

INTRODUCTION A LA DOMOTIQUE

I. Définition :

La domotique est l'ensemble des techniques et technologies qui facilitent la vie quotidienne et permettent une gestion automatisée des fonctions électriques de l'habitation. Ce domaine concerne principalement les appareils électriques que l'on utilise dans le confort, la sécurité, la gestion des énergies.

La domotique est le domaine technologique qui traite de l'automatisation du domicile, d'où l'étymologie du nom qui correspond à la contraction des termes "**maison**" (en latin "domus") et "**automatique**". Elle consiste à mettre en place des réseaux reliant différents type d'équipements (électroménager, HiFi, équipement domotique, ...etc) dans la maison. Ainsi, elle regroupe tout un ensemble de services permettant l'intégration des technologies modernes dans la maison. Nous connaissons déjà certains systèmes qui automatisent certaines tâches dans la maison tels que :

- Le four qui nous permet de programmer l'heure et la durée de la cuisson d'un gâteau.
- Le radiateur sur lequel on peut régler la température ambiante à l'aide d'un thermostat.
- L'enregistreur vidéo que l'on peut programmer pour enregistrer une émission télé.
- Le détecteur de présence qui éclaire l'entrée de la maison.

La domotique repose sur le concept **Machine to Machine** (désigné par **M2M** ou encore (**M to M**) qui consiste à rendre des machines intelligente en leur permettant de communiquer entre elles sans intervention humaine.

On peut regrouper les fonctions de la domotique en 4 principaux domaines:

- **Le confort des occupants** (la cafetière fait le café automatiquement tous les jours à 8h du matin,etc).

Parmi les besoins visés par la domotique, on peut citer le confort et les loisirs des occupants. Il existe de nombreuses applications pour les loisirs et le confort. Certaines actions peuvent être programmées. On peut par exemple programmer la préparation du café à la même heure tous les matins. On peut également citer tous les équipements électroménagers : aspirateur qui détecte la saleté, ouverture et fermeture de portes de garages, tondeuse à gazon automatique,...

Dans ce domaine, on profite des contrôles à distance pour qu'on avait déjà pour la télé, pour des fonctions plus avancées pour :

- Commander l'ouverture/fermeture des volets ;
- Gérer un média center.

- **La sécurité des occupants** (mise en place d'alarmes, de caméras IP ou d'autres équipements permettant la télésurveillance).

la sécurité des occupants dans la maison est un point recherché. Quand on quitte la maison on souhaite qu'elle reste surveillée. On cherche à éviter les intrusions, les tentatives de violations, intempéries (même légères). On a également d'autres types de problèmes : incendie, inondation, fuite de gaz...

La domotique peut proposer un panel très large de détecteurs et de capteurs :

- Des mouvements
- Des inondations
- Le bris de verre
- Les vibrations
- L'ouverture de porte et fenêtre
- La fumée / feu
- L'humidité / inondation
- La pluie, le vent, la tempête

Une autre forme de sécurité de la maison est le fait d'être capable d'agir sur sa maison à distance. Il va ainsi être possible de bloquer ou libérer les serrures à distance. Ici encore, on peut être alerté en cas de détection de problèmes.

- **Les économies d'énergies** (régulation du chauffage, lancement de certaines tâches couteuse en énergies pendant les heures creuses d'EDF,etc).

Actuellement, les économies d'énergies sont aussi considérés en domotique. La solution pour les économies d'énergie est de minimiser le gaspillage. Il s'agit en fait de supprimer une énergie dépensée alors qu'elle n'est pas utilisée. Pour y arriver, disposer de l'information sur la consommation : on peut se trouver dans une pièce et voir les lampes allumées dans les autres sur un simple LED. De ce fait, on pourra piloter l'énergie pour qu'elle soit attribuée au besoin (à la demande). Mais certains actions peuvent être gérées automatiquement par le système en place, par exemple, on peut :

- Ne chauffer que les pièces où les personnes se trouvent.
- Gérer efficacement l'éclairage en mettant éteignant les lumières non utilisées.
- Utiliser des lampes économiques.

- **La santé** (télésanté, télémedecine, etc).

