

COLLECTION

TECHNIQUE

CIMBÉTON

B 41

BÉTON & CONFORT



CIM *béton*

CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS



Avant-propos

● *Le confort est une notion bien évidemment subjective qui place la perception de chaque individu au cœur de l'analyse. Dans la société de l'après-guerre et face à l'urgence de la reconstruction, on a longtemps raisonné de manière segmentée avec la sphère fonctionnelle, l'intérêt collectif d'un côté et tout ce qui relève du bien-être, de l'intérêt individuel, de l'autre. La recherche du confort dans les logements était dès lors considérée comme superflue, les exigences se focalisant en toute logique sur la rapidité d'exécution et l'accès à des installations sanitaires de base pour l'ensemble de la population. Le plaisir et le confort étaient alors recherchés dans des activités connexes dites de « loisir » qui ne souffraient pas le quotidien. Dans un deuxième temps, l'épanouissement personnel de chacun s'est petit à petit dépouillé de la dimension ostentatoire emblématique des trente glorieuses pour se recentrer sur la sphère intime, le « cocooning ». On a ainsi pu observer des déplacements de valeurs entre sphère collective et individuelle, le bien-être se rapprochant de plus en plus du fonctionnel, du quotidien. L'automobile nous a fourni l'un des premiers exemples de cette évolution des comportements, le confort et la sécurité supplantant progressivement la vitesse et la puissance dans le choix d'un véhicule.*

Les attentes liées au « logement » dépassent donc aujourd'hui très largement les frontières sémantiques usuelles : « habiter » c'est beaucoup plus que se « loger ». Le confort acoustique d'un bâtiment est essentiel qu'il s'agisse d'installations collectives ou individuelles, dédiées au travail ou au logement. Le bruit est à l'origine de bien des conflits de voisinage et peut provoquer une dégradation du sommeil conduisant à un excès de nervosité voire à des dépressions. L'habitat aujourd'hui doit permettre à chacun de vivre suivant son rythme sans compromettre celui du voisin.

Comme le confort hygrothermique, le confort acoustique diffère selon les personnes pour des raisons physiologiques ou psychosociologiques. Certaines personnes sont nettement plus sensibles que d'autres au bruit et plus particulièrement à des types de bruits, selon leur nature (grave ou aigu) et leur niveau.

Si le confort acoustique veut dire, en premier lieu ne pas entendre les bruits qui dérangent, il s'applique également aux bruits que l'on souhaite entendre. Nous verrons comment la compréhension des « mécanismes » de l'acoustique, la prise en compte des contraintes du lieu, en amont de la conception, permettent de répondre favorablement aux attentes des usagers avec des solutions pragmatiques pour lesquelles le matériau béton a toute sa légitimité.

Sommaire

1 - Les sons et les bruits, qu'est-ce que c'est ?	3
1. La physique des sons et les bruits	4
2. La perception des sons et des bruits	5
3. Les phénomènes physiologiques en jeu	9

2 - L'acoustique et le bâtiment	11
1. Une ambiance sonore de qualité ?	12
2. Le bruit dans le bâtiment	12
3. La réglementation acoustique	14
4. Le bâtiment exposé aux bruits	25

3 - Acoustique et thermique	29
1. Préambule	30
2. Étude de systèmes constructifs	32
2.1 - Isolation thermique par l'intérieur (ITI)	34
2.2 - Isolation thermique par l'extérieur (ITE)	40
2.3 - Isolation thermique répartie (IR)	44

Conclusion	48
-------------------	-----------

Bibliographie et sources iconographiques	48
---	-----------



Chapitre

1

Les sons et les bruits, qu'est-ce que c'est ?

- 1. La physique des sons et les bruits**
- 2. La perception des sons et des bruits**
- 3. Les phénomènes physiologiques en jeu**

1. La physique des sons et les bruits

Un son est une vibration de l'air, elle-même engendrée par la vibration d'un corps solide. L'onde ainsi créée se propage dans l'espace et rencontre des obstacles qui vont la modifier, la dévier, l'amplifier voire l'absorber.

Un son est caractérisé par son **intensité** et sa **fréquence**. Dans la pratique, on rencontre très peu de sons purs (c'est-à-dire une seule fréquence) mais plutôt des sons complexes, qui résultent de la superposition d'un grand nombre de sons purs. Si les sons purs sont répartis en fréquences suivant une série harmonique, leur superposition donne un son « harmonique », à caractère musical. Si la superposition de sons purs donne un phénomène acoustique aléatoire, où l'on ne peut distinguer de fréquences, on est alors en présence de bruit.

Quelle que soit sa nature, pur, harmonique ou aléatoire, un son peut être utile, neutre ou dérangeant, voire dangereux pour l'oreille. La vibration de l'air se propage de proche en proche, de la source jusqu'au récepteur. On peut distinguer :

- La propagation à l'extérieur, loin de tout obstacle, dite « en champ libre ».
- La propagation à l'intérieur d'un volume, dite « en champ réverbéré », due à la superposition de toutes les ondes réfléchies par les parois.
- La transmission à travers un élément particulier, par exemple une paroi, et l'atténuation de l'onde au cours de cette traversée.

Dans le bâtiment, le bruit, dont nous sommes les victimes, est donc un mélange confus de sons, qui se transmet par tout support existant. Il se propage via les corps durs : un mur, une cloison, un plancher pour les bruits d'impacts et les trépidations et grâce à l'air pour les bruits aériens.

- **Bruits aériens** : en acoustique, ce terme ne désigne pas le bruit des avions mais les bruits engendrés qui se propagent dans l'air tels que les bruits de voix, télévision, chaîne hi-fi, circulation routière, par opposition aux bruits solidiens.
- **Bruits solidiens** : bruits qui sont engendrés et se propagent dans les milieux solides, avant d'être transmis à l'air. Les bruits solidiens comprennent par exemple les bruits d'impacts transmis par une paroi mise en vibration par un choc : bruits de pas, déplacements de meubles, chutes d'objet, etc. Sont concernés également les bruits d'équipement qui proviennent des vibrations transmises à la structure du bâtiment par les chaufferies, les ascenseurs...

Tous ces bruits, aériens, solidiens ou d'impacts, se propagent non seulement verticalement entre deux pièces superposées, mais encore latéralement entre deux locaux situés au même niveau ou diagonalement entre deux locaux superposés ou décalés.

2. La perception des sons et des bruits

La sonie, sensation de force sonore (ou de volume), dépend de l'intensité et de la fréquence des sons perçus.

L'intensité

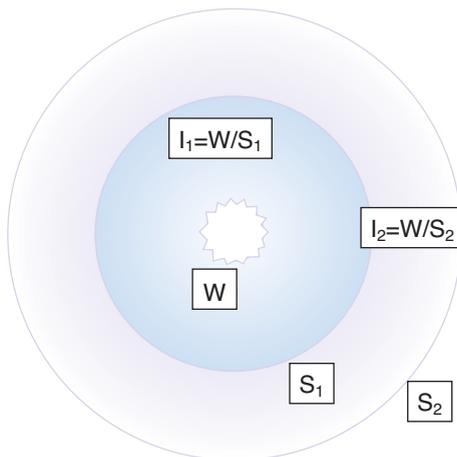
L'intensité acoustique est égale au flux de puissance acoustique traversant l'unité de surface entourant le point d'écoute :

$$\text{avec : } I = W/S$$

I : intensité acoustique reçue au point d'écoute en W/m^2 .

W : puissance acoustique traversant la surface S en Watt.

S : surface entourant le point d'écoute, et traversée par la puissance W , en m^2 .



1 - Intensité : schéma de principe.

Plus on s'éloigne d'une source, plus la surface de l'onde (traversée par la même puissance acoustique émise par la source) grandit, et plus l'intensité reçue diminue.

Plus l'intensité acoustique augmente (ou diminue), et plus la sensation de force sonore augmente (ou diminue). Pour exprimer la sensation de force sonore engendrée par l'ensemble des intensités de sons possibles, on utilise une échelle logarithmique : le décibel (dB). L'oreille humaine perçoit des sons de 0 dB (seuil d'audibilité) à 120 dB (seuil de douleur).

L'échelle logarithmique des dB est conçue de telle manière que la plus petite variation de bruit perceptible corresponde à une variation de 1dB. Ainsi, 1dB correspond au seuil de perception différentielle, et correspond à une augmentation d'intensité acoustique de 25%.

L'échelle logarithmique ainsi construite est telle que, lorsqu'une source sonore est multipliée par 2, le niveau est augmenté de 3 dB. D'une manière générale :

- Le seuil 0 dB correspond à l'intensité $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$.
- Une augmentation de 1 dB (seuil de perception différentielle) correspond à une multiplication de l'intensité par 1,25.
- Une augmentation de 2 dB correspond à une multiplication de l'intensité par $1,25 \times 1,25 = 1,6$.
- Une augmentation de 3 dB correspond à une multiplication de l'intensité par $1,25 \times 1,25 \times 1,25 = 2$.
- Une augmentation de 10 dB correspond à une multiplication de l'intensité par $(1,25)^{10} = 10$.
- Une augmentation de 20 dB correspond à une multiplication de l'intensité par $(1,25)^{20} = 10^2 = 100$.
- Une augmentation de 60 dB correspond à une multiplication de l'intensité par $(1,25)^{60} = 10^6 = 1\ 000\ 000$.

Ainsi par exemple, deux conversations identiques et simultanées, dont le niveau sonore est de 50 dB, ne donneront pas 100 dB, mais 53 dB.

De même, il faudrait diviser par 10 le trafic automobile pour réduire de 10 dB le niveau sonore d'une rue, à condition que la vitesse des véhicules reste la même.

Enfin, retenons que pour obtenir un isolement de 60 dB entre deux espaces, il faut diviser par 1 000 000 la puissance acoustique incidente sur la paroi de séparation. Dans ces conditions, un trou d'une surface de $1/1\ 000\ 000^e$ de la surface de la paroi laissera passer autant de bruit que la paroi elle-même.

Remarque :

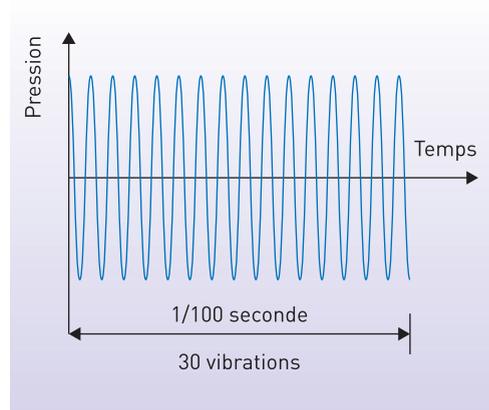
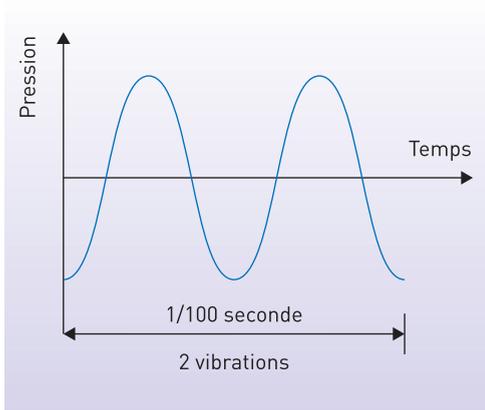
La sensibilité de l'oreille n'est, en réalité, pas la même si l'on se trouve dans un milieu bruyant ou dans un milieu calme : l'écoute de nuit est différente de l'écoute de jour. Le seuil de perception différentielle dépend du niveau sonore. Au-delà de 40 dB, ce seuil est égal, comme on l'a indiqué, à 1 dB. En dessous de 40 dB, on perçoit beaucoup mieux les variations de bruit.

La fréquence

La fréquence est le nombre de fois qu'une grandeur périodique se reproduit identiquement à elle-même en une seconde (c'est l'inverse de la période).

La fréquence du son permet de distinguer les sons graves des sons aigus. Elle se mesure en Hertz (Hz). A cette notion physique correspond la notion physiologique de hauteur du son : plus un son est haut plus il est aigu. L'oreille humaine perçoit des sons dont les fréquences varient entre 16 et 20 000 Hz :

- De 16 à 200 Hz ce sont les basses fréquences, domaine des bourdonnements et des vrombissements, les fréquences graves sont omniprésentes dans notre environnement, mais l'oreille humaine les perçoit mal.
- De 200 à 2 000 Hz, les fréquences médiums, ce sont les fréquences usuelles de la parole et de la musique, on les perçoit très bien.
- De 2000 à 20 000 Hz, ce sont les fréquences aiguës, correspondant aux chuintements.



Exemple :

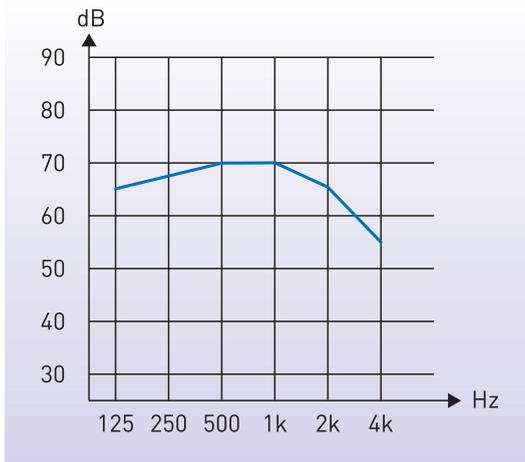
$$f = 2 / (1/100) = 200 \text{ Hz}$$

$$f = 30 / (1/100) = 3000 \text{ Hz}$$

2 - Fréquence : schéma de principe.

Comme nous avons pu le définir, un bruit est un mélange de sons. On ne mesure pas un bruit fréquence par fréquence mais par bande de fréquence. On représente alors un bruit par son **spectre**, c'est-à-dire la courbe qui représente le niveau sonore en décibel (dB) pour chaque bande de fréquence en Hertz (Hz).

Remarque : dans le bâtiment on ne retient que 6 groupes de fréquences. Ces 6 groupes sont les bandes de fréquences d'octave* centrées sur 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz et 4 000 Hz.



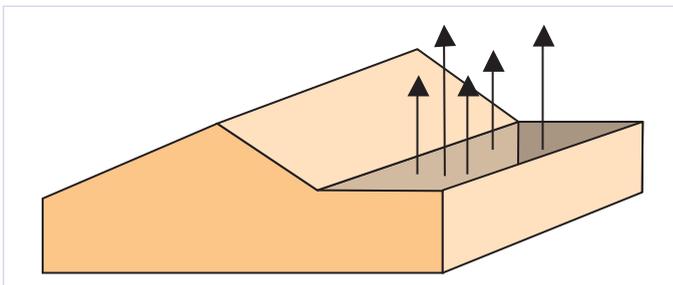
3 - Exemple de spectre représentant la voix humaine.

Les bruits émergents

L'émergence est définie par la différence entre le niveau de bruit résiduel correspondant à l'ensemble des bruits habituels et celui du bruit ambiant comportant le bruit particulier en cause.

L'activité ainsi que le fonctionnement des équipements d'un bâtiment sont susceptibles de provoquer une émergence de bruit vers le voisinage. Sur le plan réglementaire, les valeurs admises de l'émergence sont calculées à partir des valeurs de 5 dB(A) en période diurne (7h - 22h) et de 3 dB(A) en période nocturne (22h - 7h). Une correction s'applique à ces valeurs en fonction de la durée cumulée d'apparition du bruit particulier.

