



LES BASES DE L'ACOUSTIQUE DES OUVRAGES

Compte rendu



30 JANVIER 2019
BTS AMCR SAINT-NAZAIRE
CHANG Tony

Table des matières

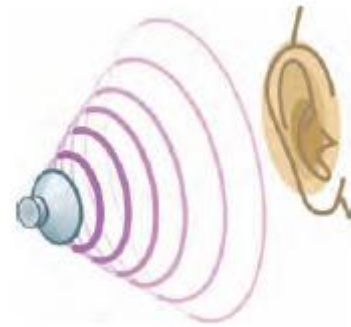
Qu'est-ce que le son ?	2
➤ Le niveau sonore	2
➤ La fréquence sonore.....	2
Le Bruit.....	3
➤ Les règles d'addition des niveaux de bruits	3
➤ Echelle de bruit.....	4
Types de bruits en présence dans le bâtiment.....	5
Comportement des bruits dans le bâtiment	5
Réverbération.....	6
Comportement des matériaux	6
➤ Indice d'affaiblissement acoustique	6
➤ Fréquence critique et fréquence de résonance	6
Correction acoustique	7
➤ Principes de correction acoustique	7
Isolation acoustique.....	8
➤ Solutions technologiques.....	9
1. Limiter les surfaces de séparation.....	9
2. Créer de la masse.....	9
3. Déphaser les ondes.....	9
4. Etanchéifier.....	10
5. Bruits solidiens.....	10

L'acoustique est la science du son. L'acoustique comprend de nombreuses ramifications comme l'électroacoustique (microphones, haut-parleurs), l'acoustique musicale, l'acoustique architecturale. Dans cet exposé on va parler particulièrement de l'acoustique architecturale qui est d'étudié la propagation des sons dans les salles et les bâtiments.

Qu'est-ce que le son ?

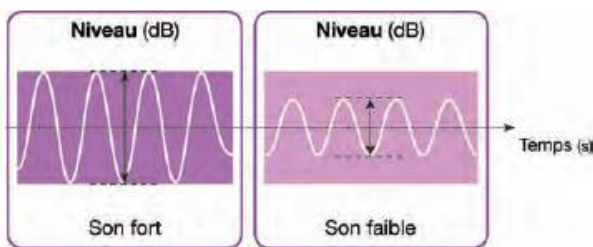
Le son c'est la sensation auditive engendrée par une onde acoustique qui se propage dans un milieu.

L'onde acoustique provient d'une vibration de l'air due à une suite de pression et de dépression. Tout son résulte de la vibration d'un corps. Dans l'air, la vibration des molécules se transmet de proche en proche depuis la source jusqu'à le récepteur qui peut être un appareil de mesure ou l'oreille humaine.



Le son est caractérisé par le niveau et la fréquence.

➤ Le niveau sonore

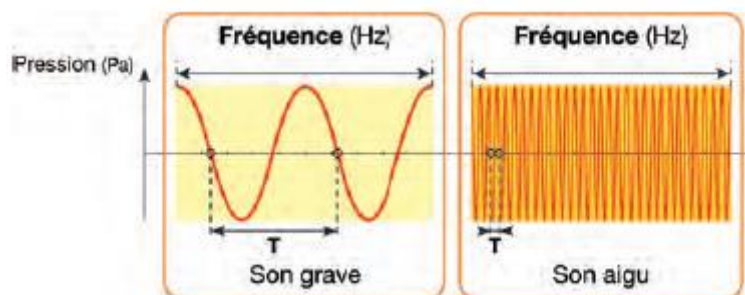


Le niveau sonore ou niveau de pression acoustique (L_p) caractérise l'amplitude du son. Le niveau sonore s'exprime en Pascal. L'échelle de perception de l'oreille humaine est très vaste, on utilise une échelle logarithmique pour caractériser l'amplitude sonore. Cette échelle s'exprime en décibel (db) et permet de définir la puissance du son.

➤ La fréquence sonore

Au sein de l'onde sonore la pression fluctue un certain nombre de fois autour de la pression atmosphérique. Le nombre de fluctuations par seconde définit la fréquence du son en hertz (Hz). La période T est le temps entre 2 fluctuations en seconde.

Plus la période T est longue, plus la fréquence est basse et donc on obtient un son grave. A l'inverse si la période est courte la fréquence est élevée on a alors un son aigu.