Cette application de la domotique est essentiellement prévue pour le suivi des personnes fragiles (Personnes âgées, Handicap lourd, Malentendants ou sourds...). On peut imaginer qu'un équipement installé sur une personne ou dans son domicile contrôle un certain nombre de paramètres comme : son rythme cardiaque, sa température corporelle, son taux de glycémie (pour le cas d'un diabétique), la qualité de l'air...

En fonction des résultats mesurés par ces détecteurs, il va être possible de remonter des alertes vers des organismes compétents : services d'urgence,... ou les proches.

II. Les technologies utilisées pour la domotique :

Généralement, une installation domotique peut être conçue sur 3 principaux types de technologie. Ces technologies peuvent cohabiter, être superposées suivant l'installation dans le temps.

- La **domotique** sans fil. La radio fréquence : La transmission se fait sans fil. Elle convient particulièrement aux travaux de rénovation légère, étant donné qu'elle est utilisée en complément d'une installation filaire traditionnelle.
- La technologie du courant porteur en ligne (CPL ; La **domotique** CPL) : Elle permet le transfert et l'échange d'information et de données en passant par le réseau électrique existant. Son avantage est qu'elle ne nécessite pas de travaux particuliers.
- La technologie bus filaire (Le câblage **domotique**) : Est souvent utilisée dans la construction ou la rénovation des bâtiments en raison de l'installation d'un bus filaire.

CONFORT DANS LES BATIMENTS

Le confort dans les bâtiments : C'est l'ensemble des facteurs procurent les aises de la vie. Le confort se définit, généralement, **par l'absence de gêne**. La "gêne" peut provenir du milieu physique :

- De l'air ambiant, - Des espaces,
- Des installations, - Du mobilier.

On trouve ainsi plusieurs sources de confort :

- **Le confort acoustique :** ambiance sonore
- **Le confort visuel :** ambiance lumineuse
- **Le confort thermique :** températures, chauffage
- **Le confort hygrométrique :** humidité relative, renouvellement de l'air
- **Le confort mobilier :** installation de meubles adaptés.

Ce sont là des facteurs "objectifs" du confort, puisque tous, peuvent s'évaluer ou se mesurer.

Parallèlement, il existe aussi une approche "subjective" du confort :

- Une ambiance chaude par l'ambiance colorée
- Le moelleux d'un cousin.

Tout cela concerne les sentiments et le goût de chacun, cela ne se mesure pas, cela se ressent !

1. LE CONFORT ACOUSTIQUE :

Le confort acoustique est conditionné par l'absence de toute gêne sensorielle due : aux sons et aux bruits.

I.1. Le son

* Le son est une sensation auditive produite par l'effet d'une vibration des particules de l'air dans toutes les directions.

* Le son est une vibration mécanique d'un fluide (gaz ou liquide, le plus souvent l'air), qui se propage sous forme d'ondes longitudinales grâce à la déformation élastique de ce fluide.

* Le son pur est une vibration dans un milieu élastique (air, eau, matière solide) caractérisé par une fréquence (nombre de vibrations par seconde), une amplitude (niveau sonore ou volume du son) et une durée.

A partir de la fréquence, on peut classer les sons en 3 catégories:

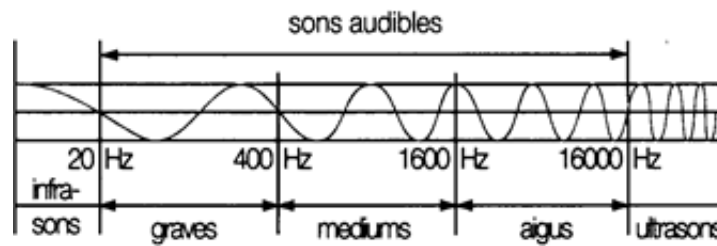
- ✓ Les sons graves (fréquence inférieure à 100Hz = basse fréquence) ;
- ✓ Les sons moyens (fréquence allant de 100 Hz à 2 kHz = moyenne fréquence) ;
- ✓ Les sons aigus (fréquence supérieure à 2 kHz = haute fréquence) ;
- ✓ La plage de fréquences audibles : Les sons audibles par l'homme ont généralement des fréquences comprises entre 20 Hz et 20 KHz.
- ✓ La sensibilité de l'oreille humaine moyenne normale va de 20 Hz à 20 kHz.