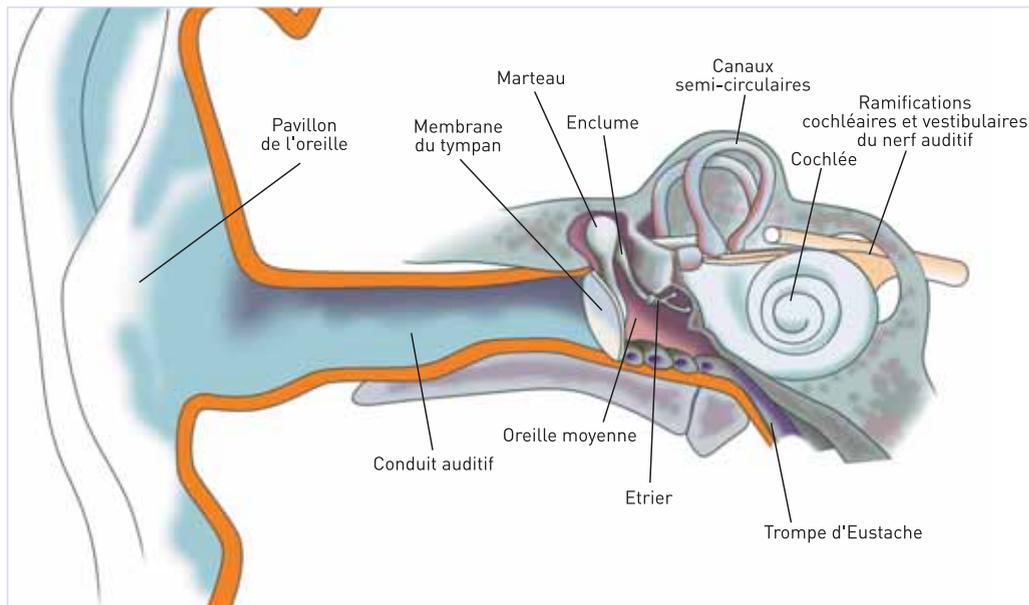
Tant sur le plan technique (choix des équipements) que sur le plan architectural des dispositions doivent être prises pour limiter les nuisances vers le voisinage.



4 - Dans cet exemple les nuisances sont contenues dans une aire fermée.

* Une octave en acoustique (ou électronique) désigne un doublement de fréquence.

3. Les phénomènes physiologiques en jeu



5 - Coupe schématique de l'oreille.

Focus : fonctionnement de l'oreille

- 1 • Les ondes sonores pénètrent dans le conduit auditif et mettent en vibration le tympan.
- 2 • Les vibrations sont transmises par la chaîne des osselets jusqu'à l'oreille interne.
- 3 • Les cellules ciliées sensorielles transforment ces vibrations en influx nerveux, à l'origine de la sensation sonore.
- 4 • Les cellules ciliées motrices permettent de contrôler les vibrations, et ainsi de favoriser la perception de ce que l'on veut entendre.
- 5 • L'audition est active et suppose un apprentissage (comme la vue).

L'oreille humaine est sensible à des pressions de $0,00002 \text{ Pa}^*$ (seuil de l'audition), jusqu'à 20 Pa (seuil de la douleur). L'oreille perçoit les sons dont la fréquence varie de 20 Hz (sons graves) à $20\,000 \text{ Hz}$ (sons aigus), elle est moins sensible aux sons graves et aux sons très aigus, qu'aux sons médiums.

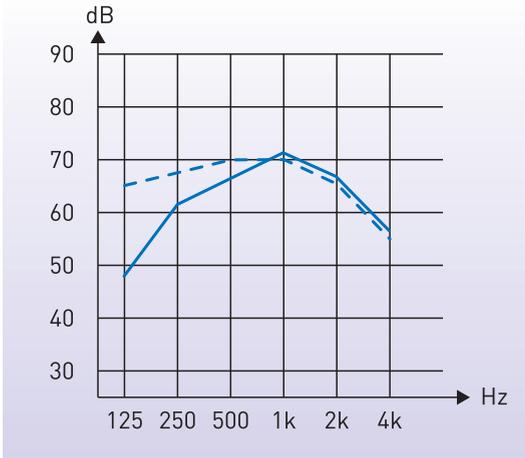
Pour tenir compte de cette sensibilité de l'oreille en fonction des fréquences, les niveaux sont corrigés (ou « pondérés ») en fonction des fréquences. On obtient alors un niveau de

*Pa = Pascal, mesure de pression (1 Newton par m^2)

Chapitre 1 • Les sons et les bruits, qu'est-ce que c'est ?

bruit global en dB(A).

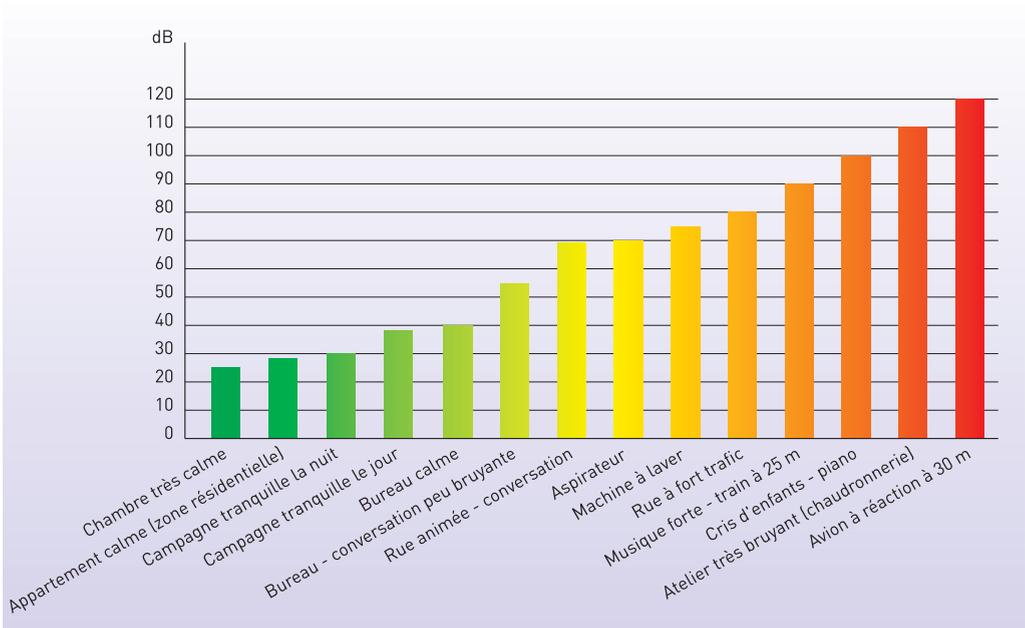
Le dB(A) est à utiliser avec prudence car deux bruits peuvent avoir le même niveau exprimé en dB(A) tout en ayant des spectres totalement différents et l'un peut être plus gênant que l'autre.



6 - Spectre de la voix humaine (trait pointillé)

corrigée de la pondération (A) (trait continu).

Le bruit décroît avec la distance. En champ libre, c'est-à-dire à l'extérieur, en l'absence de parois, et pour une source ponctuelle, le niveau sonore décroît de 6 dB chaque fois que la distance par rapport à la source est doublée. Ainsi, si à 10 m d'une source de bruit le niveau de pression acoustique est de 70 dB, à 20 m il sera de 64 dB et ainsi de suite...



7 - Exemples de niveaux de bruit (en dB(A)).



Chapitre

2

L'acoustique et le bâtiment

- 1. Une ambiance sonore de qualité ?**
- 2. Le bruit dans le bâtiment**
- 3. La réglementation acoustique**
- 4. Le bâtiment exposé aux bruits**

1. Une ambiance sonore de qualité ?

Une ambiance sonore est dite de qualité si :

- Elle n'est pas dangereuse pour l'oreille. Au-delà d'une certaine quantité de bruit (intensité x durée) les cellules ciliées sont détruites irrémédiablement, ce qui conduit à la surdité.
- Elle permet de percevoir facilement les sons ou bruits utiles et désirés.
- Elle permet de ne pas être dérangé par des sons ou bruits inutiles et non désirés.

A l'intérieur d'une pièce, on obtient une ambiance sonore de qualité lorsque :

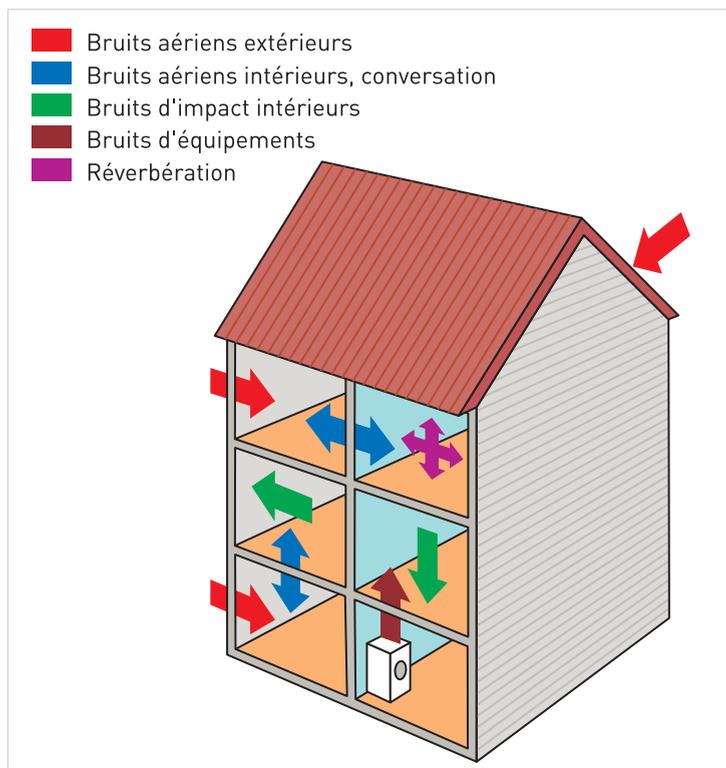
- La réverbération est maîtrisée, de sorte que les sons utiles et désirés (habituellement produits dans la pièce) puissent se propager correctement, avec suffisamment d'intensité et sans déformation pour être facilement perçus.
- Les occupants sont protégés des bruits (habituellement inutiles et dérangeants) en provenance de l'espace extérieur au bâtiment (route, train, avion, usine, jeux...), des autres pièces du bâtiment (bruits d'origine aérienne ou solidienne) ou des équipements (chauffage, ventilation, ascenseur, robinets...).

2. Le bruit dans le bâtiment

Les réglementations acoustiques dans le bâtiment visent à obtenir une ambiance sonore de qualité et imposent une maîtrise des seuils à respecter pour :

- La réverbération des locaux.
- L'isolement aux bruits aériens et aux bruits d'impact entre pièces.
- L'isolement de l'enveloppe vis-à-vis des bruits de l'espace extérieur.
- Le bruit des équipements techniques.

Pour ces derniers, on observe habituellement que les équipements dont on a l'usage sont ressentis comme moins gênants que les équipements individuels exclusivement utilisés par les voisins. Les exigences réglementaires concernant le bruit des équipements en tiennent compte.



8 - Schéma de principe des différents types de bruits dans les bâtiments.

I Association entre bruits et mesures :

- **Bruit aérien extérieur** : bruit créé par le trafic routier, ferroviaire ou aérien (mesures d'isolement des façades par rapport à un bruit route).
- **Bruit aérien intérieur** : bruit créé par les conversations, la télévision (mesures d'isolement entre locaux par rapport à un bruit rose).
- **Bruit d'impacts (ou de chocs)** : bruit créé par le déplacement des personnes, des meubles ou la chute d'objets (mesure du niveau de bruit de chocs reçu avec une machine à chocs normalisée).
- **Bruit d'équipement** : bruit créé par les ascenseurs, la robinetterie, la VMC... (mesure du niveau de bruit d'équipement en fonctionnement normal).
- **Réverbération** : effet de résonance d'un local (mesure de la durée de réverbération).

Focus : bruit rose, bruit route ?

- **Bruit rose** : bruit de référence, présentant un niveau identique pour chaque bande d'octave. Ce bruit est utilisé pour les mesures d'isolement acoustique aux bruits aériens intérieurs, ainsi que pour les isolements vis-à-vis des bruits de trafic aérien.
- **Bruit route** : bruit de référence, présentant un spectre plus élevé en basses fréquences, correspondant au spectre d'un trafic routier comportant une répartition standard de véhicules légers et de poids lourds. Ce bruit est utilisé pour les mesures d'isolement de façades.

3. La réglementation acoustique

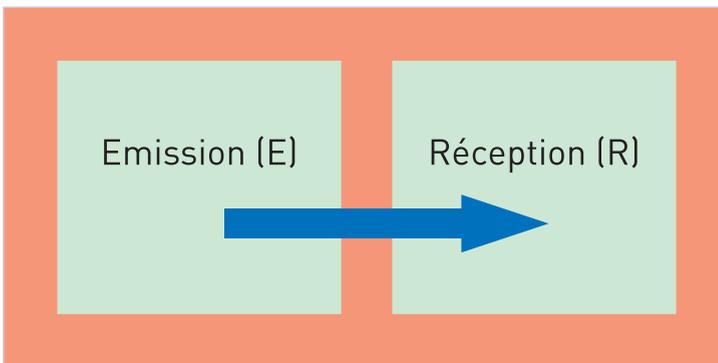
La réglementation acoustique des bâtiments d'habitation a déjà évolué en 1994 et 1995 et ces textes sont appliqués depuis janvier 1996. La normalisation européenne doit maintenant être utilisée pour calculer les indices uniques d'évaluation de la performance acoustique des produits et des ouvrages, respectivement pour les bruits aériens, intérieurs ou extérieurs, et pour les bruits de choc.

Les nouveaux textes réglementaires en application pour les bâtiments d'habitation sont :

- L'arrêté du 30 mai 1996 relatif à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit, dont la révision est prévue pour la fin de l'année 2007.
- L'arrêté du 30 juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation.
- L'arrêté du 30 juin 1999 relatif aux modalités d'application de la réglementation acoustique.

De nombreux autres textes sont applicables à d'autres ouvrages que le bâtiment d'habitation, comme par exemple, l'arrêté du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit dans les bâtiments d'enseignement.

3.1 - Indices d'évaluation des bâtiments (in situ)



$$D_{nT} = L_E - L_R + 10 \log T_r / 0,5$$

avec : D_{nT} = Isolement (D) normalisé (ou standardisé) (N) par rapport à la durée de réverbération ($T = 0,5$ s).

L_E = Niveau (L) à l'émission (E).

L_R = Niveau (L) à la réception (R).

T_r = Durée de réverbération du local de réception en secondes.

$$L_{nT} = L_n - 10 \log T_r / 0,5$$

avec : L_{nT} = Niveau reçu (en provenance d'un équipement) normalisé (ou standardisé) à la durée de réverbération ($T = 0,5$ s).

L_n = Niveau reçu (en provenance d'un équipement).

T_r = Durée de réverbération du local de réception en secondes.

Les valeurs sont exprimées en dB. Quant on rajoute l'indice « A » cela signifie qu'on a utilisé la courbe de pondération (A) pour l'évaluation des niveaux. L'indice « W » signifie qu'on utilise un gabarit « W » pour l'évaluation.

Attention à la confusion entre les anciens indices français et les nouveaux indices européens :

- Des anciens indices, on disait qu'ils étaient « normalisés » avec pour notation « D_{nAT} », les nouveaux sont « standardisés » avec pour notation « $D_{nT,A}$ »
- Quand un indice peut être mesuré en laboratoire ou in situ, l'usage du « ' » signifie qu'il s'agit de la valeur mesurée in situ.