Il existe trois catégories de son :

- Les sons graves sont les fréquences inférieures à 100 Hz soit les basses fréquences
- Les sons moyens sont les fréquences entre 100 Hz à 2 kHz soit les moyennes fréquences
- Les sons aigus sont les fréquences supérieures à 2 kHz soit les hautes fréquences

En acoustique du bâtiment, on considère un intervalle de fréquences comprises entre 100 Hz et 5 kHz. La sensibilité de l'oreille humaine moyenne va de 20 Hz à 20 kHz.

Le Bruit

Le bruit est une vibration de l'air qui se caractérise par sa fréquence, son intensité et sa durée d'émission. C'est un mélange complexe de sons purs à de multiples fréquences et amplitudes différentes. On associe le bruit à toute sensation désagréable, gênante ou non voulue (par exemple : bruit d'avion, de machine, parole, etc.)

➤ Les règles d'addition des niveaux de bruits

Le niveau sonore s'exprime selon une échelle logarithmique, les règles d'addition classiques ne s'appliquent donc pas aux niveaux du bruit. Par exemple, deux conversations identiques et simultanées, dont le niveau sonore est de 50 dB, ne donneront pas un niveau sonore de 100 dB, mais un niveau sonore de 53 dB.

- Si les bruits sont de niveaux très différents

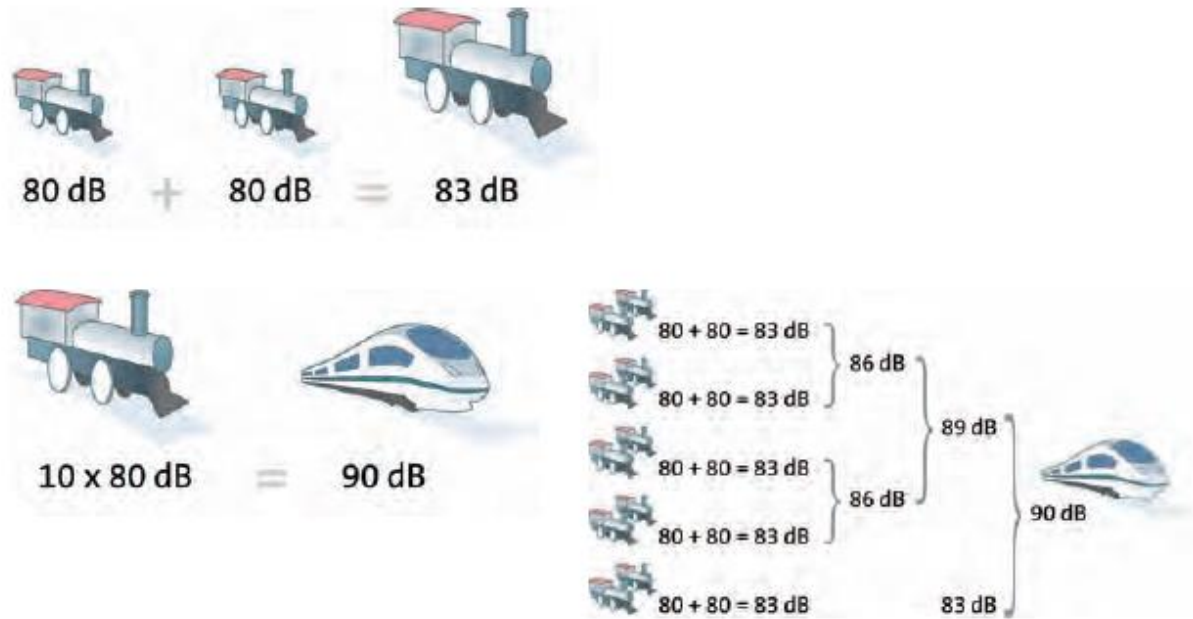
Si l'écart des niveaux de bruit est supérieur à 10 dB, le bruit le plus fort masque le plus faible. C'est l'effet << de masquage >> lorsque qu'un son est rendu inaudible par un autre.