I.2. Perception auditive, bruit et gêne sonore

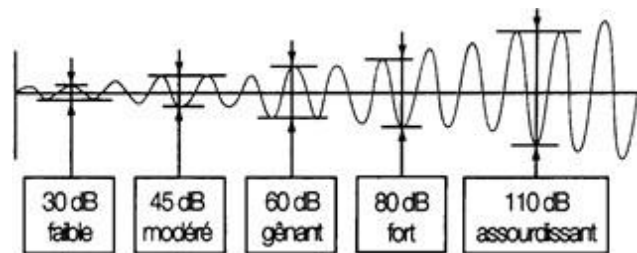
L'oreille humaine perçoit l'onde sonore, qui est caractérisée par des grandeurs physiques: Amplitude, Fréquence et Spectres. A travers des sensations physiologiques: le son est caractérisé par : L'intensité (**son** plus ou moins ou faible), la hauteur (Son plus ou moins grave ou aigu) et le timbre (**son** plus ou moins riche ou pauvre).

La hauteur d'un son dépend de la fréquence: on distingue les sons graves correspondant aux basses fréquences, les sons médiums et les sons aigus correspondant aux hautes fréquences. D'une manière générale, nous percevons les sons grâce à deux paramètres de leurs caractéristiques essentielles :

a- La hauteur ou fréquence : C'est la propriété d'un son qui le fait entendre grave (fréquence faible) ou aigu (fréquence élevée). S'exprime en hertz (Hz), la figure ci-dessous représente l'échelle des hauteurs. L'oreille humaine peut entendre des fréquences émises entre 16 et 16 000 Hz environ.



b- L'intensité ou niveau sonore : C'est la propriété d'un son qui le fait entendre faible ou fort. Le niveau sonore s'exprime en décibels (dB) et se mesure à l'aide d'un sonomètre. Les sons trop faibles ne sont pas perçus par l'oreille.



C - Mesure du son

L'intensité des **sons** est exprimée en décibels dans une échelle allant de 0 dB(A), seuil de l'audition humaine, à environ 120 dB(A), limite supérieure des bruits usuels de notre environnement.

Le système auditif a de particulier que pour un même niveau sonore (dB), la fréquence du son (Hz) peut donner des sensations auditives différentes.

Conséquences :

Le son se mesure en décibels (dB), unité de mesure logarithmique, ce qui implique que :

- ✓ L'addition de deux sources sonores identiques entraîne une augmentation de 3 dB ($50 \text{ dB} + 50 \text{ dB} = 53 \text{ dB}$).
- ✓ Une multiplication par 10 de la puissance acoustique entraîne une augmentation de 10 dB. ($50 \text{ dB} \times 10 = 60 \text{ dB}$).
- ✓ Si deux bruits ont des niveaux sonores différents d'au moins 10 dB, le plus élevé masque le plus faible, effet de masque. ($50 \text{ dB} + 60 \text{ dB} = 60 \text{ dB}$)

La mesure du niveau sonore se fait à l'aide d'un « sonomètre » qui transforme l'énergie du son en tension électrique.

I.3. Sources et mode de propagation des bruits

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.).

I.3.1. Bruit aérien et bruit d'impact

Pour mettre en œuvre une isolation adaptée, il est important de distinguer le bruit aérien du bruit d'impact.

Dans le cas du bruit aérien, une source sonore transmet le son en faisant vibrer l'air. Lorsque ces vibrations atteignent notre tympan, nous les percevons comme du son. Les exemples de bruit aérien sont : la voix humaine, les appareils de télévision et Hi-Fi, les instruments de musique, voitures, avions,...

Ces bruits aériens peuvent se propager de l'extérieur à l'intérieur, entre deux espaces dans le même bâtiment ou dans deux bâtiments attenants (radio chez soi ou télévision des voisins), mais aussi de l'intérieur vers l'extérieur.