Pour les bâtiments d'habitation les valeurs réglementaires sont les suivantes			
Bruits aériens intérieurs (Article 2)	Bruits de chocs (Article 4)	Bruits d'équipement (Articles 5 et 6)	Bruits aériens extérieurs (Articles 5 et 6)
Entre 2 pièces principales $D_{nT,A} \geq 53$ dB	$L'_{nT,w} \leq 58$ dB	En pièce principale $L_{nAT} \leq 30$ dB(A)	$D_{nAT} \geq 30$ dB

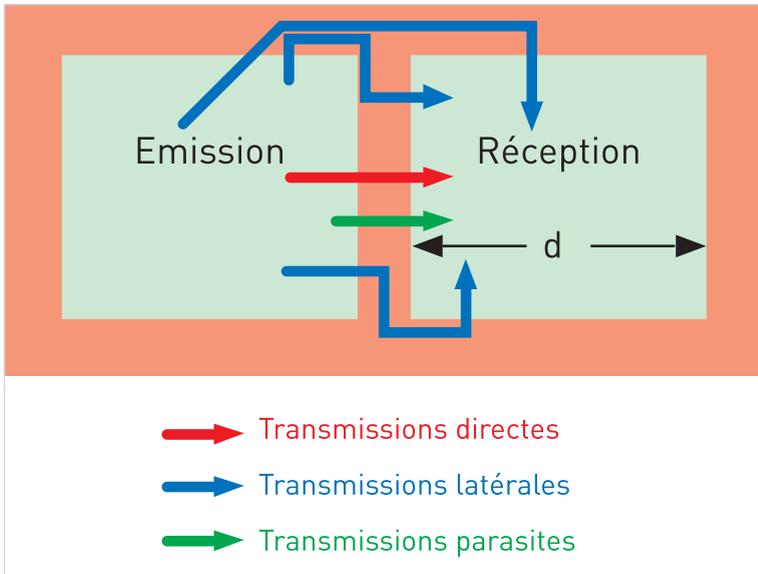
Avec :

- $D_{nT,A}$: Isolement acoustique standardisé pondéré (A) pour les bruits aériens, exprimé en dB.
- D_{nAT} : Isolement acoustique normalisé pondéré (A) pour les bruits aériens, exprimé en dB(A), en attendant la révision de l'arrêté du 30 mai 1996.
- $L'_{nT,w}$: Niveau de pression pondéré « W » des bruits de choc, standardisé, exprimé en dB.
- L_{nAT} : Niveau de pression pondéré des bruits de choc, standardisé, exprimé en dB(A).

3.2 - Les différentes voies de transmission du bruit

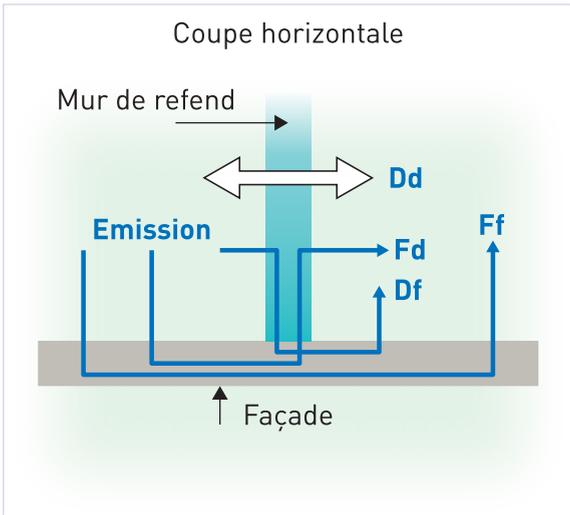
Trois types de transmission sont à prendre en compte :

- Transmissions directes (TD) : par les parois opaques (façade, séparatif, toiture et plancher) et les baies.
- Transmissions latérales (TL) : par les parois liées à la façade, à la paroi séparative, à la terrasse ou au plancher.
- Transmissions parasites (TP) : par certains points singuliers (gaines techniques, VMC, entrées d'air, coffres de volets roulants, défauts d'exécution...).



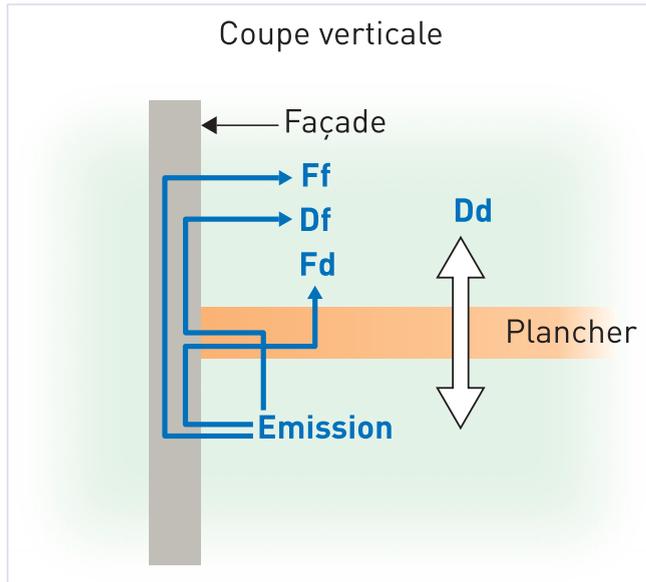
9 - Voies de transmission du bruit dans le bâtiment.

Transmission entre deux locaux adjacents

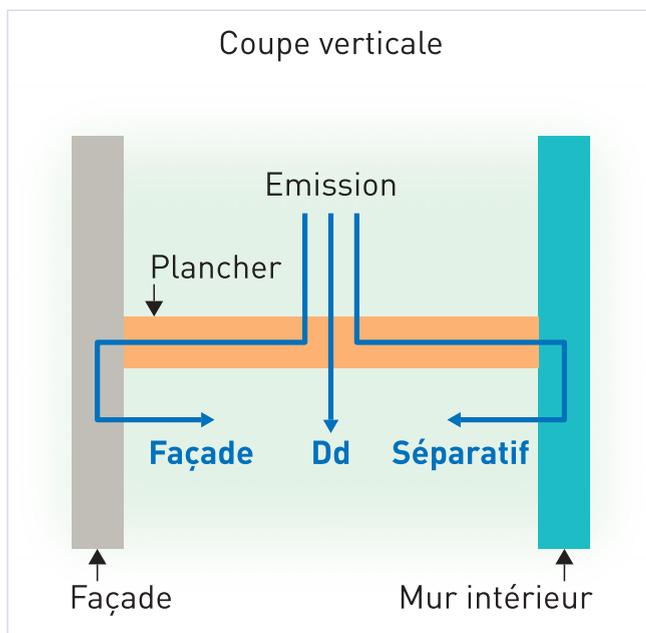


10 - Voies de transmission du bruit entre deux locaux adjacents.

I Entre deux locaux superposés



11 - Voies de transmission du bruit entre deux locaux superposés.

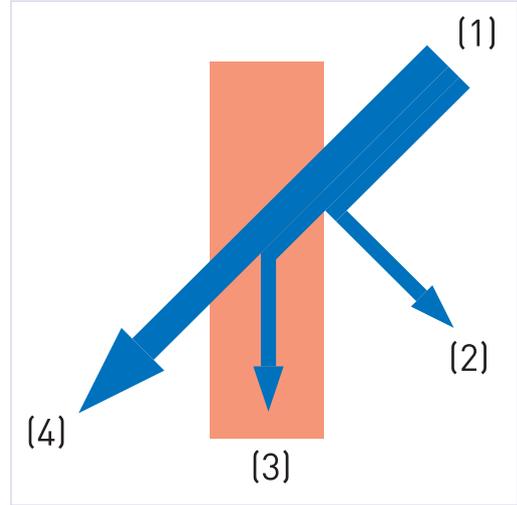


12 - Voies de transmission des bruits de choc.

Ne pas confondre isolation acoustique et absorption acoustique

Une onde sonore (1) rencontrant une paroi est en partie :

- Réfléchi(e) (2)
- Absorbée (3)
- Transmise (4)



13 - Onde sonore traversant une paroi.

L'isolation est l'ensemble des procédés mis en œuvre pour réduire le niveau sonore dans le local contigu au local d'émission.

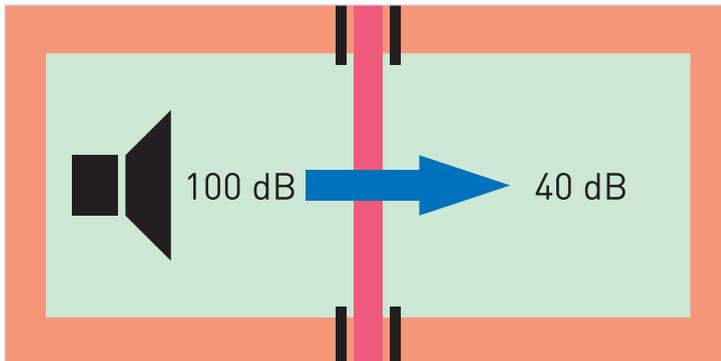
Un matériau absorbant augmente la partie absorbée et réduit la partie réfléchi(e) du bruit dans le local où il est placé. Ce type de matériau n'a pratiquement aucune influence sur la partie transmise. L'absorption ne permet donc pas l'isolation de manière décisive.

Ne pas confondre indice d'affaiblissement et isolement

L'indice d'affaiblissement acoustique, noté R, caractérise la qualité acoustique d'un élément de construction (paroi, fenêtre, porte...). Il est mesuré en laboratoire pour s'affranchir des transmissions du bruit par les parois latérales.

Par exemple, en laboratoire :

Émission de 100 dB, réception de 40 dB : indice d'affaiblissement $R = 60$ dB (cf. schéma 14).

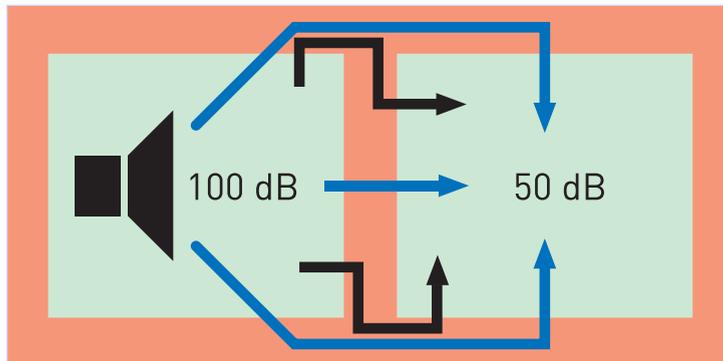


14 - Principe de l'indice d'affaiblissement.

L'isolement, noté D, représente la valeur de l'isolation entre deux locaux ou entre l'extérieur et un local. Il est mesuré sur place en émettant un bruit de niveau élevé dans un local dit « d'émission » et en mesurant, à l'aide d'un sonomètre, les niveaux de bruit dans ce local et dans un local voisin dit « de réception ».

Par exemple :

Emission de 100 dB, réception de 50 dB : isolement D = 50 dB (cf. schéma 15).



15 - Principe de l'isolement.

Remarque : l'isolement entre locaux est égal à l'indice d'affaiblissement R de la paroi séparatrice, diminué des transmissions latérales (a) :

$$D = R - a$$

Ce point est primordial, car les transmissions latérales sont en règle générale prépondérantes. C'est pourquoi, pour déterminer un isolement « horizontal », on doit se préoccuper des partis-pris constructifs « verticaux » et réciproquement.

Il faut faire la différence entre isolement brut et isolement normalisé :

L'isolement brut est la différence entre le niveau de bruit (L_1) dans un local d'émission et le niveau (L_2) dans un local de réception :

$$D = L_1 - L_2$$

Mais le niveau L_2 dans le local de réception (et donc l'isolement brut) dépend de la durée de réverbération du local de réception. Celle-ci varie, suivant que la pièce soit vide ou meublée, et en fonction de l'ameublement lui-même. C'est pourquoi les valeurs d'isolement contractuelles ou réglementaires, sont exprimées en valeurs normalisées, permettant de s'affranchir de la durée réelle de réverbération.

L'isolement normalisé est l'isolement brut corrigé en fonction de la durée de réverbération réelle (T) mesurée dans le local de réception et une durée de réverbération de référence (T₀) :

$$D_{nT} = D + \text{Log } T/T_0$$

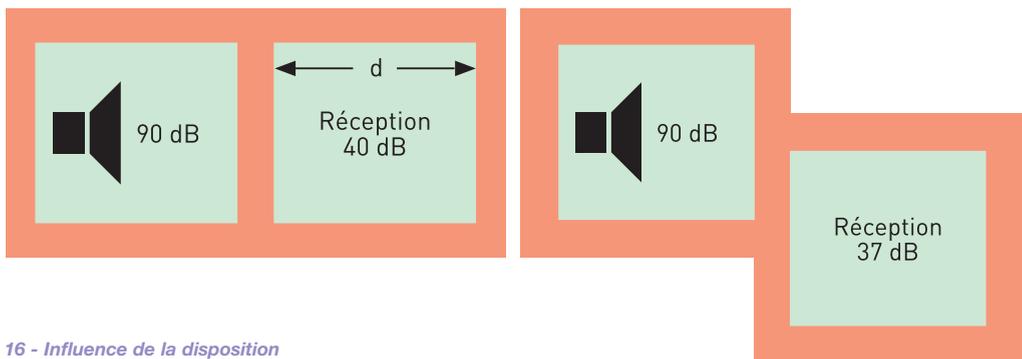
Quelques exemples pour T₀ :

- Bâtiments d'habitation, santé, hôtels et enseignement : T₀ = 0.5 seconde.
- Salle de sports de volume supérieur à 512 m³ : T₀ = 0.14 V^{1/3} (avec V le volume de la pièce).

En l'absence de prescriptions réglementaires :

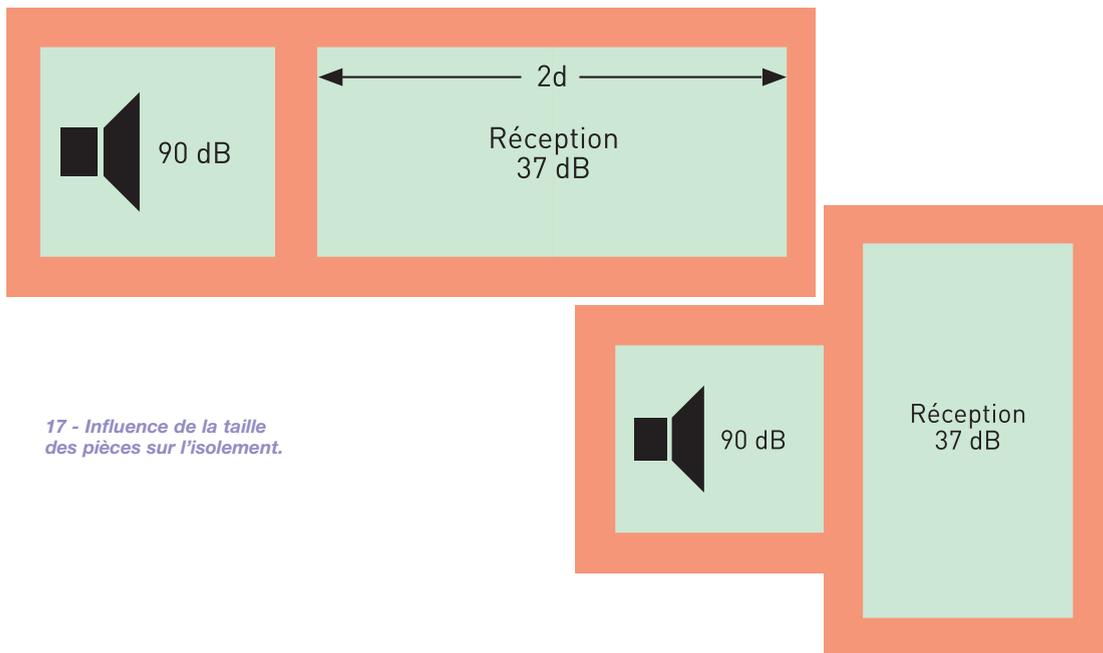
- Pour V < 50 m³ : T₀ = 0,5 seconde.
- Pour V > 50 m³ : T₀ = t₀ .V/ V₀ (avec t₀ = 1 seconde et V₀ = 100 m³).