- Si les bruits sont de niveaux voisins (écart <10 dB)

Si les niveaux de bruit sont similaires, l'évaluation du niveau de bruit résultant se fait par addition au niveau de bruit le plus fort d'une valeur donnée dans le tableau suivant :

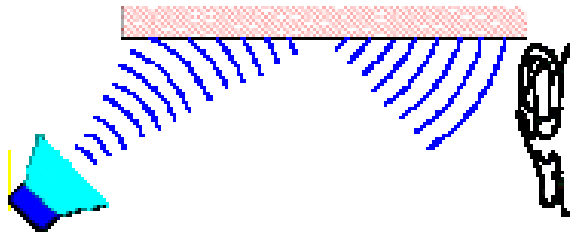
Différence entre deux niveaux sonores (en dB)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Valeur à ajouter au niveau le plus fort (en dB)	3,0	2,6	2,1	1,8	1,5	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5



➤ Echelle de bruit

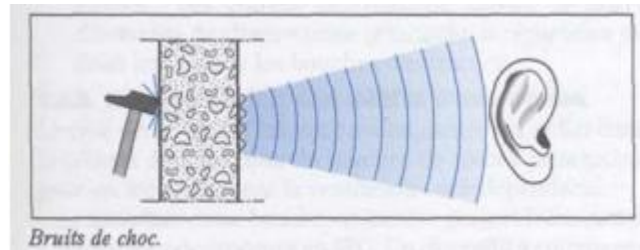
Sans danger pour l'audition	0 dB seuil d'audition 15 dB bruissement de feuilles 20 dB chuchotement / jardin paisible 25 dB conversation à voix basse 30 dB Appartement d'un quartier tranquille 40 dB Rue résidentielle 50 dB Bruit d'une voiture au ralenti 60 dB Sonnerie de téléphone 70 dB Restaurant bruyant 85 dB tondeuse à gazon
Facteur de troubles auditifs	90 dB Rue au trafic intense 95 dB Train passant en gare
Pénible à entendre	100 dB Marteau piqueur 105 dB concert
Difficile à supporter	110 dB Atelier de chaudronnerie
Seuil de la douleur	120 dB Moteur d'avion 130 dB Décollage d'un avion
Exige une protection auditive	140 dB Turbo réacteur au banc d'essai 180 dB Fusée Ariane au décollage

Types de bruits en présence dans le bâtiment



Les bruits aériens intérieurs et extérieurs (sons qui naissent et se propagent dans l'air) : voix, musique, avions, etc.

Les bruits solidiens (sons qui naissent au contact d'un élément constitutif du bâtiment et se propage au travers de celui-ci) : outils, etc.



Par exemple, si je saute dans mon appartement, les voisins du dessous ressentiront un bruit d'impact, tandis que les gens qui m'accompagnent entendront un bruit aérien. Souvent, une stratégie acoustique devra tenir compte de l'interaction simultanée et d'impact.

Comportement des bruits dans le bâtiment

Lorsqu'un son aérien atteint une paroi verticale ou horizontale), trois phénomènes peuvent se produire :

- La réflexion sur la paroi
- L'absorption par la paroi
- La transmission au travers de la paroi

Lorsqu'une onde sonore rencontre une paroi séparant deux milieux, l'énergie incidente se trouve en partie :

- Réfléchi et absorbé : ces phénomènes concernent la correction acoustique
- Absorbé et transmis : ces phénomènes concernent l'isolation acoustique

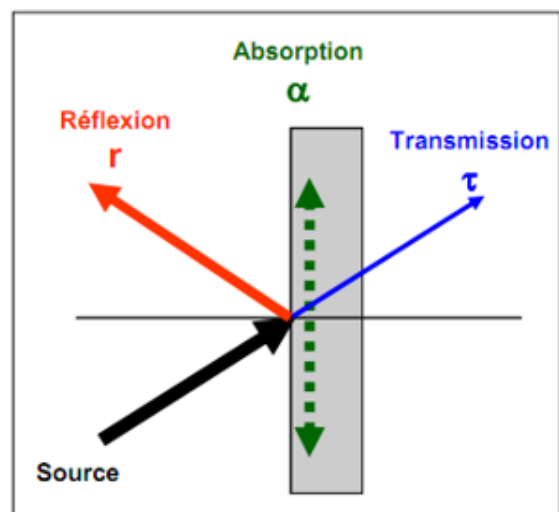


Figure A9 : L'énergie envoyée par la source sur la paroi est en partie réfléchi sur l'obstacle, et en partie absorbé et transmis par la paroi

Réverbération

Quand un son se propage dans une pièce, nous entendons à la fois le son direct, mais le son réfléchi, qui est composé des réflexions du son direct provenant de toutes les surfaces de la pièce. C'est la réverbération.

A chaque impact sur une paroi, une part de l'énergie est consommée par absorption et progressivement le niveau sonore dans le local diminue. C'est le temps mis par les ondes pour s'atténuer après réflexion sur les parois de la salle.