On parle de bruit d'impact lorsque la construction est directement sujette aux vibrations provenant de la source sonore. Cette vibration se propage dans la construction et fait vibrer l'air dans un autre espace. Exemples: Pas des personnes, mobilier déplacé, équipements collectifs, fluides, une porte qui claque, le bruit lorsqu'on enfonce un clou dans un mur, les pattes de chaise sur un sol dur,.....

Il arrive souvent que les bruits aériens et d'impact soient combinés: un piano, par exemple, émet un bruit aérien par l'intermédiaire du sol en bois, mais il produit également du bruit d'impact par le biais de ce même sol.

I.3.2. Bruit indirect.

L'isolation acoustique entre deux espaces attenants sera principalement déterminée par les propriétés isolantes de la structure de séparation. Cependant, des vibrations sonores peuvent être transmises par des sols ou des murs continus et ainsi contourner la structure de séparation. Dans ce cas, des mesures d'isolation spécifiques s'imposent.

I.3.3. Bruit de circulation.

Les bruits de circulation sont diffusés par tout espace où l'air circule, les conduits d'évacuation, un couloir commun, ... Il est par exemple conseillé de prévoir une sorte de barrière autour de la cage d'escalier ou de l'ascenseur.

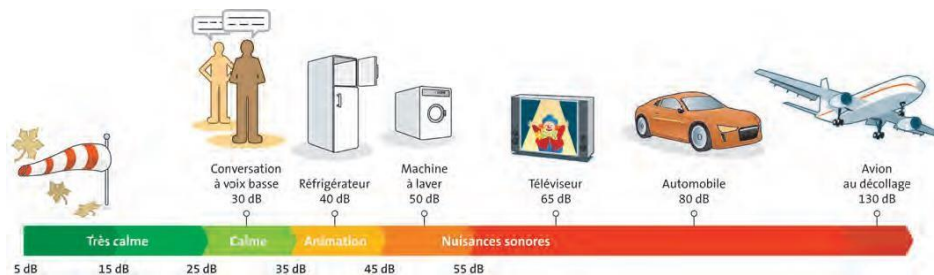
I.3.4. Bruit d'équipement.

Sont des sons générés par les machines et/ou les installations dans le bâtiment, par exemple: les ascenseurs, machines à laver, pompes à eau, chaudières au mazout ou au gaz,

conduits d'évacuation, Dans ce cas, des mesures spéciales en matière d'isolation acoustique sont d'application surtout au niveau du socle sur lequel ces machines sont installées : le but est que les vibrations soient transmises le moins possible de l'appareil au sol. Pour les évacuations et les canaux, on peut faire appel à des produits en laine de verre conçus à cet effet.

I.3.5. L'échelle des niveaux de bruit :

L'échelle des niveaux de bruit ci-dessous permet d'organiser des bruits courants en fonction de la perception de l'oreille humaine: de l'ambiance calme d'une conversation à voix basse aux nuisances sonores provoquées par un avion au décollage.



I.4. Vitesse de propagation des sons

La vitesse de propagation dépend du milieu dans lequel est émis le son.

I.4.1. Par voie aérienne

« Les bruits aériens » La vitesse de propagation en l'air à 20°C est de 340m/s.

Propagation directe : de la source à l'oreille. L'intensité d'un bruit diminue avec la distance. Réverbération : retour du son à la source, l'écho. La durée de l'écho est fonction de la dureté des matériaux et de leur état de surface.

I.4.2. Par voie matérielle

« Bruits d'impacts et solides » sont des bruits transmis par les matériaux. La vitesse de propagation, ou célérité, est fonction de l'homogénéité et de l'élasticité des matériaux.

Matériaux, matières	Célérité en m/s
Caoutchouc	40 à 150
Liège	450 à 500
Eau	1 460
Bois	1 000 à 2 000
Plomb	1 320
Brique	2 500
Béton	3 500
Acier	5 000 à 6 000
Verre	5 000 à 6 000

I.5. Le son et la construction.

Les principales fréquences dont il faut tenir compte dans la construction se situent entre 100 Hz et 4.000 Hz. Nos constructions doivent être isolées de manière optimale dans ce spectre de fréquences. La portée significative de la voix humaine varie de 500 Hz à 2000 Hz. Pour l'isolation de bureaux ou de salles de réunion par exemple, ces fréquences sont déterminantes.