La surface de la paroi séparative et le volume du local de réception ont une influence sur l'isolement entre locaux. Par exemple si la surface commune à deux locaux est divisée par deux, l'isolement est amélioré de 2 à 3 dB(A).



16 - Influence de la disposition des pièces sur l'isolement.

De même, le fait d'augmenter le volume du local de réception améliore l'isolement, par contre augmenter le volume du local d'émission ne modifie pas l'isolement (dans ce cas l'isolement sera différent suivant le sens de la mesure).



17 - Influence de la taille des pièces sur l'isolement.

Ainsi, quand on étudie l'isolement acoustique entre deux pièces, on doit distinguer l'isolement horizontal et l'isolement vertical et on ne peut se contenter de l'étude d'une cellule type.

Une attention particulière doit être portée aux locaux de faible profondeur et aux locaux situés en angle (les surfaces de façade et de pignon s'additionnant).

I Transmission au travers des parois simples

Loi de masse :

Les parois simples sont constituées d'un seul matériau (béton, carreau de plâtre, bloc béton, brique). Leur indice d'affaiblissement R n'est, en première approximation, fonction que de leur masse surfacique (en kg/m^2) et de la fréquence.

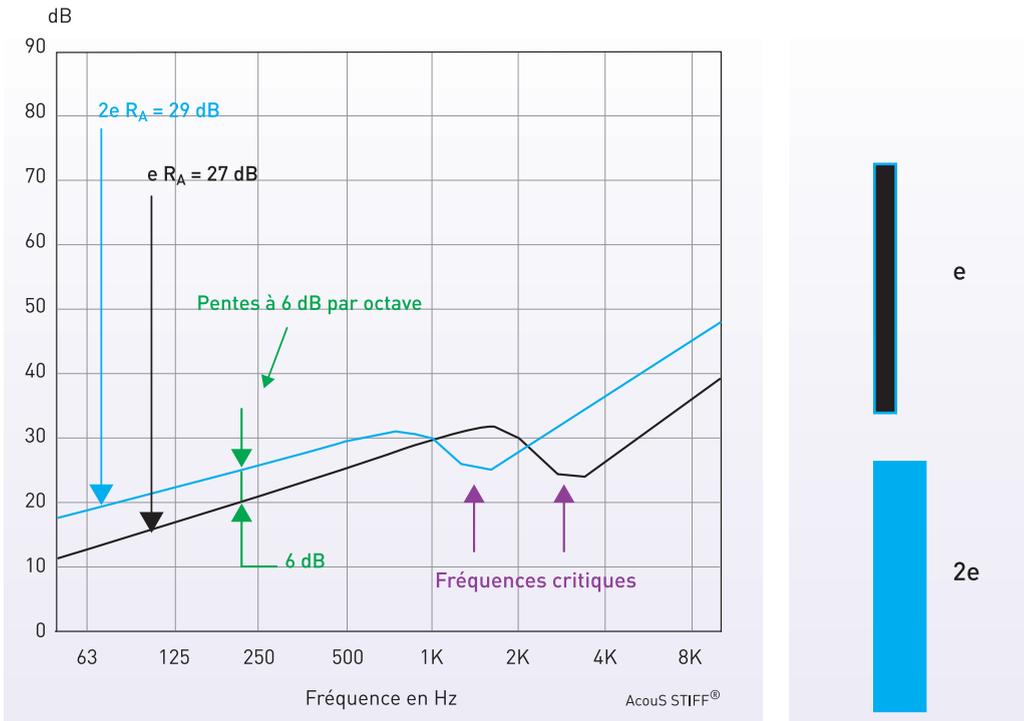
On observe une croissance régulière de l'indice R avec la fréquence, à raison de 6 dB par octave*. La loi masse théorique montre que R augmente de 6 dB(A) à chaque fois que l'on double la masse surfacique de la paroi.

Fréquence critique :

En fait, l'indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi simple dépend aussi de sa rigidité à la flexion. Celle-ci introduit une chute d'isolement à une fréquence, dite critique.

Plus la paroi est rigide, plus la fréquence critique est basse. Plus elle est souple, et plus la fréquence critique est élevée.

* Une octave en acoustique (ou électronique) désigne un doublement de fréquence.



18 - Principe de la fréquence critique.

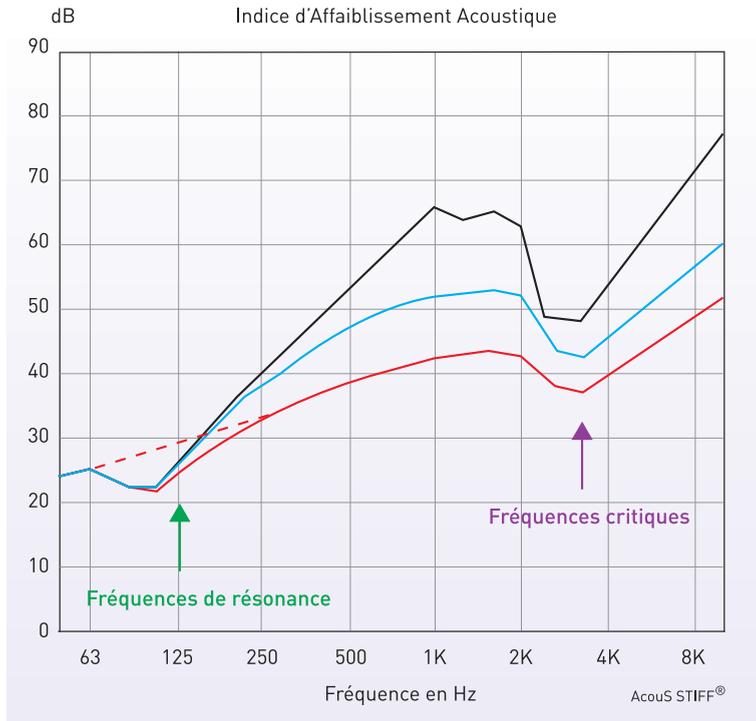
Transmission au travers des parois doubles

Les parois doubles sont constituées de deux parois simples séparées par une lame d'air. Cette lame d'air peut être comblée avec un matériau. L'indice d'affaiblissement acoustique R de ces parois est fonction des caractéristiques suivantes :

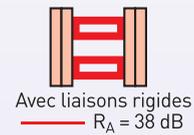
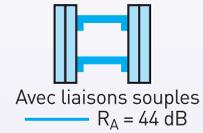
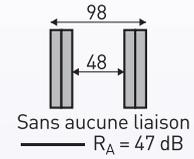
- La masse de chaque parement.
- L'épaisseur de la lame d'air.
- L'épaisseur et la nature du matériau dans la lame d'air.
- La fréquence critique de chaque parement.
- Le type de liaisons (ponctuelles, linéiques, surfaciques), leur nombre et leur nature (rigides, souples...).

Pour une paroi double, l'indice d'affaiblissement acoustique R atteint son minimum aux environs d'une fréquence appelée fréquence de résonance (f_0) et croît rapidement au-delà de cette fréquence, à condition que les liaisons soient faibles. Il sera donc conseillé de :

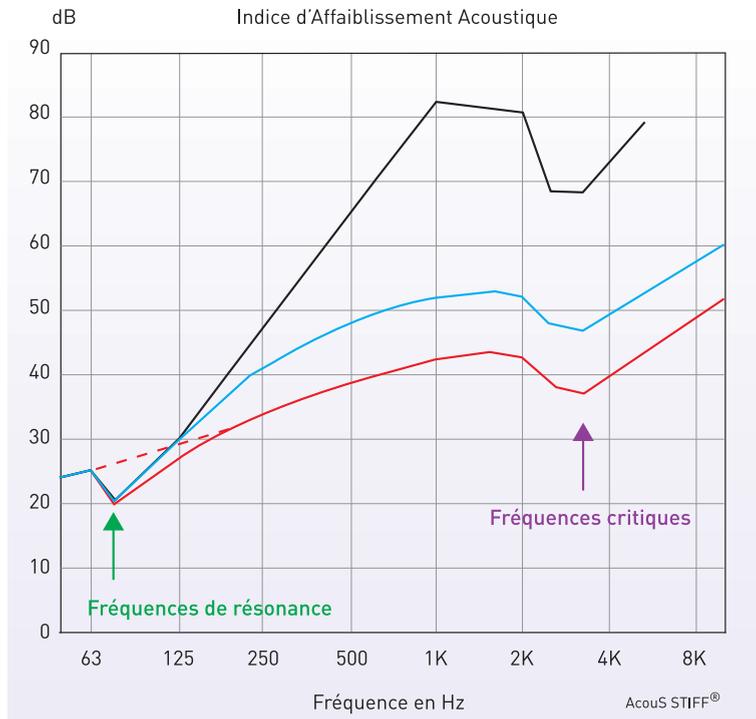
- Maintenir f_0 dans les fréquences les plus basses, c'est-à-dire en dehors de la gamme de fréquence usuelles.
- Limiter les liaisons entre parements.



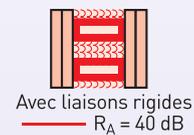
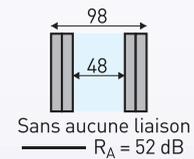
Cloison en plaques de plâtre (4 plaques BA13) avec lame d'air sans laine minérale



19 - Principe de la paroi double sans laine de verre.

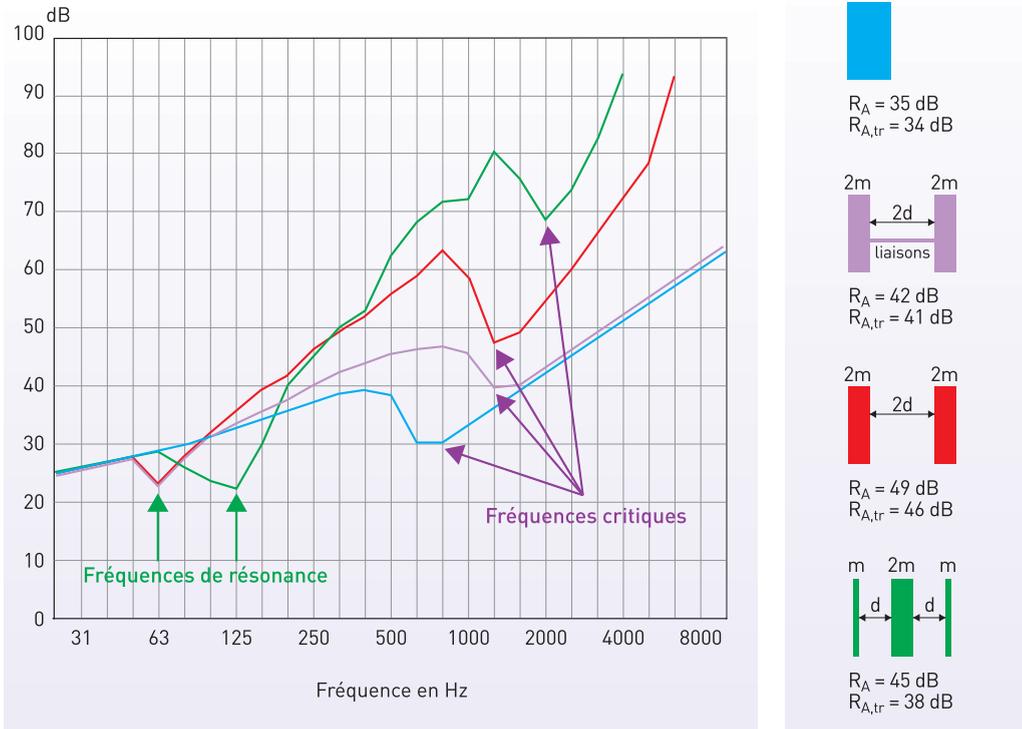


Cloison en plaques de plâtre (4 plaques BA13) avec lame d'air et laine minérale



20 - Principe de la paroi double avec laine de verre.

Transmission au travers des parois triples



21 - Principe des parois multiples : comparaison à masse égale et épaisseur égale entre parois doubles et parois triples.

A noter :

- A épaisseur et masse égales, une paroi triple est toujours moins performante qu'une paroi double optimisée.
- Si le matériau remplissant la lame d'air d'une paroi multiple est trop rigide, la fréquence de résonance est mal placée et la paroi double (ou triple) est moins performante qu'une paroi simple de même masse.

4. Le bâtiment exposé aux bruits

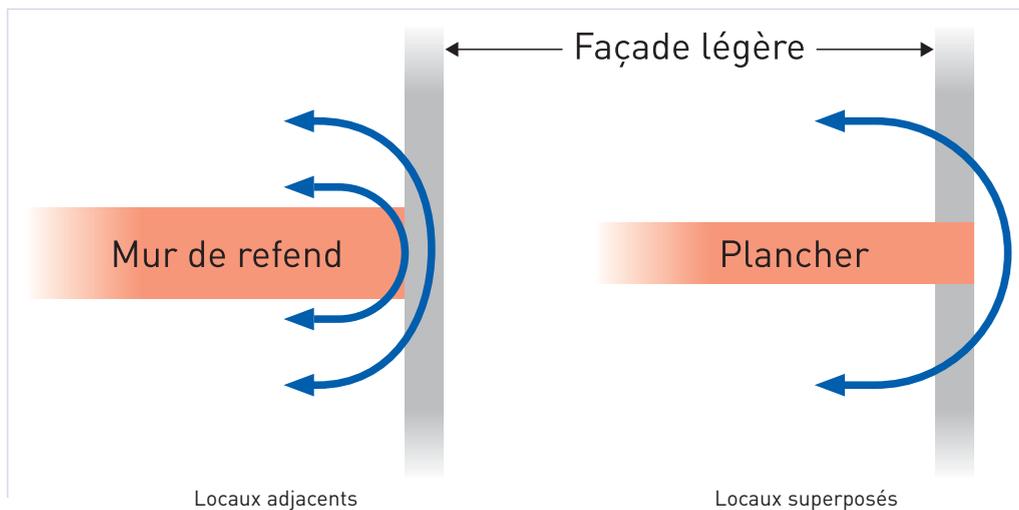
Les différentes parties du bâtiment exposé aux bruits sont les suivantes.

Les façades

Les façades sont composées de parois opaques (murs, allèges...), de parties vitrées et d'entrées d'air. La qualité acoustique d'une façade est définie par son **indice d'affaiblissement**, dépendant des différents indices d'affaiblissement ou d'isolement des surfaces qui la composent.