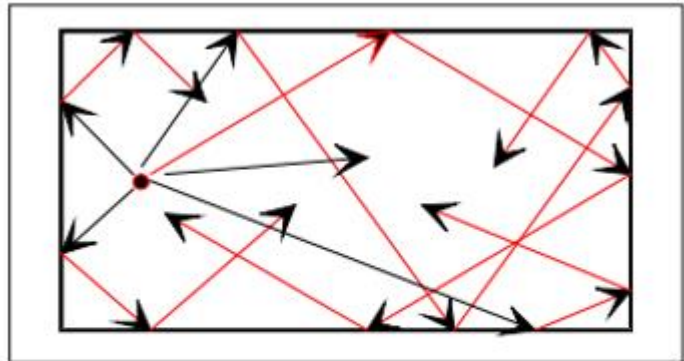


Figure A13 : La source envoie des ondes dans toutes les directions, qui se réfléchissent sur les parois du local

Comportement des matériaux

➤ Indice d'affaiblissement acoustique

La capacité d'un matériau à empêcher la transmission des sons aériens est évaluée par son indice d'affaiblissement acoustique appelé R (dB).

Celui-ci est déterminé en laboratoire et correspond à la différence entre les niveaux de pression acoustique régnant dans les locaux d'émission et de réception.

➤ Fréquence critique et fréquence de résonance

Ces deux fréquences correspondent à deux modes de vibration d'une paroi homogène.

La fréquence de résonance est située dans les basses fréquences. Lorsqu'elle est rencontrée, il se produit une chute de l'isolation acoustique de la paroi. Plus un matériau est rigide, plus cette diminution de l'isolation est importante.

La fréquence critique est située dans les hautes fréquences. Si elle se situe dans la zone sensible de l'oreille (fréquence de la parole par exemple), la chute d'isolation peut se révéler très gênante.

Correction acoustique

Le confort acoustique désiré peut nécessiter de réaliser, selon la situation, une correction acoustique au sein d'un local et/ou une isolation acoustique entre deux ou plusieurs locaux d'un bâtiment :

- La correction acoustique est un traitement de la capacité d'absorption et de réflexion d'une ou de plusieurs parois en agissant sur leur texture, leur relief, leur géométrie et les matériaux de revêtement.
- L'isolation acoustique est un traitement de la transmission du bruit au travers des parois, en agissant sur la structure même de celle-ci.

Le fait de placer un matériau plus absorbant sur la paroi de séparation diminue la part de l'énergie réfléchi, mais ne modifie quasiment pas le facteur de transmission de cette paroi.

➤ Principes de correction acoustique

L'état de la surface et de la composition des parois (murs, plafond, sol) d'un espace construit détermine en grande partie ses caractéristiques acoustiques. En fonction de la destination du lieu, on alternera les parois lisses réfléchissant le son (par exemple les murs plafonnés), et les parois absorbantes (par exemple une contre cloison perforée avec isolant). Pour éviter un effet << ping-pong >> entre deux murs parallèles réfléchissants, on applique un matériau absorbant sur l'un d'eux.

Outre le travail sur les parois, certains accessoires ont pour effet de réduire la réverbération : tissus (moquette, plafond tendu, etc.), mais également le mobilier.

L'atténuation de la réverbération est exigée par la réglementation acoustique applicable au résidentiel dans les parties communes tels que les couloirs et cages d'escalier. Dans les salles de classe ou les salles de réunions, il est intéressant de placer les matériaux absorbants sur les parois verticales disponibles, ceci afin de garantir une meilleure intelligibilité de la parole.

Le sol est traité par la présence des auditeurs. Les réflexions sur le plafond sont utiles pour renforcer le son vers les places les plus éloignées de la source de bruit. Si une partie du plafond est à traiter (lorsqu'il n'y a pas assez de surface de parois verticales disponibles) le traitement est à placer vers le fond de la salle.

Lorsque les salles sont longues (plus de 10 m), le mur du fond est à revêtir d'absorbant pour éviter les échos francs. Ce traitement est à réaliser à partir d'une hauteur de 1.2 m du sol, car la surface située juste derrière les auditeurs est déjà neutralisée par ces auditeurs, qui sont des absorbants non négligeables.

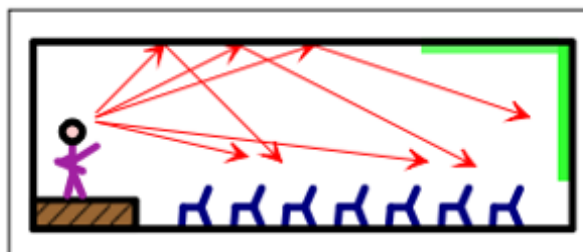


Figure A18 : Dans une salle de grande longueur, on a besoin de la réflexion sur le plafond pour renforcer l'énergie qui arrive sur l'auditoire.