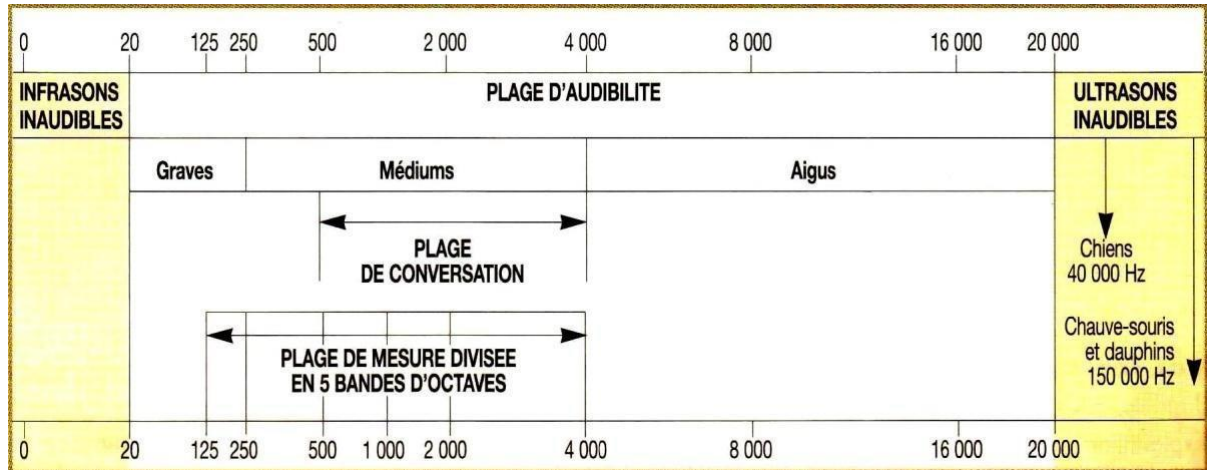


Figure 1. Echelle de fréquences audibles

Dans le domaine du bâtiment, seule est prise en compte une plage réduite de fréquences, décomposées en six bandes d'octave centrées sur les valeurs suivantes: 125 – 250 – 500 – 1000 – 2000 – 4000 Hz.

La fréquence des sons émis intéresse le secteur du bâtiment pour deux raisons essentielles: la qualité isolante des parois et la sensibilité de l'oreille humaine qui ne sont pas les mêmes pour toutes les fréquences.

* La limite supérieure des fréquences audibles est différente chez les animaux : 150 000 Hz pour les dauphins, 80 000 Hz pour les chiens, 40 000 Hz pour les chats, 4 000 Hz pour les poissons rouges.

Les ultrasons de fréquence supérieure à 20 000 Hz et les infrasons de fréquence inférieure à 20 Hz ne sont pas audibles par l'homme. Cependant, les infrasons peuvent affecter notre santé.

* L'octave est l'intervalle compris entre deux fréquences dont l'une est le double de l'autre.

* Cette plage est également décomposée en dix-huit bandes de tiers d'octave allant de 100 à 5000 Hz, et même en seize bandes de tiers d'octave allant de 100 à 3150 Hz pour les textes européens.

I.5.1. Isolation acoustique et absorption acoustique.

On confond souvent ces deux notions, alors qu'elles ont une signification très différente.

- L'isolation acoustique désigne le barrage du son entre deux espaces, deux pièces. Dans ce cas, les structures de séparation doivent être isolées acoustiquement de manière optimale.
- L'absorption acoustique au contraire ne concerne qu'un seul espace intérieur et détermine la quantité de son qui est absorbée à l'intérieur de cet espace par les murs, les sols, les rideaux,... Dans un grand espace vide avec des murs et des sols durs et sans meubles, l'absorption acoustique est faible et la réverbération acoustique forte. Cet espace va sonner creux et donner lieu à un effet de résonance. Plus l'espace contient de surfaces douces et absorbantes, meilleure sera l'absorption et moins il y aura de résonance.

I.5.2. Principes d'isolation acoustique

a. La loi des masses.