Parois opaques : suivant la loi de masse vue précédemment, plus la paroi est lourde plus elle s'oppose à la transmission du bruit. En règle générale la **masse** des parois opaques donne un indice d'affaiblissement plus important que celui des fenêtres. L'isolement acoustique d'une façade est principalement lié au rapport surface opaque / surface vitrée, à la qualité du vitrage, aux entrées d'air et dans certains cas aux coffres de volets roulants.

Attention aux façades dites « légères » qui sont susceptibles de favoriser les transmissions des bruits intérieurs par contournement entre deux locaux adjacents ou superposés. De plus, la transmission latérale d'un local à l'autre est favorisée avec certaines cloisons ou contre-cloisons quand elles sont en maçonnerie légère, ainsi qu'avec certains doublages thermiques quand la lame d'air intermédiaire est trop étroite, et/ou quand elle contient un matériau trop rigide.



22 -Transmission du bruit par la façade.

Parois vitrées : quand la surface vitrée est doublée, les pertes d'isolement sont estimées à 3 dB(A). À masse surfacique égale, un vitrage feuilleté a très souvent un affaiblissement acoustique supérieur à un double vitrage composé de vitrages identiques avec lame d'air, mais il est moins isolant du point de vue thermique. Des performances importantes sont obtenues avec des vitrages doubles, comportant des verres feuilletés acoustiques.

Les performances acoustiques d'une fenêtre sont également liées à la nature du matériau constituant la menuiserie. Quels que soient l' huisserie et le vitrage, la performance finale dépend de la parfaite étanchéité de la fenêtre.

Entrées d'air : elles sont caractérisées par leur indice d'isolement acoustique D_{ne} en dB(A). Pour des indices élevés on s'orientera vers des dispositifs spéciaux placés dans l'épaisseur de la maçonnerie.

Exemple d'abaque représentant l'isolement vis-à-vis des bruits extérieurs, résultant de la combinaison de :

- 3 indices d'affaiblissement de la partie opaque de la façade (dans le cas présent du béton), à savoir : 45, 50 et 55 dB.
- 3 indices d'affaiblissement de la partie vitrée, à savoir : 30, 35 et 40 dB.

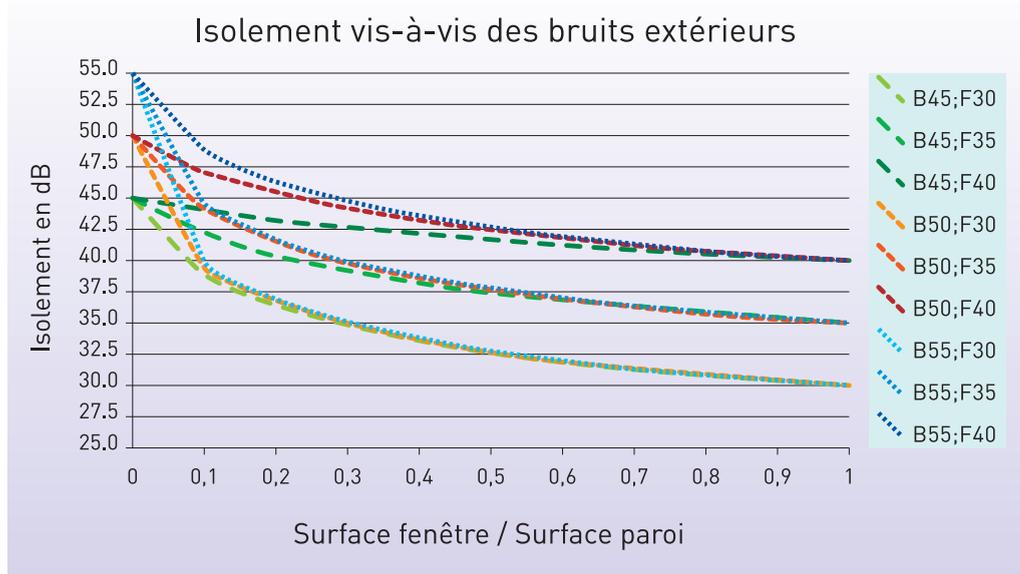
Les hypothèses retenues pour le calcul sont une pièce de :

- 3 mètres de profondeur (perpendiculairement à la façade).
- 4 mètres de largeur (façade).
- 2,50 mètres de hauteur.

A titre indicatif, 30 dB représente un indice d'affaiblissement « normal » pour une fenêtre actuelle, alors que 40 dB représente une valeur très élevée, qui n'est obtenue qu'avec des vitrages doubles, feuilletés ou épais, une menuiserie performante et une pose irréprochable.

Pour une façade sans fenêtre, 45 dB représente l'isolement que l'on peut atteindre avec un voile béton de 14 cm d'épaisseur, doublé avec un PSE normal et des transmissions latérales conséquentes. 55 dB représente l'isolement de ce même voile béton doublé d'un PSE élastifié et des transmissions latérales normales à faibles.

Affaiblissement de la paroi (dB)											
S béton	S fenêtre	S fenêtre/S paroi	B45;F30	B45;F35	B45;F40	B50;F30	B50;F35	B50;F40	B55;F30	B55;F35	B55;F40
10	0	0	44.8	44.8	44.8	49.8	49.8	49.8	54.8	54.8	54.8
9	1	0.1	38.7	42.0	44.0	39.4	43.7	47.0	39.7	44.4	48.7
8	2	0.2	36.3	40.4	43.3	36.6	41.3	45.4	36.8	41.6	46.3
7	3	0.3	34.7	39.1	42.7	35.0	39.7	44.1	35.0	40.0	44.7
6	4	0.4	33.6	38.2	42.1	33.7	38.6	43.2	33.8	38.7	43.6
5	5	0.5	32.7	37.4	41.6	32.8	37.7	42.4	32.8	37.8	42.7
4	6	0.6	32.0	36.8	41.2	32.0	37.0	41.8	32.0	37.0	42.0
3	7	0.7	31.3	36.2	40.8	31.4	36.3	41.2	31.4	36.4	41.3
2	8	0.8	30.8	35.7	40.5	30.8	35.8	40.7	30.8	35.8	40.8
1	9	0.9	30.3	35.2	40.1	30.3	35.3	40.2	30.3	35.3	40.3
0	10	1	29.8	34.8	39.8	29.8	34.8	39.8	29.8	34.8	39.8



23 - Isolement vis-à-vis des bruits extérieurs.

On observe que le béton est suffisamment performant pour que le résultat soit déterminé :

- **Exclusivement par la fenêtre, si la surface vitrée dépasse la moitié de la surface totale de la façade.**
- **En grande partie par la fenêtre, si la surface de la partie vitrée est comprise entre 1/5 et la moitié de la surface totale de la façade.**

Les toitures : elles sont parfois les éléments les plus légers de l'enveloppe et, dans ce cas, elles peuvent être les éléments prépondérants de l'exposition aux bruits aériens extérieurs. La masse des toitures terrasse les rend généralement très isolantes aux bruits aériens et peu sensibles aux bruits d'impacts dus à la pluie ou à la grêle, contrairement à certains matériaux légers qui se révèlent bruyants sous l'effet de la pluie (bac métallique, par exemple).

Les planchers : ils doivent limiter la transmission des bruits aériens et des bruits de chocs. Pour les bruits aériens, la problématique est identique à celle des murs. Pour les bruits de chocs, l'utilisation de certains revêtements de sol ainsi que la technique de dalle flottante en limitent la transmission.

Les revêtements de sol : les revêtements de sol se classent en deux groupes : les revêtements souples (plastiques et textiles) et les revêtements durs (carrelages et parquets). L'interposition d'une sous-couche résiliente ou d'une dalle flottante améliorera l'efficacité d'isolation acoustique aux bruits de chocs entre locaux. La dalle flottante présente l'avantage de permettre une excellente performance aux bruits d'impacts, indépendamment de tout revêtement de sol : l'utilisateur gagne en liberté de choix.

Bon à savoir :

En l'absence de dalle flottante, de nombreux contentieux apparaissent avec le voisinage quand un occupant décide de changer son ancien revêtement de sol.

Les équipements techniques : On entend par équipements techniques, les ascenseurs, les installations sanitaires, les installations de chauffage et de climatisation, de ventilation, les installations motorisées, etc. Le bruit de ces équipements techniques peut être transmis à l'intérieur du bâtiment lui-même mais également au voisinage.

Pour limiter le niveau de transmission à l'intérieur du bâtiment, la désolidarisation des équipements par rapport à la structure du bâtiment sera le plus souvent nécessaire. La mise en place d'un capot insonorisant sera parfois nécessaire sur certains équipements. De préférence, il vaut mieux accrocher les canalisations sur les parois lourdes. Les gaines techniques devront être isolées et les gaines et canalisations devront notamment être désolidarisées de la structure en traversée de plancher et de cloisons.

D'une manière générale, la désolidarisation est plus facile et plus efficace quand l'équipement (ou la canalisation) est fixé, par l'intermédiaire de supports anti-vibratiles, à des parois lourdes.



Chapitre

3

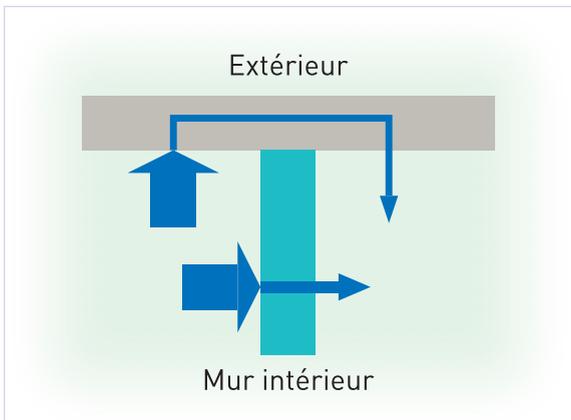
Acoustique et thermique

1. Préambule

2. Étude de systèmes constructifs

1. Préambule

Les bonnes solutions thermiques n'améliorent pas forcément l'acoustique ! Il arrive fréquemment que ce soit le contraire. Ainsi, par exemple, une isolation rigide, appliquée sur les parois verticales, comparable aux cloisons légères et rigides, peut amplifier la transmission du bruit, non seulement à travers la paroi elle-même, mais également à travers les transmissions latérales. Ainsi, un doublage thermique rigide va-t-il dégrader l'isolement acoustique de façade et l'isolement entre locaux, superposés ou adjacents.



24 - Effet des doublages thermiques rigides sur la transmission des bruits.

Pour pallier cet inconvénient, les industriels ont développé des doublages thermo-acoustiques à base de laine minérales ou de PSE élastifié (PSEE) qui améliorent l'isolement acoustique, tant direct que latéral, des parois doublées. Avec de tels doublages utilisés en isolation par l'intérieur, les partis pris constructifs (épaisseurs des dalles, des façades ou des refends) sont déterminés en prenant en compte cette amélioration. Dans le cas d'isolation thermique par l'extérieur le doublage intérieur disparaît, et avec lui l'amélioration éventuellement apportée par celui-ci.

On le voit donc, « bonne isolation thermique » ne veut pas forcément dire « bonne isolation acoustique ».

Par contre, certaines dispositions permettent d'améliorer à la fois les performances thermiques et acoustiques. Ainsi, par exemple :

- **L'étanchéité** réduit tout autant les déperditions acoustiques que thermiques.
- L'usage d'une **dalle flottante** améliore l'isolement acoustique aux bruits d'impacts et peut contribuer à réduire les ponts thermiques et à augmenter l'inertie thermique.
- Un doublage thermique intérieur utilisant un **isolant souple** (laine minérale, PSE élastifié) améliorera l'isolement acoustique de façade, et surtout l'isolement entre locaux superposés ou adjacents.

Réciproquement, les dispositifs prévus par l'acousticien peuvent dégrader les performances thermiques, ou être à l'origine de désordres. Par exemple :

- Un doublage acoustique va limiter la mobilisation de l'inertie thermique de la paroi doublée.
- Un matériau poreux, utilisé pour ses propriétés d'absorption acoustique, par exemple en faux plafond, pourra, s'il est trop épais et/ou si la lame d'air n'est pas suffisamment ventilée, provoquer des condensations.

D'une manière générale, il faut retenir que :

- Les systèmes thermiques n'ont pas d'effets bénéfiques sur les performances acoustiques, et même les dégradent souvent.
- Les systèmes acoustiques n'ont pas d'effets bénéfiques sur les performances thermiques, et même peuvent les dégrader, ou être à l'origine de désordres.
- Seuls les systèmes thermo-acoustiques, à condition qu'ils soient correctement utilisés, peuvent être bénéfiques dans les deux domaines.

Exemple concret : Comportement acoustique de doublage thermique et de doublage thermo-acoustique.

Le tableau et le graphe ci-dessous présentent l'indice d'affaiblissement d'un voile béton de 16 cm, doublé sur une ou deux faces, avec soit un doublage simplement thermique (PSE 10+80), soit un doublage thermo-acoustique (PSEE 13+80).

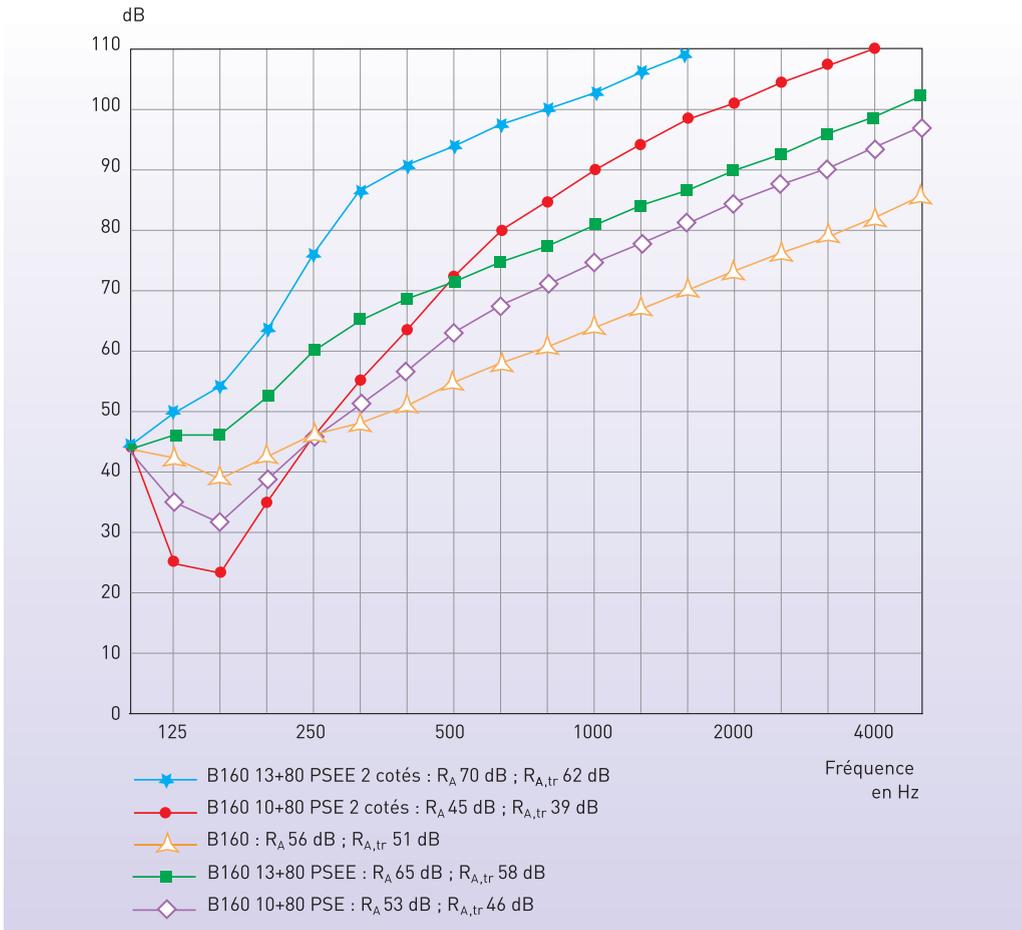
À la vue des résultats, on observe que :

- Le doublage « PSE 10+80 » a un comportement acoustique « rigide », qui dégrade fortement les performances de la paroi nue.
- Le doublage « PSEE 13+80 » a un comportement acoustique « souple », qui améliore fortement les performances de la paroi nue.

