La problématique acoustique d'un bâtiment en bois

Immeuble d'appartement Renard à Eghezee

Projet de diffusion de bonnes pratiques
[volet scientifique de la Formation *le Bois dans la Construction*]

RÉGION WALLONNE

(photo : D. Zastavni)

Auteurs : Delaunoit, Gilles ; Zastavni, Denis
Comité scientifique : Frère, Hugues* ; Vincke, Caroline** ; Zastavni, Denis***
[* : Hout Info Bois ; ** Eaux et Forêts, UCL ; *** : Architecture, Ingénierie architecturale, Urbanisme, UCL]

Les dossiers de Diffusion de bonnes pratiques

Dans le cadre du volet scientifique de la formation continuée de l'UCL *Le Bois dans la Construction*, un projet de diffusion de bonnes pratiques concernant l'utilisation du bois dans la construction a été imaginé afin de guider les concepteurs à l'abord d'un projet de construction avec le bois.

Ce projet comprend les analyses de cinq bâtiments en bois, exemplaires par leur demarche, tous implantés en Wallonie. Ces analyses ont pour objectif de récapituler les difficultés rencontrées pour atteindre de bonnes performances dans un bâtiment en bois si l'approche du concepteur est mauvaise. Chaque dossier récapitule les différents aspects de l'une de ces problématiques et illustre l'approche qui a été suivie par le concepteur pour viser à la performance souhaitée. Ils illustrent au travers des plans, des coupes et des détails techniques les particularités du projet et l'approche qui a été suivie par les concepteurs pour viser à la performance étudiée.

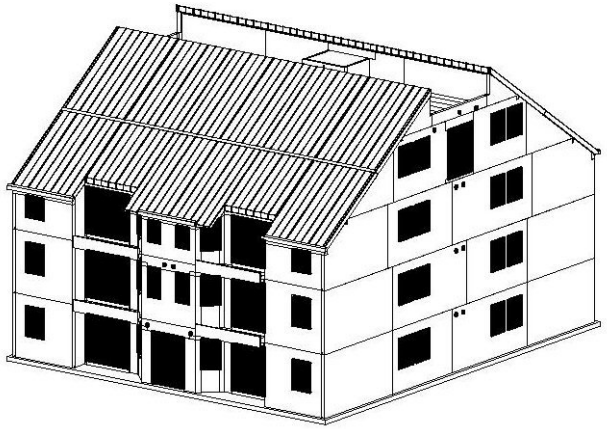
Les dossiers d'étude de cas n'ont pas pour vocation de donner des règles, des détails types ou un quelconque mode d'emploi eu égard à une performance. Ils ont pour objectif d'illustrer une approche possible de la problématique avec une illustration des solutions auxquelles cette approche a mené.

Fiche récapitulative

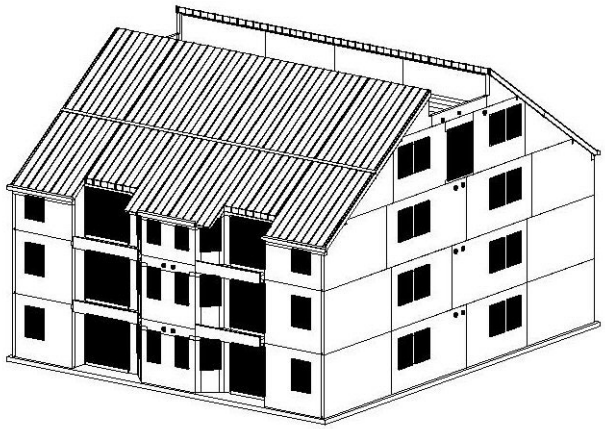
– Programme :	14 appartements, immeuble collectif
– Situation :	rue de la Gare, 34 à 5310 Eghezee
– Surface du bâtiment :	1325 m²
– Emprise au sol :	346 m²
– Auteur(s) de projet :	ATELIER 5 : P. Meilleur et J.P. Grégoire, architectes, Rue du Haut Cortil 1 Boîte 26, 5190 Jemeppe-Sur-Sambre. Tél : 071/78.68.68. (info@ateliercinq.be ; http://www.atelier5.be/)
– Maître d'ouvrage :	IMMOBILIERE RENARD BOOM (immorenardboom@skynet.be). Tél : 0477/66.60.24
– Entreprise(s) :	STS département MB-MA, 10 rue des Praules à 5030 GEMBLOUX. Tél : 081/600.391
	Fabrication et usinage des panneaux MHM : Stabilame
	Montage structure bois : STS
	Châssis PVC : STS
– Bureau(x) d'études spécialisé(s) :	
	Études stabilité, préfabrication et montage, détails d'exécution : STS
	Études techniques spéciales (électricité, chauffage, ventilation) : sous-traitants concernés
– budget total :	… (à compléter)
– budget de construction :	550.000 € (sans précision)
– prix des études	(compris dans les prix d'installation ou de fourniture)