D'après la loi des masses, en augmentant la masse des murs, donc simplement et uniquement en les rendant plus lourds, on obtient une meilleure isolation acoustique. Ce principe s'applique uniquement pour les structures massives étanches à l'air, par exemple les murs en béton et en maçonnerie. Pour satisfaire à l'isolation acoustique élémentaire, de tels murs pour un living ou une chambre à coucher doivent avoir une masse minimale de 450-500 kg/m². Pour une isolation de 6 dB supplémentaires, les murs doivent être deux fois plus épais. Pour arriver à une amélioration simplement audible, on arrive vite à un mur trois fois plus épais! Cette méthode a donc incontestablement des inconvénients :

Pour des raisons pratiques, il est difficile d'augmenter l'épaisseur d'un mur indéfiniment. Cela alourdirait la construction dans son ensemble et constituerait de plus une solution coûteuse.

Dans tous les cas, un mur plein lourd est toujours préférable à un mur plein léger, ou encore: plus la construction massive et étanche à l'air est lourde, meilleure sera l'isolation. Lorsqu'on isole selon un système masse-ressort-masse, ce principe n'est plus d'application.

b. Le système masse-ressort-masse.

Dans ce cas, on part de deux masses, séparées par un ressort, constitue, soit par de l'air, soit par un matériau isolant qui absorbe les vibrations sonores. L'isolation en laine de verre Isolser est idéale pour combler ce vide. En effet, c'est l'épaisseur qui importe, et pas la densité du matériau de remplissage. De plus, ce système assure un résultat optimal non

seulement au niveau acoustique, mais également au niveau thermique. Son fonctionnement peut s'expliquer de cette manière: le son frappe la première couche et la fait vibrer. Le matériau souple (l'isolation) entre les deux couches capture ces vibrations et agit comme un amortisseur. Le son très affaibli est ensuite transmis à la seconde masse. C'est ce qu'on appelle aussi le découplage acoustique.

I.6. L'isolation acoustique

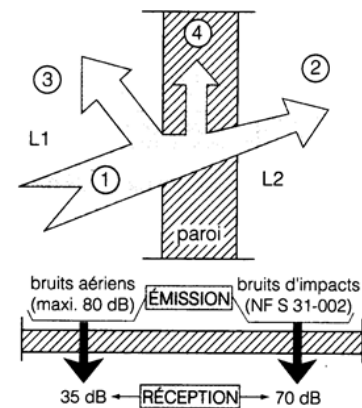
Le but de l'isolation acoustique est de créer une barrière aux bruits extérieurs à un local pour y réaliser en partie le confort acoustique.

Principe et réglementation

Isolement brut = $L1 - L2$

L1 : niveau sonore du local d'émission. L2 : niveau sonore du local de réception.

- 1 onde incidente
- 2 onde transmise
- 3 onde réfléchie
- 4 onde absorbée



Isolement normalisé

Isolement qui tient compte des possibilités d'amplification du son dans le local de réception par l'effet de réverbération.

Réglementation

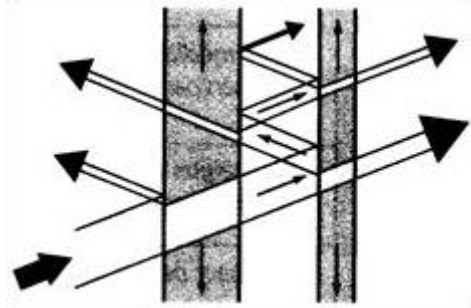
L'arrêté du 22.12.1975 définit l'isolement minimum entre deux logements « émission-réception ».

I.6.1. Isolement aux bruits aériens

Grands principes		Solutions techniques
Loi de distance	Le niveau sonore diminue de 6 dB chaque fois que l'on double la distance par rapport à la source.	Choisir un site calme. Bâtir le plus loin possible de la source sonore.
Loi de masse	A 500 Hz l'indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi augmente de 4 dB lorsque la masse de la paroi est doublée par unité de surface, et inversement.	Murs en matériaux lourds. Glaces épaisses. Feuilles de plomb.
Loi de fréquence	Pour une paroi de masse donnée, l'indice d'affaiblissement acoustique augmente de 4 dB lorsque la fréquence du son incident est doublée, et inversement.	Identique précédemment.
Loi de l'étanchéité	Plus la fréquence du son incident est élevée, (son aigu), plus les jeux doivent être réduits et les joints étanches pour faire barrière.	Pose de joints d'étanchéité Bourrage des fentes Prévenir les fissures.