Dans un restaurant, les sources de bruits sont réparties sur toute la surface. Il est important d'absorber l'énergie acoustique émise le plus près possible des sources, il est donc recommandé de prévoir un plafond très absorbant, avec une relativement faible hauteur sous plafond. Mais, même lorsque ce type de traitement est réalisé, le niveau de bruit de fond reste élevé si un grand nombre de personnes parlent en même temps.

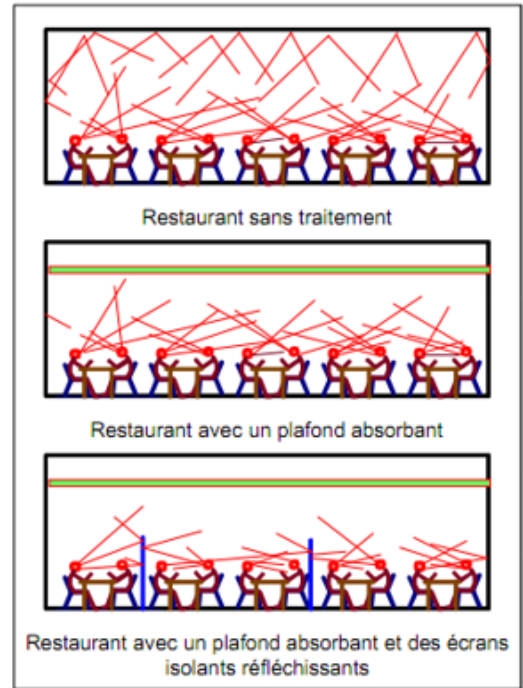


Figure A19 : principe de traitement acoustique d'un restaurant

Isolation acoustique

Lorsqu'un bruit est produit par une source dans un local, appelé « local émission », les ondes acoustiques heurtent les parois qui sont mises en vibration et qui deviennent source de bruit dans le local voisin, appelé « local réception ». On affecte généralement l'indice 1 aux grandeurs acoustiques caractérisant l'émission et l'indice 2 à celles du local réception.

A l'émission, toutes les parois du local sont mises en vibration, en particulier la paroi de séparation entre les locaux et les parois latérales, souvent communes aux deux locaux.

On constate que l'énergie acoustique cherche toutes les voies de transmission possibles pour passer du local émission vers le local réception.

La paroi de séparation est loin d'être la seule à assurer l'isolation entre les locaux. L'isolation acoustique consistera donc à limiter les transmissions d'un bruit aérien d'un local à un autre.

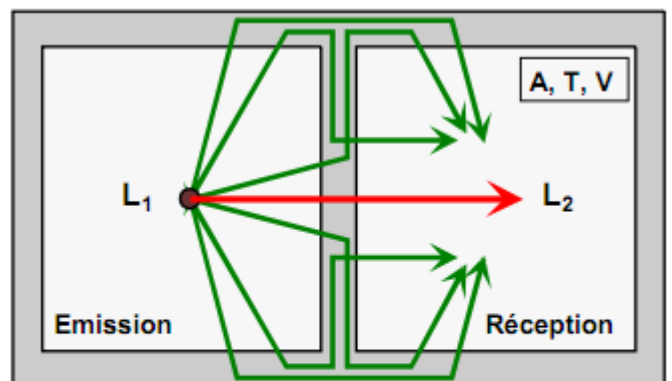


Figure A22 : La transmission directe par la paroi de séparation et les voies de transmission par les parois latérales.

➤ Solutions technologiques

1. Limiter les surfaces de séparation

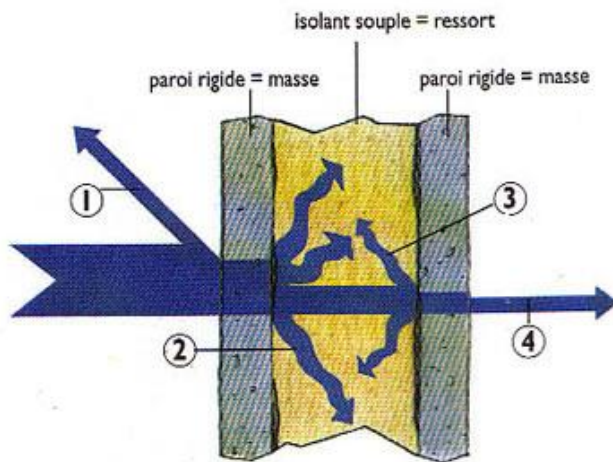
Chaque m^2 de mur ou de plancher de séparation entre des espaces contigus représente un diffuseur sonore de plus. Plus cette surface de séparation est développée, plus la transmission du bruit est importante.

