
- Pour les salles de restauration d'un volume supérieur à 250 m³, le temps de réverbération est $Tr \leq 1,2$ seconde.
- Pour les ateliers bruyants il faut prévoir un traitement spécifique. Un atelier est dit bruyant lorsque son L_{eq} est supérieur à 85 dB (A).
- Pour les circulations, les halls et les autres locaux de volume supérieur à 250 m³, la durée de réverbération est $Tr \leq 1,2$ seconde. Pour les volumes supérieurs à 512 m³, le Tr est $\leq 0,153 \sqrt{v}$.

Hôpitaux

Texte en vigueur : arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements de santé.

Isolement aux bruits aériens intérieurs

L'isolement acoustique standardisé pondéré $D_{nT,A}$ exprimé en dB, entre les différents types de locaux doit être égal ou supérieur aux valeurs indiquées dans le tableaux ci-après :

RÉCEPTION	EMISSION				
	Locaux d'hébergement et de soins	salles d'examen et de consultation, bureaux, salles d'attente	Salles d'opération, d'obstétrique et salles de travail	Circulations internes	Autres locaux
Salles d'opération, d'obstétrique et salles de travail	47	47	47	32	47
Locaux d'hébergement et de soins, salles d'examen et de consultation, salles d'attente*, bureaux médicaux	42	42	47	27	42

* Hors salles d'attente des services d'urgence.

Protection vis-à-vis des bruits d'équipements

- Dans une chambre, le bruit produit par un équipement quelconque de l'hôpital ne doit pas excéder 30 dB (A).
- Dans une chambre, le bruit produit par les équipements hydrauliques et sanitaires d'une chambre voisine ne doit pas excéder 35 dB (A).
Lorsqu'il s'agit d'un équipement collectif à fonctionnement permanent, ces valeurs peuvent être réduites de 3 à 5 dB (A).
- Le bruit produit par un équipement collectif de l'hôpital ne doit pas excéder :
 - dans les bureaux médicaux et salles de consultation 35 dB (A),
 - dans les salles de soins 40 dB (A),
 - dans les salles d'opérations 40 dB (A).

Protection du voisinage

Il faut vérifier que les différents équipements de l'hôpital ne perturbent pas les immeubles voisins : pour cela on se référera à la norme NFS 31010.

Isolement aux bruits d'impacts

La valeur limite $L'_{nT,W}$ est de 60 dB.
Cette valeur ne concerne pas les locaux techniques, les cuisines, les sanitaires, les buanderies et les circulations.

Hôtels et résidences de tourisme

Selon l'Arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les hôtels, les exigences sont les suivantes :

$D_{nT,A} \geq 50$ dB entre chambres,
 $D_{nT,A} \geq 38$ dB entre couloirs et chambres,
 $L'_{nT,W} \leq 60$ dB dans les chambres,
 $L_{nAT} \leq 30$ dB (A) (équipements individuels ou collectifs),
 $L_{nAT} \leq 35$ dB (A) pour les équipements implantés dans la chambre (chauffage, climatisation).

Cinémas

Recommandations CST

L'isolement entre salles est tel qu'à la réception, on satisfait la courbe NR 27.

• Son analogique

Le bruit à l'émission est assimilé à un bruit rose de 95 dB (C).

Ce qui donne un isolement minimal de :

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000
D_{nT} (dB)	29,5	40,5	49,5	55,5	59,5	62,5	64,5

• Son numérique

Le bruit à l'émission est assimilé à un bruit rose de 100 dB (C).

Ce qui donne un isolement minimal de :

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000
D_{nT} (dB)	34,5	45,5	54,5	60,5	64,5	67,5	69,5

Discothèques

Décret 98-1143 du 15 décembre 1998 et arrêté correspondant.

Etablissements recevant du public et diffusant à titre habituel de la musique amplifiée.

- Exigence à l'intérieur de l'établissement : Le niveau de pression à l'intérieur ne doit pas dépasser 105 dB (A) et 120 dB crête.
- Exigence de protection du voisinage : Les valeurs maximales d'émergence sont de 3 dB dans chaque bande d'octave de 125 à 400 Hz.
- Exigence d'isolement pour une émission de référence de 99 dB par bande d'octave :

F (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Isolement minimal (dB)	66	75	82	86	89	91

Salles de loisirs et de sport

Recommandations de la Norme P90-207 applicable aux salles sportives réservées à la pratique de :

- la gymnastique,
- le handball,
- le tennis,
- l'athlétisme,
- le basket-ball,
- le tennis de table,
- le volley-ball,
- l'escrime.