I.6.2. Parois doubles

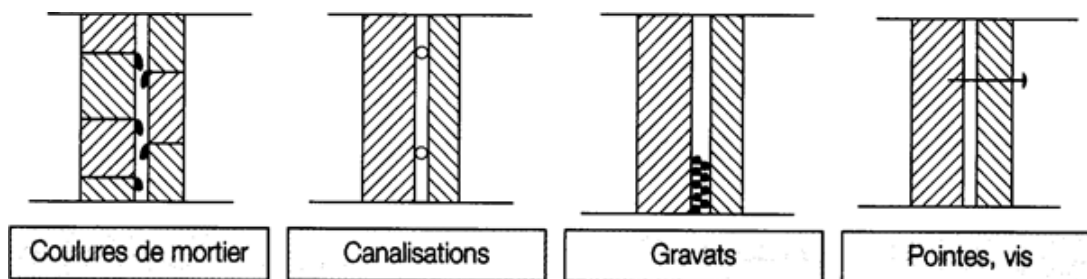
L'indice d'affaiblissement est amélioré par les phénomènes de réflexion dans les parois doubles. Cette technique permet d'obtenir des isollements acoustiques supérieurs à ceux donnés par la loi de masse dans les parois simples.



I.6.3. Isolement aux bruits solidiens

- Les ponts acoustiques

Ils sont particulièrement fréquents dans les parois doubles, qui perdent alors leurs avantages.



- Les deux types de bruits solidiens.

• Bruits d'impacts Limiter la propagation des vibrations, dues aux chocs, dans la structure des bâtiments. Absorber les vibrations à la source.	Solutions technologiques Coupures résilientes : dalles flottantes. Matériaux absorbants : moquettes, tapis.
• Bruits d'équipements Désolidariser les équipements du gros œuvre, Supprimer les liaisons rigides.	Liaisons élastiques, raccords souples.

I.7. Correction acoustique

Le but de la correction acoustique est de maîtriser la réverbération (écho) des sons émis à l'intérieur d'un local afin d'y améliorer le confort d'écoute et d'abaisser le niveau sonore.

I.7.1. Phénomène de réverbération.

Dans un local vide, on constate qu'un son bref persiste quelques secondes après son émission et décroît avant de devenir inaudible. Ce phénomène définit la réverbération du local. La durée de réverbération est donnée par la formule de Sabine.

Elle se mesure en secondes, elle est normalisée à 0,5 secondes.

La durée de réverbération augmente avec le volume du local et diminue avec les qualités absorbantes des parois ainsi qu'avec la quantité de meubles et de personnes dans le local.

La capacité d'absorption d'un matériau varie selon la fréquence du son à maîtriser.

T : Durée de réverbération en

secondes V : Volume du local en m³

A : Absorption totale du local en m².

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

I.7.2. Maîtrise des ondes sonores dans un local

Les techniques d'absorption sont fonction de la fréquence des sons à maîtriser dans le local.

- Sons graves absorption par résonateurs	Matériaux minces avec larges ouvertures placées sur des alvéoles construites sur la paroi : « pièges à sons ».
- Sons médiums absorption par vibration flexion	Panneaux perforés placés à une certaine distance, prescrite par le fabricant, de la paroi à traiter acoustiquement.
- Sons aigus absorption par porosité	Matériaux légers, poreux, mous, résilients, placés en habillage sur les parois.

I.7.3. Solutions pour le traitement acoustique d'un local.

Dans le cas général, la correction acoustique, dans le local, sera réalisée par la pose, sur les parois, d'habillage dont les qualités sont en adéquation avec les sons à maîtriser.

Murs	- Projection de matériaux fibreux. Panneau de fibres minérales ou végétales (bois). Tissus, mousses, moquettes
Plafonds	Dalles suspendues en fibres, perforées ou non, à surface rugueuse, doublées ou non de produits acoustiques absorbants.
Sols	Tapis, moquettes, mousse caoutchoutées.