Doublage PSE 10+80		
Paroi	R _A	Gain
Béton 16 cm	56 dB	
Béton 16 cm + doublage 1 coté	53 dB	- 3 dB
Béton 16 cm + doublage 2 cotés	45 dB	- 11 dB

Doublage PSEE 13+80		
Paroi	R _A	Gain
Béton 16 cm	56 dB	
Béton 16 cm + doublage 1 coté	65 dB	9 dB
Béton 16 cm + doublage 2 cotés	70 dB	14 dB

Indice d'affaiblissement acoustique [1/3 octave]



25 - Influence du type de doublage.

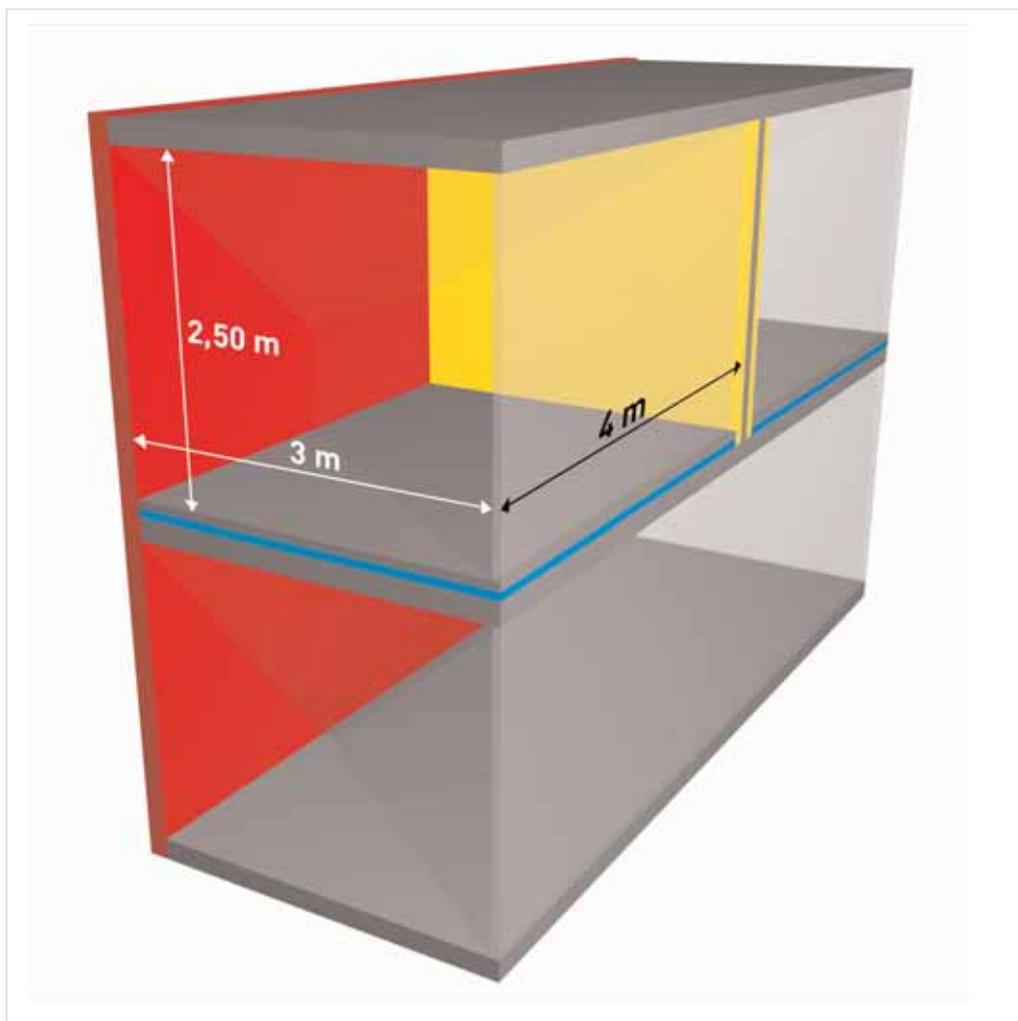
2. Les différents systèmes constructifs

Un très grand nombre de systèmes constructifs à base de béton peuvent être imaginés, et chacun peut être décliné en une infinité de variantes, en jouant notamment sur les épaisseurs et les combinaisons des matériaux constitutifs.

Bien entendu, chaque variante comporte son lot d'avantages et d'inconvénients, dans des domaines aussi variés que la structure, la thermique, l'architecture, sans oublier les aspects économiques, tant à l'investissement qu'à l'exploitation. Dans ces conditions, l'optimisation du parti constructif ne peut s'envisager qu'à travers une **collaboration très étroite entre l'architecte et les ingénieurs structure, thermique et acoustique.**

Chaque opération présentant ses spécificités propres, il n'est pas question ici de dresser une liste complète des partis constructifs, ni de présenter des « solutions types ». L'objectif poursuivi est d'illustrer, à travers des exemples, les principes qui ont été évoqués précédemment.

Les résultats des simulations acoustiques présentés correspondent à des locaux adjacents et superposés de 4 m x 3 m x 2,5 m. Pour des locaux de taille et/ou de disposition différente(s), les résultats peuvent varier, et ainsi passer de « conforme » à « non conforme », et vice versa. Enfin, la mise en œuvre joue un rôle décisif sur l'obtention du résultat final. Ainsi, seule l'intervention d'un bureau d'études acoustique, de l'esquisse à la réception des travaux, permettra d'optimiser et de garantir le résultat.



26 - Local « type » retenu pour les simulations.

2.1 - Isolation thermique par l'intérieur (ITI)

L'isolation thermique par l'intérieur constitue un parti constructif classique en France, qui garde toute sa justification pour les constructions en rez-de-chaussée ou d'un étage. Cette isolation thermique peut être obtenue avec des isolants rigides, uniquement thermiques, ou par des isolants souples thermo-acoustiques, par exemple de type polystyrène expansé élastifié ou laine minérale. Ce sont des isolants thermo-acoustiques de type PSEE 13+80 que l'on a considérés dans ce qui suit.

a | Dalle BA18, voile BA15 en façade, isolation intérieure (PSEE), refend en BA18 :



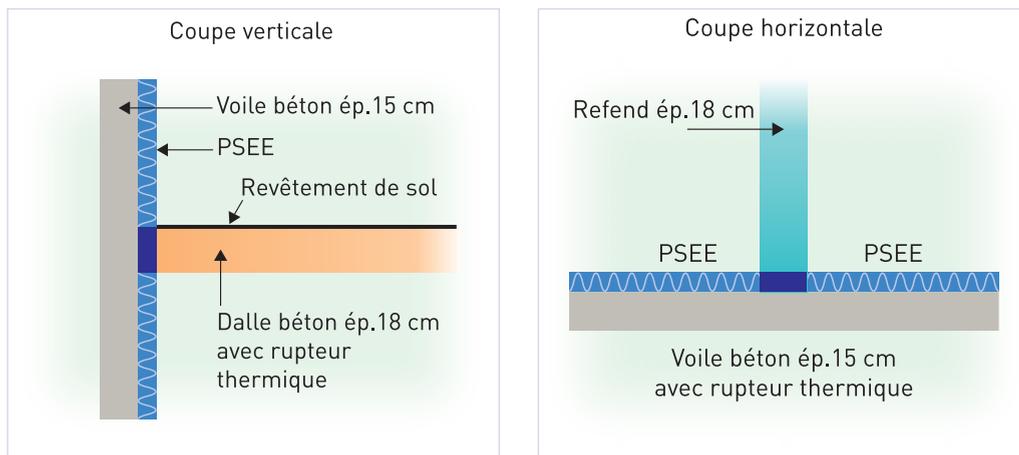
Résultats			
$D_{nT,A}$		$L'_{nT,w}$	
Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
53 dB	53 dB	66 dB	75 dB

Cette disposition basique est économique, elle ne pose aucun problème de structure et permet de répondre, sous réserve de certaines précautions, aux exigences de la RT 2005. La dalle et les refends confèrent au bâtiment une inertie thermique appréciable. Le revêtement de sol, nécessaire pour l'isolement aux bruits d'impacts, limite cependant la mobilisation de l'inertie thermique de la partie supérieure de la dalle. Enfin, les ponts thermiques sont le point faible du dispositif et ne permettront pas de répondre à des exigences thermiques supérieures à la RT 2005.

Sur le plan acoustique :

- L'isolement aux bruits aériens est conforme aux exigences réglementaires tant à l'horizontal qu'en vertical.
- L'isolement aux bruits d'impacts ne peut être obtenu qu'avec un revêtement de sol d'indice $\Delta L_w > 17$ dB.

b Dalle BA18 et rupteur, voile BA15 en façade, isolation thermo-acoustique intérieure (PSEE), refend en BA18 et rupteur :



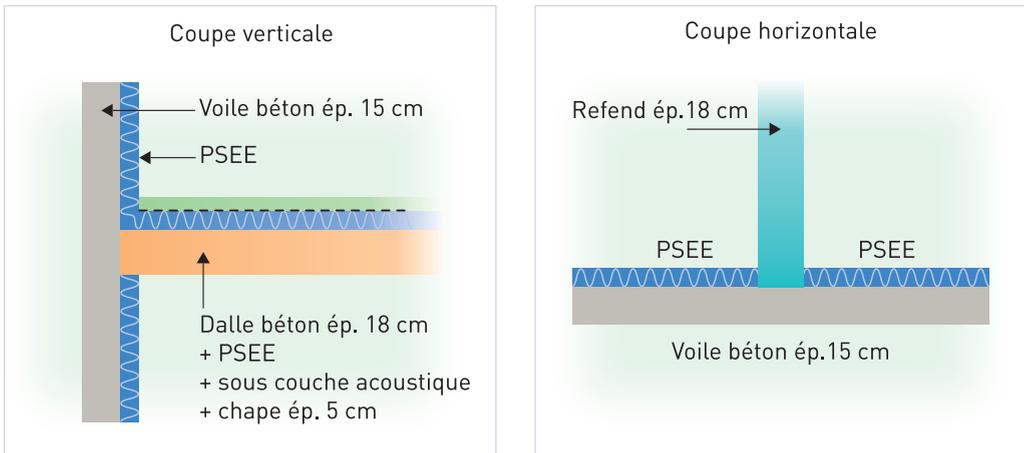
Résultats			
$D_{nT,A}$		$L'_{nT,w}$	
Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
53 dB	53 dB	66 dB	75 dB

Pour éviter les ponts thermiques de la précédente disposition (a), et ainsi répondre à des exigences supérieures à celles de la RT 2005, on peut faire appel à des rupteurs thermiques, tant en dalle qu'en refend. Cette disposition suppose une étude spécifique pour éviter des problèmes de structure. La dalle et les refends confèrent au bâtiment une inertie thermique appréciable. Le revêtement de sol, nécessaire pour l'isolement aux bruits d'impacts, limite cependant la mobilisation de l'inertie thermique de la partie supérieure de la dalle.

Sur le plan acoustique :

- L'isolement aux bruits aériens est conforme aux exigences réglementaires tant à l'horizontal qu'en vertical.
- L'isolement aux bruits d'impacts ne peut être obtenu qu'avec un revêtement de sol d'indice $\Delta L_w > 17$ dB.

c Dalle flottante sur sous-couche acoustique, dalle BA18, voile BA15 en façade, isolation thermo-acoustique intérieure (PSEE), refend en BA18 :



Résultats			
$D_{nT,A}$		$L'_{nT,w}$	
Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
54 dB	56 dB	42 dB	51 dB

En variante du cas (a), l'usage d'une dalle flottante sur sous-couche acoustique présente de nombreux avantages, tant sur le plan thermique qu'acoustique.

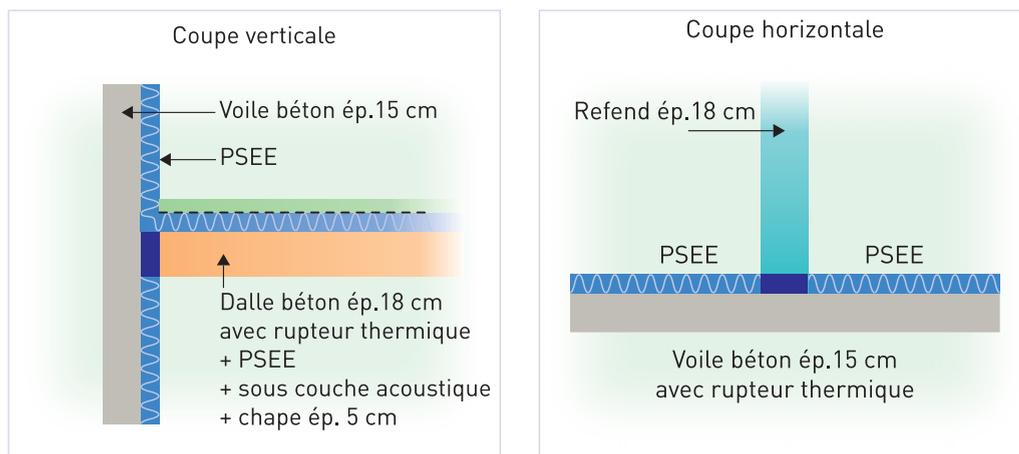
Sur le plan thermique :

- En cas d'utilisation d'un revêtement de sol de type carrelage, mobilisation de l'inertie thermique de la partie supérieure de la dalle.
- Limitation des échanges thermiques d'un étage à l'autre.
- Limitation du pont thermique de la dalle.
- Possibilité de chauffage ou de rafraîchissement par le sol.

Sur le plan acoustique :

- L'isolement aux bruits aériens est meilleur que les exigences réglementaires tant à l'horizontal qu'en vertical, et autorise par exemple des superpositions de pièces principales de locaux d'habitation et de garage.
- Les excellents résultats d'isolement aux bruits d'impacts sont obtenus indépendamment du revêtement de sol, ce qui confère une liberté appréciable à l'occupant.

d | Dalle flottante sur sous-couche acoustique, dalle BA18 et rupteur, voile BA15 en façade, isolation thermo-acoustique intérieure (PSEE), refend en BA18 et rupteur :



Résultats			
$D_{nT,A}$		$L'_{nT,w}$	
Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
54 dB	56 dB	42 dB	51 dB

En variante du cas (b), l'usage d'une dalle flottante présente de nombreux avantages, tant sur le plan thermique qu'acoustique.