Plans de situation, façades, coupes

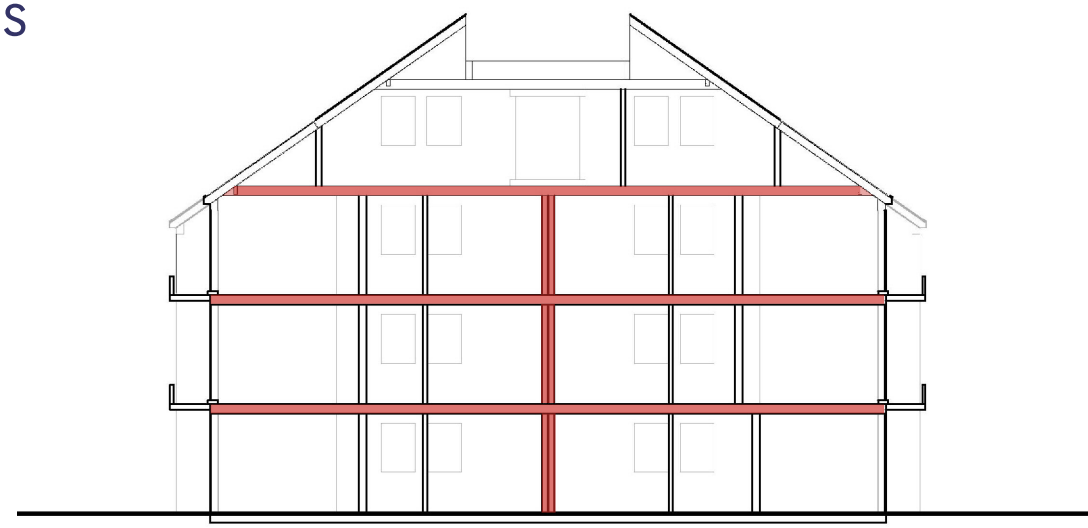
L'immeuble compte 12 appartements ouverts chacun sur une des deux façades et deux appartements au 3ème étage ouverts uniquement sur les façades latérales.
Le plan d'un étage est divisé en croix aux trois premiers niveaux.