2. Créer de la masse

Selon la « loi de masse », plus un matériau est lourd (dense et épais), plus il isole. Ce principe met en évidence l'intérêt des matériaux massifs dans l'acoustique architecturale. La présence de masse est particulièrement efficace dans l'atténuation des bruits aériens, puisque les ondes de l'air auront plus de difficulté à faire vibrer un élément lourd

3. Déphaser les ondes

Le spectre du son comporte toute une série de fréquences et de longueurs d'ondes différentes. Chaque matériau, par ses propriétés physiques et sa masse, absorbe une tranche sélective de ces ondes. La création d'un complexe de couches hétérogènes est donc particulièrement efficace dans le captage de la globalité des phases du son. Il s'agit de varier l'épaisseur et la densité volumique des matériaux employés dans l'élément acoustique. C'est le principe Masse/Ressort/Masse (double vitrage par exemple)



1. La première paroi rigide réfléchit une partie du bruit, en laisse passer une autre part - "masse"
2. L'isolant souple absorbe encore une partie du bruit restant - "ressort"
3. La paroi rigide opposée en réfléchit encore une part à l'intérieur du matériau souple - "masse"
4. Reste une faible part du bruit initial

4. Etanchéifier

Cette stratégie est la plus importante d'entre toutes.

Les effets des efforts d'isolation acoustique ne s'additionnent pas : c'est le point le plus faible d'une paroi qui détermine sa performance d'isolation. Un trou, une fente, le passage d'une canalisation, un mauvais jointolement au pourtour d'un châssis ou une fissure peut ruiner les efforts acoustiques de toute une paroi. Il faut donc rechercher une étanchéité et une homogénéité maximale de la paroi pour limiter le risque de fuites sonores. C'est simple : là où l'air passe, le bruit passe.

Une bonne isolation acoustique suppose nécessairement une bonne étanchéité à l'air qui ne doit toutefois pas s'opérer au dépend d'une ventilation saine des espaces.

5. Bruits solidiens

Pour les bruits de chocs deux principes de solutions peuvent être appliqués pour atténuer leur transmission vers les locaux à protéger :

Ou bien, on amortit le choc à la source en équipant la paroi sollicitée d'un revêtement souple. Par exemple on équipe les planchers d'un revêtement de sol mince et souple tel qu'une moquette ou un matériau plastique sur sous couche résiliente.

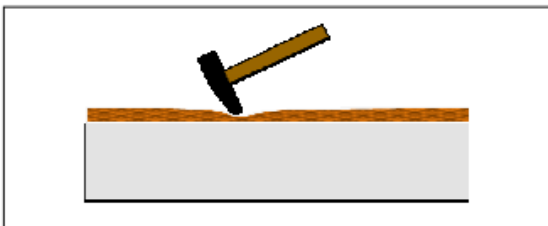


Figure A11: Amortissement des chocs par un revêtement souple.

Ou bien, on crée une coupure sur le trajet de l'énergie due au choc en réalisant des sols flottants sur sous couche résiliente (chapes flottantes, parquets ou carrelages flottants)

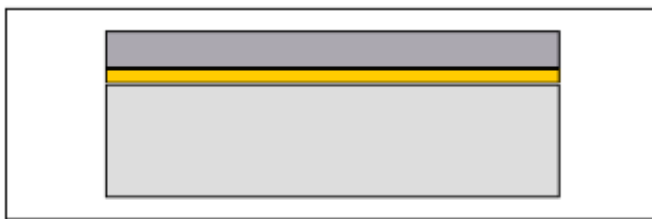


Figure A12 : Principe de la diminution de la transmission des bruits de chocs par un sol flottant.

Notons que l'énergie communiquée à une paroi par un choc est nettement supérieure à celle qui heurte les parois dans le problème de l'isolation acoustique aux bruits aériens entre locaux. Les techniques d'isolation aux bruits aériens sont, le plus souvent, peu efficaces pour diminuer les bruits dus aux chocs.

Pour les vibrations, on peut limiter leur production par un bon équilibrage des parties tournantes des équipements, par une suspension antivibratile des machines, par des colliers souples de canalisations...