Cette norme concerne les salles et le logement du gardien lorsqu'il est incorporé au bâtiment et concerne :

- l'isolement entre salles de sport et logement,
- l'isolement entre salles de sport,
- l'isolement vis-à-vis de l'extérieur,
- les bruits des équipements,
- les bruits de chocs au sol,
- la durée de réverbération des locaux.

- **Isolement entre salles de sport et logement**

$D_{nT,A} \leq 55$ dB (les salles de sport sont assimilées aux locaux à usage commercial, artisanal ou industriel).

- **Isolement entre salles de sport**

$D_{nT,A} \leq 29$ dB pour une durée de réverbération $T_0 = 0,14 V^{1/3}$

- **Isolement vis-à-vis de l'extérieur**

Pour le logement de service, l'exigence est celle des bâtiments d'habitation.

Pour les salles de sport, les valeurs précédentes sont à minorer de 10 dB.

- **Bruits d'équipements**

$L_{nAT} \leq 45$ dB (A)

- **Bruits des impacts sur le sol**

$L_{nAT} \leq 70$ dB (A) sur une durée de réverbération de $T_0 = 0,14 V^{1/3}$

- **Durée de réverbération moyenne**

$T_m = 0,14 V^{1/3}$

Cas particulier des piscines, patinoires, salles polyvalentes.

Bruits d'équipements L_{nAT}

≤ 30 dB (A) locaux calmes

≤ 40 dB (A) salles polyvalentes

≤ 50 dB (A) piscines patinoires

- **Piscine de volume ≤ 25000 m³**

L'intelligibilité de la parole doit être assurée.

- **Durée de réverbération dans les fréquences graves (125 et 250 Hz)**

$T_g = 0,13 V^{1/3}$

- **Durée de réverbération dans les fréquences aiguës (500 à 4000 Hz)**

$T_a = 0,13 V^{1/3}$

- **Patinoires**

$Tr < 2,5$ s

- **Salles polyvalentes (500 et 1000 Hz)**

Volume m ³	500	1000	2000	4000	8000	10000
Tr salle vide	1,00	1,15	1,30	1,35	1,50	2,00
Tr salle occupée	0,85	0,95	1,05	1,10	1,20	1,30

Conservatoires et écoles de musique

Pour ces bâtiments, une définition en dB des isolements est insuffisante. Il est nécessaire de définir les isolements par octave pour les basses fréquences, pour tenir compte du niveau sonore important généré par les instruments de musique dans cette gamme de fréquence.

Recommandations

- Entre salles de percussions et autres salles isolement minimal :

40 à 45 dB à l'octave 63 Hz,

55 à 60 dB à l'octave 125 Hz,

70 à 75 dB à l'octave 250 Hz,

ce qui correspond à un isolement global de 70 à 75 dB.

- Entre salles de musique (piano, cuivres, etc.) et autres salles isolement minimal :

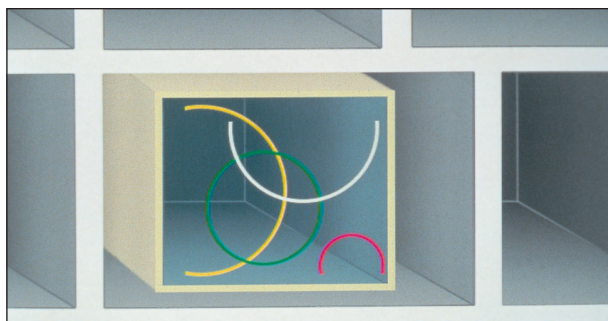
50 à 55 dB à l'octave 125 Hz,

60 à 65 dB à l'octave 250 Hz,

ce qui correspond à un isolement global de 65 à 70 dB.

- Sur circulation :

$D_{nAT} \geq 56$ dB.



Isolation acoustique : principe de "la boîte dans la boîte".

Acoustique interne

Définition

Réaliser l'acoustique interne d'un local, c'est rendre l'ambiance sonore dans ce local compatible avec les activités qui s'y déroulent. Par exemple, une salle de conférence doit permettre aux auditeurs d'écouter sans peine un orateur qui doit, lui, pouvoir parler sans forcer ou modifier sa voix.