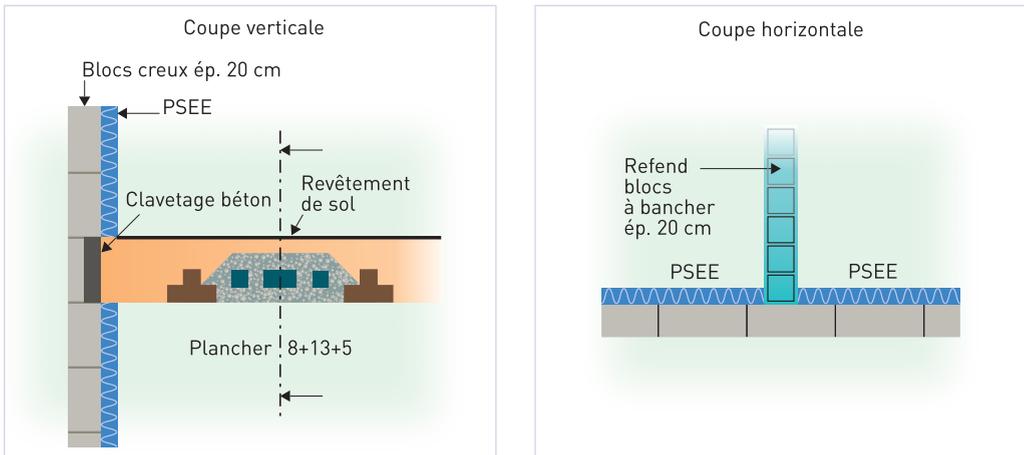
Sur le plan thermique :

- En cas d'utilisation d'un revêtement de sol de type carrelage, mobilisation de l'inertie thermique de la partie supérieure de la dalle et du refend.
- Limitation des échanges thermiques d'un étage à l'autre.
- Limitation du pont thermique de la dalle et du refend.
- Possibilité de chauffage ou de rafraîchissement par le sol.

Sur le plan acoustique :

- L'isolement aux bruits aériens est meilleur que les exigences réglementaires tant à l'horizontal qu'en vertical et autorise par exemple des superpositions de pièces principales de locaux d'habitation et de garage.
- Les excellents résultats d'isolement aux bruits d'impacts sont obtenus indépendamment du revêtement de sol, ce qui confère une liberté appréciable à l'occupant.

e | Dalle poutrelles + hourdis (8+13+5), façade en blocs creux 20 cm, isolation thermo-acoustique intérieure (PSEE), refend en blocs à bancher 20 cm :



Résultats			
$D_{nT,A}$		$L'_{nT,w}$	
Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
53 dB	51 dB (!)	67 dB	77 dB

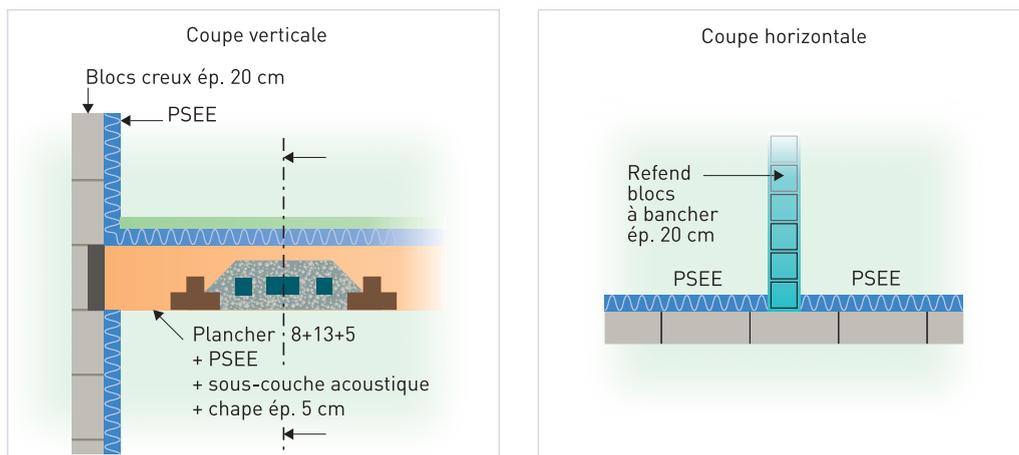
Cette disposition s'appuie sur une technologie traditionnelle, elle ne pose aucun problème de structure et permet, sous réserve de certaines précautions, de répondre aux exigences de la RT 2005. La dalle et les refends confèrent au bâtiment une inertie thermique appréciable. Le revêtement de sol, nécessaire pour l'isolement aux bruits d'impacts, limite cependant la mobilisation de l'inertie thermique de la partie supérieure de la dalle. Enfin, les ponts thermiques sont le point faible du dispositif et méritent une attention particulière.

Sur le plan acoustique :

- L'isolement aux bruits aériens est conforme aux exigences réglementaires uniquement à l'horizontal mais non conforme en vertical.
- L'isolement aux bruits d'impacts ne peut être obtenu qu'avec un revêtement de sol d'indice $\Delta L_w > 9$ dB en horizontal (l'exigence en vertical serait $\Delta L_w > 19$ dB, mais n'a pas lieu d'être étant donné la non conformité aux bruits aériens).

Du fait de la non conformité aux bruits aériens en vertical, cette disposition est à réserver aux « maisons en bande » ou à étudier en détail en fonction des dimensions et dispositions des pièces (par exemple en prévoyant une superposition des pièces de services et non des pièces principales ou en suspendant un faux plafond à dimensionner en conséquence).

f1 Dalle poutrelles + hourdis (8+13+5) + dalle flottante sur sous-couche acoustique, façade en blocs creux 20 cm, isolation thermo-acoustique intérieure (PSEE), refend en blocs à bancher 20 cm :



Résultats			
$D_{nT,A}$		$L'_{nT,w}$	
Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
54 dB	54 dB	39 dB	49 dB

En variante du cas (e), l'usage d'une dalle flottante présente de nombreux avantages tant sur le plan thermique qu'acoustique.

Sur le plan thermique :

- En cas d'utilisation d'un revêtement de sol de type carrelage, mobilisation de l'inertie thermique de la partie supérieure de la dalle.
- Limitation des échanges thermiques d'un étage à l'autre.
- Limitation du pont thermique de la dalle.
- Possibilité de chauffage ou de rafraîchissement par le sol.

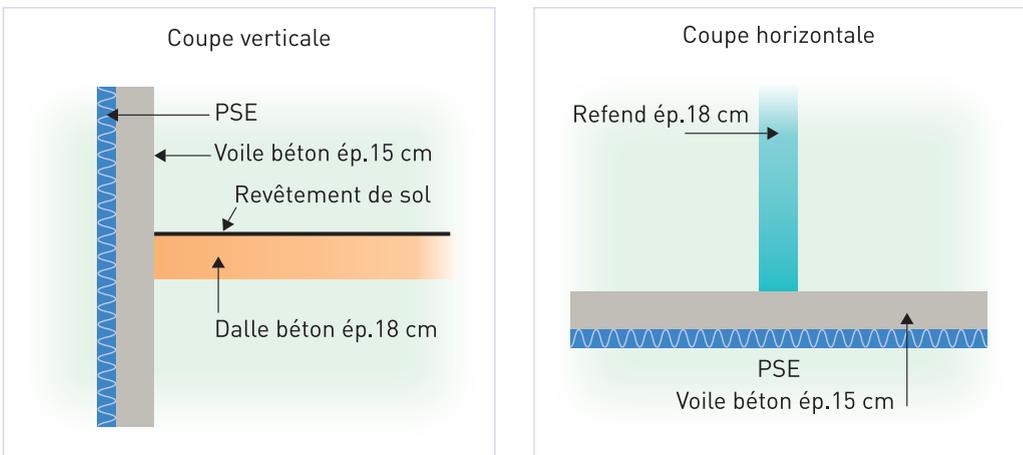
Sur le plan acoustique :

- L'isolement aux bruits aériens est légèrement meilleur que les exigences réglementaires tant à l'horizontal qu'en vertical et autorise par exemple des dimensions de pièces légèrement inférieures à celles prises pour la modélisation.
- Les excellents résultats d'isolement aux bruits d'impacts sont obtenus indépendamment du revêtement de sol, ce qui confère une liberté appréciable à l'occupant.

2.2 - Isolation thermique par l'extérieur

L'isolation thermique par l'extérieur constitue un parti constructif qui va tendre à se développer en France pour les immeubles de plusieurs étages. Cette isolation thermique peut être obtenue avec des isolants rigides, uniquement thermiques, par exemple de type PSE. Ce sont ces derniers que l'on a considérés dans ce qui suit.

g Dalle BA18, voile BA15 en façade, isolation extérieure (PSE), refend en BA18 :



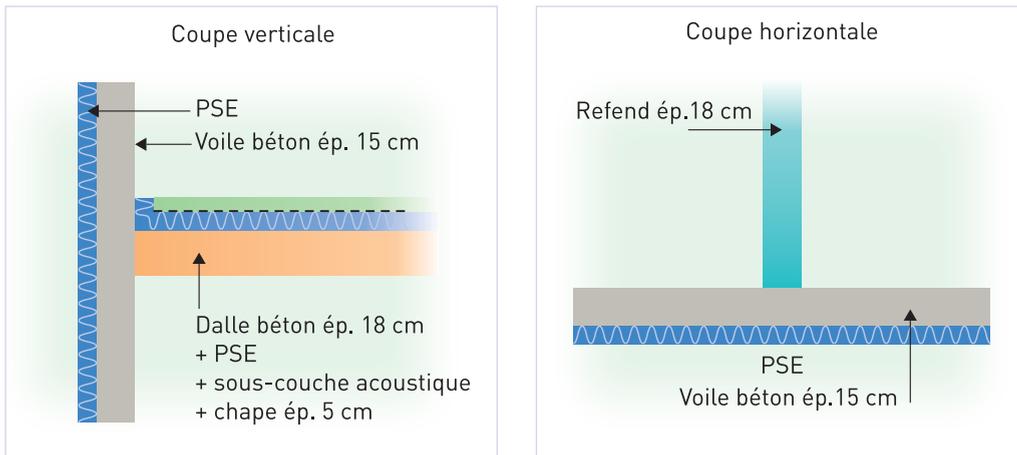
Résultats			
$D_{nT,A}$		$L'_{nT,w}$	
Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
53 dB	53 dB	66 dB	75 dB

Cette disposition ne pose aucun problème de structure et permet, en supprimant les ponts thermiques, de répondre à des exigences supérieures à celles de la RT 2005. La dalle et les refends confèrent au bâtiment une inertie thermique appréciable. Le revêtement de sol, nécessaire pour l'isolement aux bruits d'impacts, limite cependant la mobilisation de l'inertie de la partie supérieure de la dalle. Enfin l'absence de doublage thermo-acoustique intérieur renforce les transmissions acoustiques latérales, ce qui peut contribuer, en fonction de la nature et de l'épaisseur de la façade et du refend, à l'émergence de non-conformités réglementaires (ce qui n'est pas le cas dans la solution présentée).

Sur le plan acoustique :

- L'isolement aux bruits aériens est conforme aux exigences réglementaires tant à l'horizontal qu'en vertical.
- L'isolement aux bruits d'impacts ne peut être obtenu qu'avec un revêtement de sol d'indice $\Delta L_w > 17$ dB.

h Dalle flottante sur sous-couche acoustique, dalle BA18, voile BA15 en façade, isolation extérieure (PSE), refend en BA18 :



Résultats			
$D_{nT,A}$		$L'_{nT,w}$	
Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
53 dB	55 dB	42 dB	51dB

En variante du cas (g), l'usage d'une dalle flottante présente de nombreux avantages tant sur le plan thermique qu'acoustique.

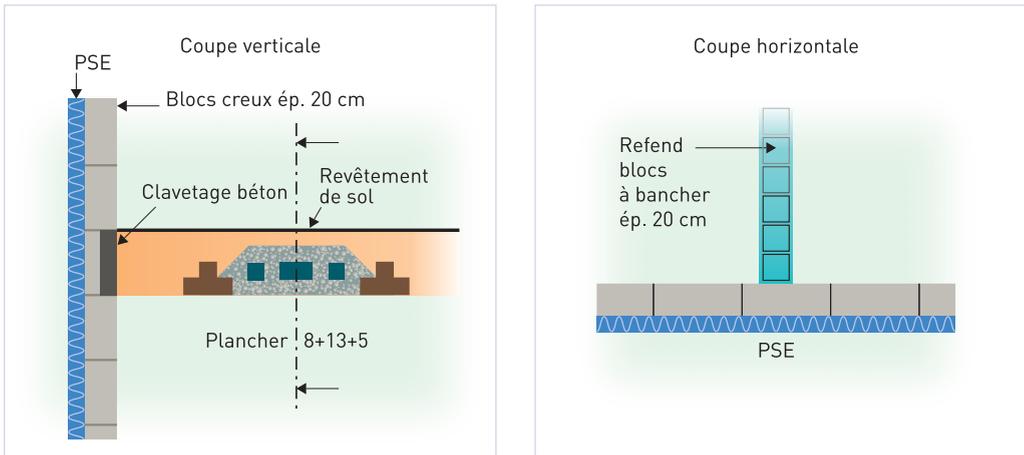
Sur le plan thermique :

- En cas d'utilisation d'un revêtement de sol de type carrelage, mobilisation de l'inertie thermique de la partie supérieure de la dalle.
- Limitation des échanges thermiques d'un étage à l'autre.
- Limitation du pont thermique de la dalle.
- Possibilité d'un chauffage (rafraîchissement) par le sol.

Sur le plan acoustique :

- L'isolement aux bruits aériens est meilleur que les exigences réglementaires tant à l'horizontal qu'en vertical et autorise par exemple des superpositions de pièces principales de locaux d'habitation et de garage.
- Les excellents résultats d'isolement aux bruits d'impacts sont obtenus indépendamment du revêtement de sol, ce qui confère une liberté appréciable à l'occupant.

i Dalle poutrelles + hourdis (8+13+5), façade en blocs creux 20 cm, isolation extérieure (PSE), refend en blocs à bancher 20 cm :



Résultats			
$D_{nT,A}$		$L'_{nT,w}$	
Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
53 dB	51 dB (!)	67 dB	77 dB

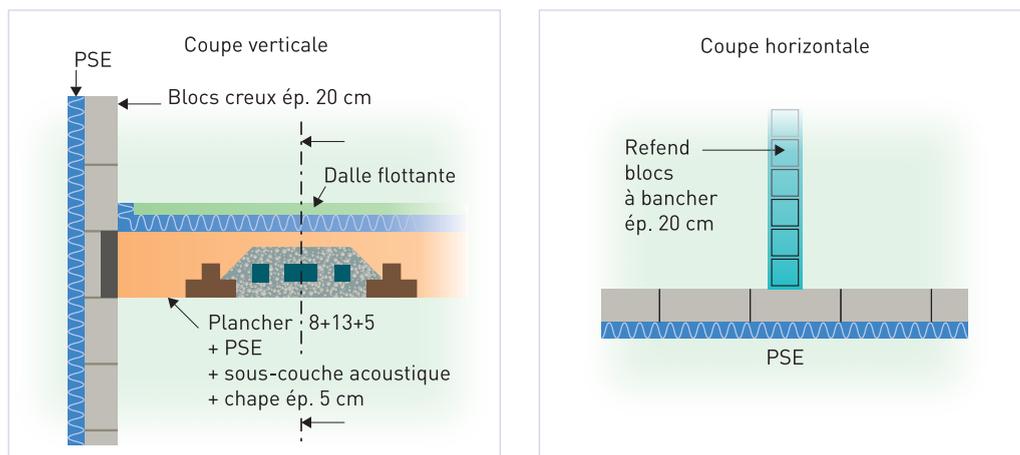
Cette disposition basique est économique, elle ne pose aucun problème de structure et permet, en supprimant les ponts thermiques, de répondre à des exigences supérieures à celles de la RT 2005. La dalle et les refends confèrent au bâtiment une inertie thermique appréciable. Le revêtement de sol, nécessaire pour l'isolement aux bruits d'impacts, limite cependant la mobilisation de l'inertie thermique de la partie supérieure de la dalle. Enfin, l'absence de doublage thermo-acoustique intérieur renforce les transmissions acoustiques latérales, ce qui peut contribuer à l'émergence de non-conformités réglementaires.