L'acoustique d'une salle dans laquelle il est prévu d'écouter de la parole n'est pas conçue de la même façon que celle d'une salle dans laquelle on écoute de la musique. Pour rendre la parole claire et intelligible, la réverbération doit être plus faible que pour mettre en valeur la mélodie et la sonorité de la musique. De plus, pour une source de même puissance acoustique, le niveau sonore dans la salle augmente avec la durée de réverbération et diminue avec le volume du local.

Si le volume est important, il faut compenser la diminution de niveau sonore par une augmentation de la durée de réverbération.

L'image qu'on peut donner de la durée de réverbération est la durée de la traînée sonore qui se manifeste dans le local à partir du moment où une source de bruit est arrêtée. Conventionnellement, c'est le temps exprimé en secondes que met un signal sonore pour décroître de 60 dB.

Pour réduire le temps de réverbération d'un local, il est fondamental de choisir un matériau absorbant en fonction du spectre de son à atténuer.

Le temps de réverbération d'un local peut être appréhendé en appliquant la formule de SABINE :

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

Tr = durée de réverbération en secondes
 V = Volume de la salle en m³
 A = Aire d'absorption équivalente de la salle, soit $\sum \alpha S$ (définitions pages précédentes).

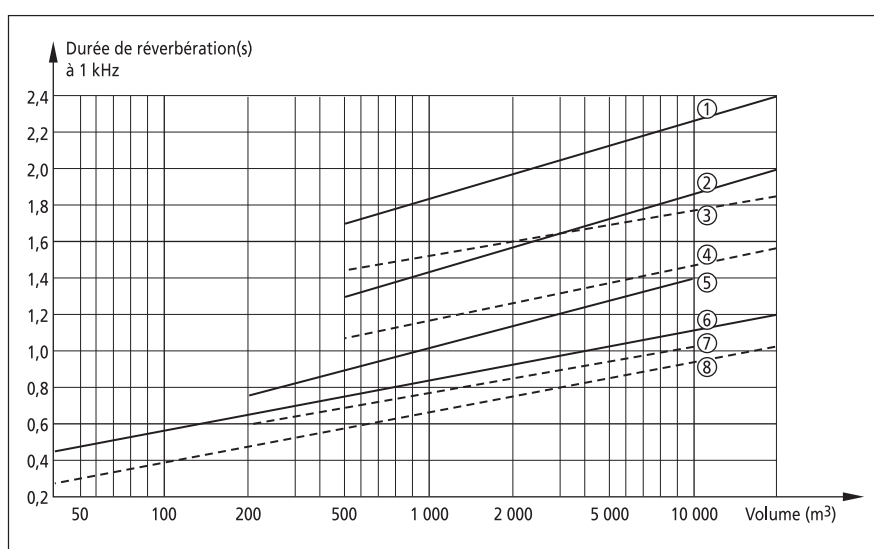
Le coefficient d'absorption α a donc une incidence directe sur la durée de réverbération des locaux. Il est mesuré en laboratoire pour les matériaux simples comme pour les systèmes.

Le coefficient α tend vers 0 pour les matériaux réfléchissants (paroi béton). Par contre, il est voisin de 1 pour les matériaux très absorbants.

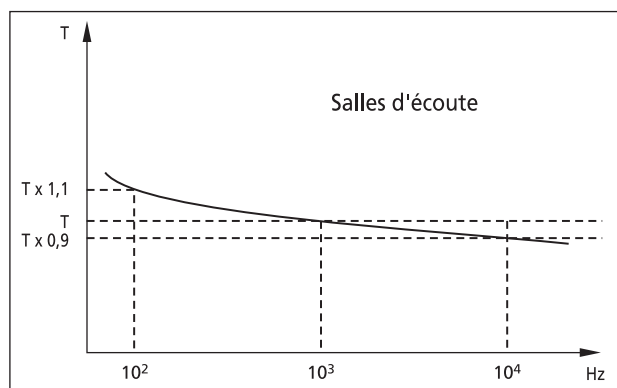
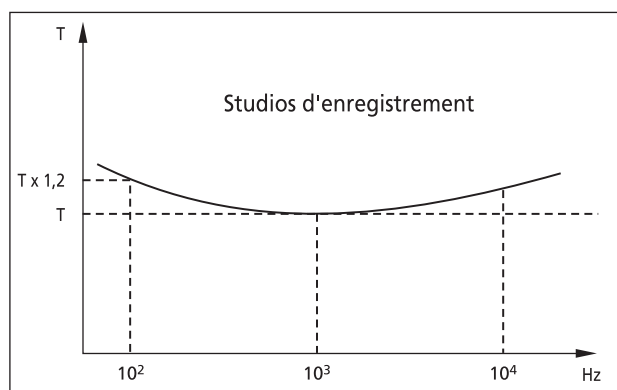
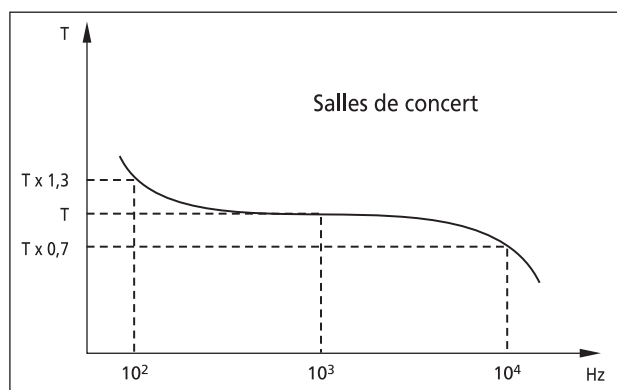
Choix du temps de réverbération

En fonction de leur destination et de leur volume, l'abaque ci-dessous donne la durée de réverbération optimale des salles, à 1 kHz.

- ① Orgue, audition directe
- ② Musique symphonique, audition directe
- ③ Orgue, enregistrement
- ④ Opéra, audition directe
- ⑤ Jazz et musique de chambre, audition directe
- ⑥ Parole, audition directe
- ⑦ Parole, enregistrement
- ⑧ Variétés, enregistrement



L'allure du spectre sonore optimal est établie en combinant le T obtenu à 1 kHz avec la courbe type de l'activité souhaitée.



Réflexion - diffusion - absorption

Une salle doit être conçue pour offrir en tout point un champ acoustique homogène : le champ réverbéré ne doit pas être décalé du champ direct de plus de 25 millisecondes (temps à partir duquel le phénomène d'écho se produit) et le champ doit venir de toutes les directions avec la même intensité.

La diffusion permet l'organisation spatiale des champs acoustiques, l'absorption permet d'en "régler" l'intimité, la vivacité et la chaleur.

La diffusion s'obtient en donnant aux plafonds et aux parois des salles une forme et une nature telles que les sons directs qu'ils reçoivent soient renvoyés vers les différents points d'écoute.

Lors de l'élaboration des formes des plafonds et des parois latérales, il convient d'éviter les formes concaves qui risqueraient de produire un renforcement exagéré des sons en certains points (focalisation). Malgré les formes judicieuses qui permettent de bénéficier au mieux des sons directs et de leurs premières réflexions, l'écoute ne peut être correcte sans intervention sur la réverbération et donc de l'absorption.

- Les panneaux fléchissants (membrane) absorbent les fréquences graves.
- Les résonateurs (ex : Helmholtz) absorbent les fréquences médium.
- Les matériaux à porosité ouverte absorbent les fréquences aiguës.

Les ouvrages Gyptone® combinent entre eux ces trois principes et permettent une absorption homogène sur l'ensemble du spectre.

Le système Placostil® associé aux plaques de plâtre de 18 mm permet la réalisation de doublages et de plafonds réflecteurs et directifs.

2011/ Cette documentation technique annule et remplace les précédentes. Assurez-vous qu'elle est toujours en vigueur. Toute utilisation ou mise en œuvre des matériaux non conforme aux règles prescrites dans ce document dégage le fabricant de toute responsabilité, notamment de sa responsabilité solidaire (art.1792-4 du code civil). Consulter préalablement nos services techniques pour toute utilisation ou mise en œuvre non préconisée. Les résultats des procès-verbaux d'essais figurant dans cette documentation technique ont été obtenus dans les conditions normalisées d'essais.

Les photos et illustrations utilisées dans cet ouvrage ne sont pas contractuelles. La reproduction, même partielle, des schémas, photos et textes de ce document est interdite sans l'autorisation de Placoplatre (Loi du 11 mars 1957).