Sur le plan acoustique :

- L'isolement aux bruits aériens est conforme aux exigences réglementaires uniquement à l'horizontal, mais non conforme en vertical.
- L'isolement aux bruits d'impacts ne peut être obtenu qu'avec un revêtement de sol d'indice $\Delta L_w > 9$ dB en horizontal (l'exigence en vertical serait $\Delta L_w > 19$ dB, mais n'a pas lieu d'être étant donné la non conformité aux bruits aériens).

Du fait de la non conformité aux bruits aériens en vertical, cette disposition est à réserver aux « maisons en bande » ou à étudier en détail en fonction des dimensions et dispositions des pièces (par exemple en prévoyant une superposition des pièces de services et non des pièces principales ou en suspendant un faux plafond à dimensionner en conséquence).

j) Dalle poutrelles + hourdis (8+13+5) + dalle flottante sur sous-couche acoustique, façade en bloc creux 20 cm, isolation thermo-acoustique extérieure (PSE), refend en blocs à bancher 20 cm :



Résultats			
$D_{nT,A}$		$L'_{nT,w}$	
Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
53 dB	53 dB	39 dB	49 dB

En variante du cas (i), l'usage d'une dalle flottante présente de nombreux avantages tant sur le plan thermique qu'acoustique.

Sur le plan thermique :

- En cas d'utilisation d'un revêtement de sol de type carrelage, mobilisation de l'inertie thermique de la partie supérieure de la dalle.
- Limitation des échanges thermiques d'un étage à l'autre.
- Limitation du pont thermique de la dalle.
- Possibilité d'un chauffage (rafraîchissement) par le sol.

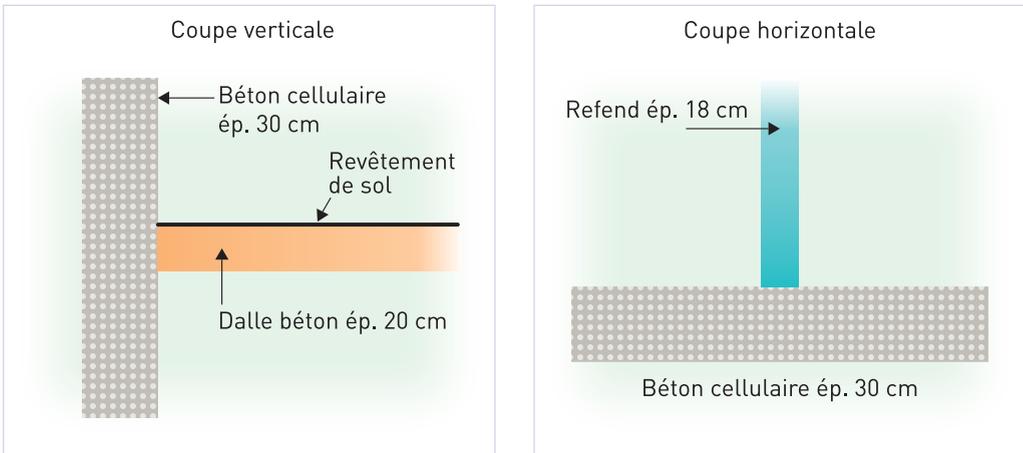
Sur le plan acoustique :

- L'isolement aux bruits aériens est réglementaire tant à l'horizontal qu'en vertical.
- Les excellents résultats d'isolement aux bruits d'impacts sont obtenus indépendamment du revêtement de sol, ce qui confère une liberté appréciable à l'occupant.

2.3 – Isolation thermique répartie

L'isolation thermique répartie constitue un parti constructif qui tend à se développer. Cette isolation thermique peut par exemple être obtenue avec des bétons cellulaires autoclavés (BCA). Ce sont ces derniers que l'on a considérés dans ce qui suit.

k Dalle BA 20 cm, BCA 30 cm en façade, refend en BA 18 cm :



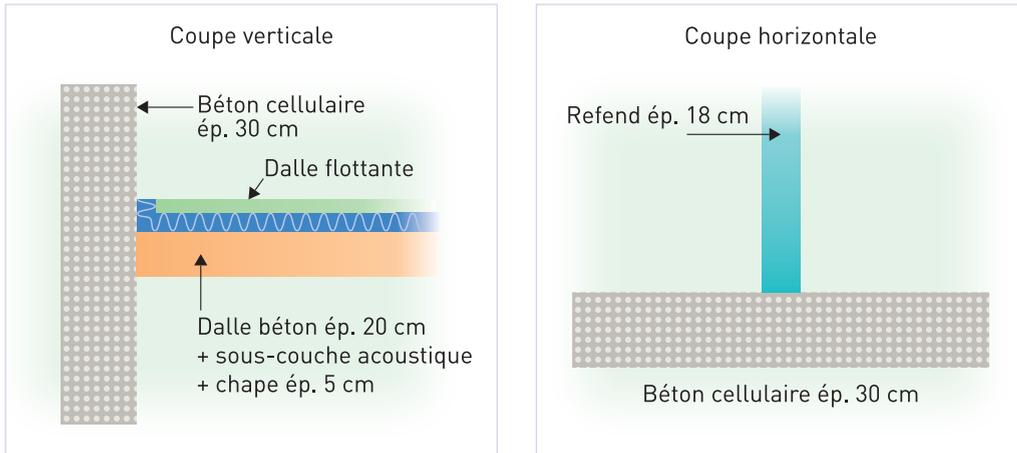
Résultats			
$D_{nT,A}$		$L'_{nT,w}$	
Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
53 dB	53 dB	65 dB	74 dB

Pour éviter les ponts thermiques, et ainsi répondre aux exigences de la RT 2005, il est possible de faire appel à une isolation répartie. Cette disposition permet de rester dans des solutions classiques en structure. La dalle et les refends confèrent au bâtiment une inertie thermique appréciable. Le revêtement de sol, nécessaire pour l'isolement aux bruits d'impacts, limite cependant la mobilisation de l'inertie thermique de la partie supérieure de la dalle.

Sur le plan acoustique :

- L'isolement aux bruits aériens est conforme aux exigences réglementaires tant à l'horizontal qu'en vertical.
- L'isolement aux bruits d'impacts ne peut être obtenu qu'avec un revêtement de sol d'indice $\Delta L_w > 16$ dB.

II Dalle BA 20 cm + dalle flottante, BCA 30 cm en façade, refend en BA 18 cm :



Résultats			
$D_{nT,A}$		$L'_{nT,w}$	
Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
53 dB	55 dB	40 dB	49 dB

En variante du cas (k), l'usage d'une dalle flottante présente de nombreux avantages tant sur le plan thermique qu'acoustique.

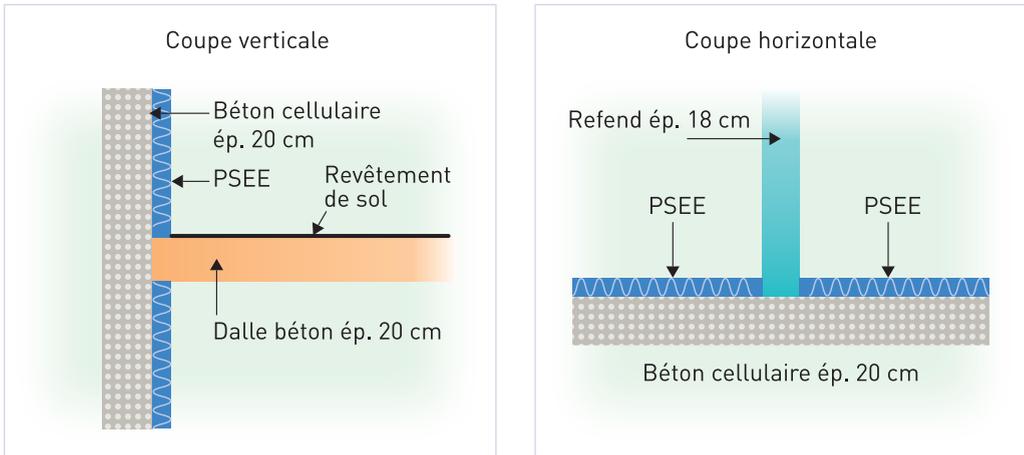
Sur le plan thermique :

- En cas d'utilisation d'un revêtement de sol de type carrelage, mobilisation de l'inertie thermique de la partie supérieure de la dalle.
- Limitation des échanges thermiques d'un étage à l'autre.
- Limitation du pont thermique de la dalle.
- Possibilité de chauffage ou de rafraîchissement par le sol.

Sur le plan acoustique :

- L'isolement aux bruits aériens est meilleur que les exigences réglementaires tant à l'horizontal qu'en vertical, et autorise par exemple des superpositions de pièces principales de locaux d'habitation et de garage.
- Les excellents résultats d'isolement aux bruits d'impacts sont obtenus indépendamment du revêtement de sol, ce qui confère une liberté appréciable à l'occupant.

m Dalle BA 20 cm, voile BCA 20 cm en façade, isolation thermo-acoustique intérieure (PSEE), refend en BA 18 cm :



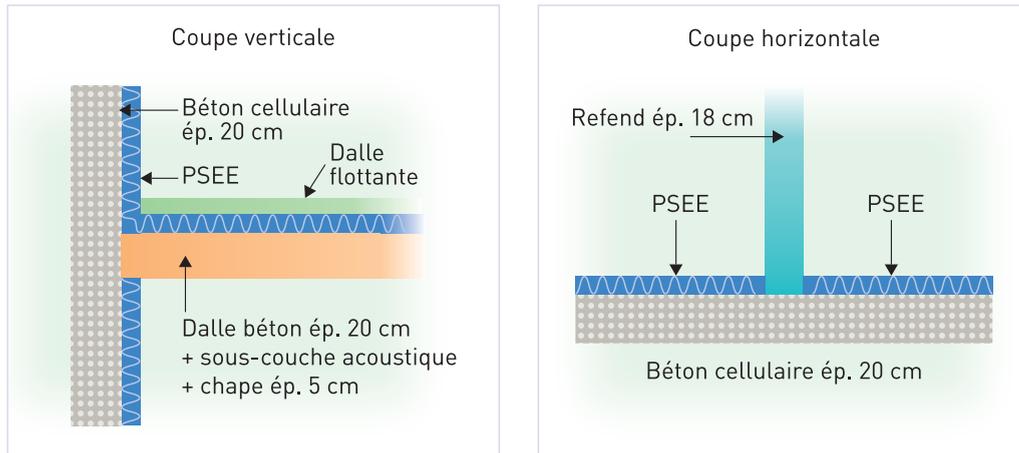
Résultats			
$D_{nT,A}$		$L'_{nT,w}$	
Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
54 dB	54 dB	64 dB	73 dB

Cette disposition s'appuie, sur le plan dimensionnel et structurel, sur un système thermo-acoustique « bloc de 20 cm + isolation par l'intérieur ». L'originalité vient du remplacement du bloc béton traditionnel par des blocs en béton cellulaire. On obtient ainsi une solution très performante en isolation thermique et acoustique.

Sur le plan acoustique :

- L'isolement aux bruits aériens est légèrement meilleur que les exigences réglementaires tant à l'horizontal qu'en vertical, et autorise par exemple des dimensions de pièces légèrement inférieures à celles modélisées.
- Pour cette configuration (BCA 20 cm) la conformité aux exigences réglementaires est obtenue par la présence d'un isolant thermo-acoustique.
- L'isolement aux bruits d'impacts ne peut être obtenu qu'avec un revêtement de sol d'indice $\Delta L_w > 15$ dB.

n Dalle BA 20 cm + dalle flottante sur-sous couche acoustique, voile BCA 20 cm en façade, isolation thermo-acoustique intérieure (PSEE), refend en BA 18 cm :



Résultats			
$D_{nT,A}$		$L'_{nT,w}$	
Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
54 dB	56 dB	40 dB	49 dB

En variante du cas (m), l'usage d'une dalle flottante présente de nombreux avantages tant sur le plan thermique qu'acoustique.

Sur le plan thermique :

- En cas d'utilisation d'un revêtement de sol de type carrelage, mobilisation de l'inertie thermique de la partie supérieure de la dalle.
- Limitation des échanges thermiques d'un étage à l'autre.
- Limitation du pont thermique de la dalle.
- Possibilité d'un chauffage (rafraîchissement) par le sol.

Sur le plan acoustique :

- L'isolement aux bruits aériens est meilleur que les exigences réglementaires surtout en vertical et autorise par exemple des superpositions de pièces principales de locaux d'habitation et de garage.
- Les excellents résultats d'isolement aux bruits d'impacts sont obtenus indépendamment du revêtement de sol, ce qui confère une liberté appréciable à l'occupant.

Conclusion

● Pour optimiser le confort acoustique de l'intérieur d'un bâtiment, c'est au niveau de la phase de conception même qu'il faut s'en préoccuper, toute intervention ultérieure posant des problèmes techniques et donc de coût parfois insurmontables. Comme pour le confort thermique, c'est une approche globale de la construction qui permet d'optimiser la performance du bâti évitant ainsi les modifications in situ toujours plus complexes et onéreuses. Les solutions bétons issues de la maçonnerie traditionnelle ou de la préfabrication permettent de résoudre facilement bon nombre des exigences posées par la réglementation acoustique. Bien entendu, cela suppose d'étudier la question à l'aide des bons outils et de prévoir l'intervention de spécialistes.

Les nouvelles approches de l'habitat et de l'urbanisme, soutenues par une évolution du contexte normatif, ont permis aux entreprises d'acquérir les bons réflexes en matière d'acoustique. Les réalisations actuelles s'inscrivent pour une grande majorité dans cette optimisation du confort acoustique. Reste cependant le problème de la rénovation acoustique du parc existant. Gageons que les travaux entrepris à grande échelle pour la thermique (économie d'énergie) intégreront de facto un cahier des charges acoustique.

Bibliographie et sources iconographiques

Sources bibliographiques :

- Réussir l'acoustique d'un bâtiment - L. HAMAYON (Éditions LE MONITEUR, 2006).
- Amélioration acoustique des logements - G. PINÇON (CATED, 2006).
- Isolation acoustique aux bruits aériens - P. POUBEAU (CATED, 2001).
- Bruits d'impacts - G. PINÇON (CATED, 2001).
- Exigences réglementaires et confort acoustique - P. POUBEAU (CATED, 2004).
- Acoustique - REEF volume 2 (CSTB, 2007).
- Étude du comportement acoustique du béton cellulaire - GAMBA Acoustique (pour le compte de Xella - Thermopierre).

Sources iconographiques :

Droits réservés CIMBÉTON.

Ont participé à la rédaction de cette publication :

- CIMBÉTON, Centre d'information sur le ciment et ses applications.
- CERIB, Centre d'Études et de Recherches de l'Industrie du Béton.
- SNBPE, Syndicat National du Béton Prêt à l'Emploi.
- Cabinet GAMBA Acoustique et associés.
- Cabinet TRIBU Énergie.



**Syndicat National
du Béton Prêt à l'Emploi**



Centre d'Études et de Recherches
de l'Industrie du Béton



7, place de la Défense • 92974 Paris-la Défense Cedex • Tél. : 01 55 23 01 00
E-mail : centrinfo@cimbeton.net • Internet : www.infociments.fr