Façade Avant

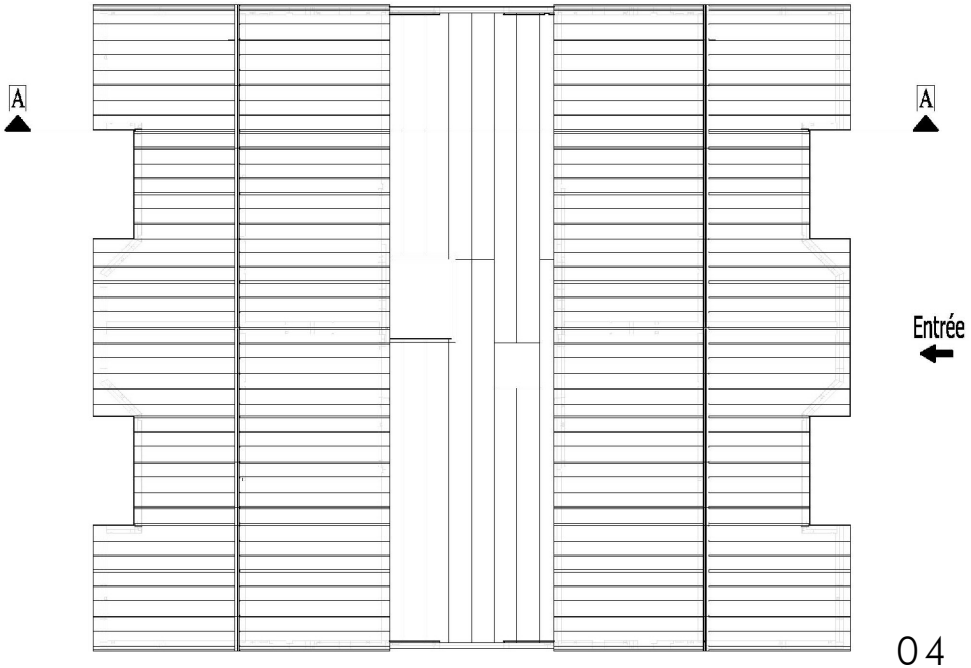


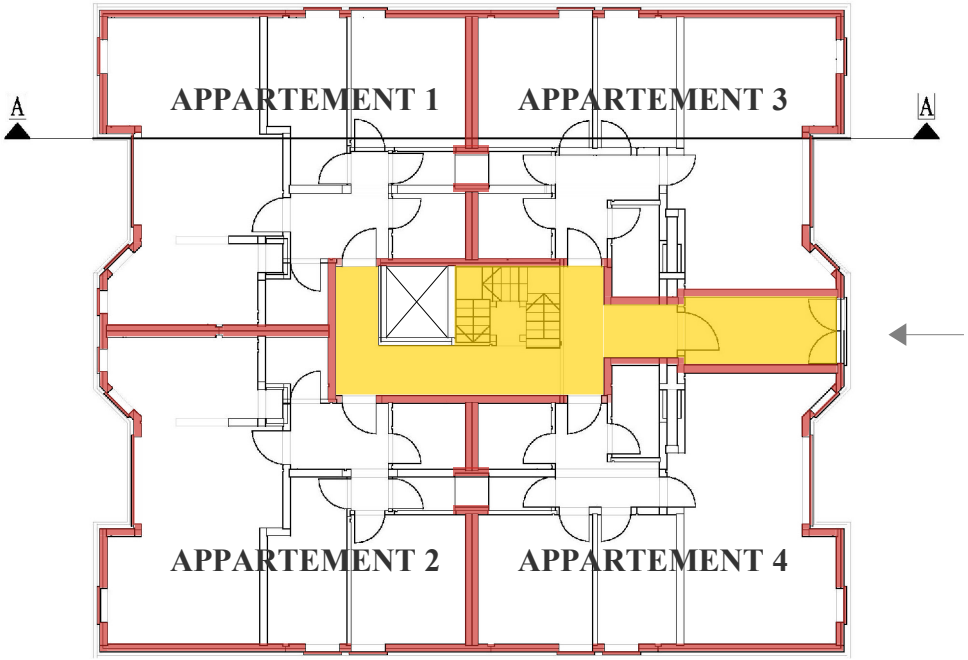
Façade Arrière



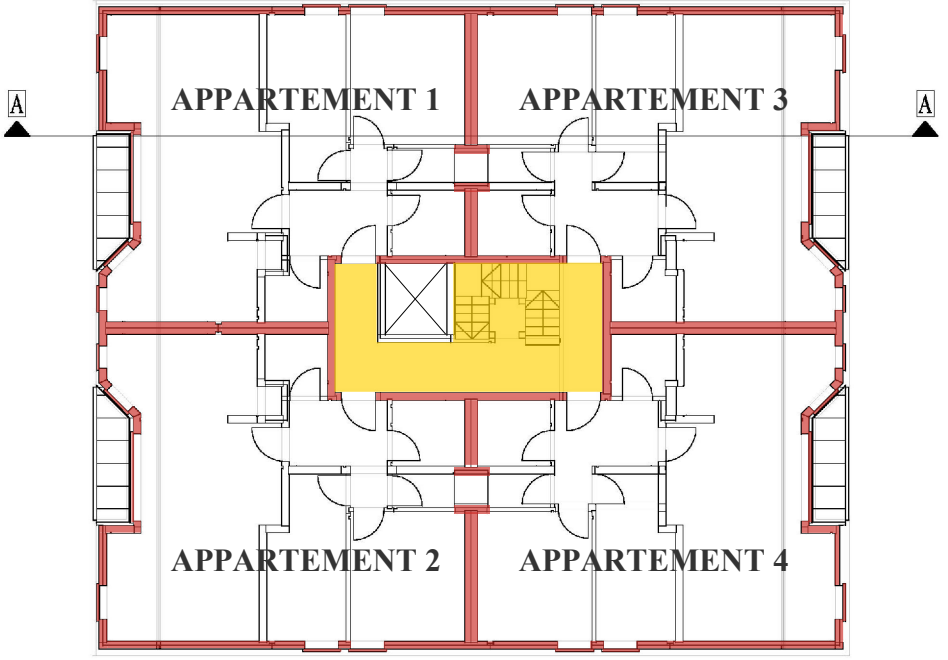
Coupe AA

Toiture

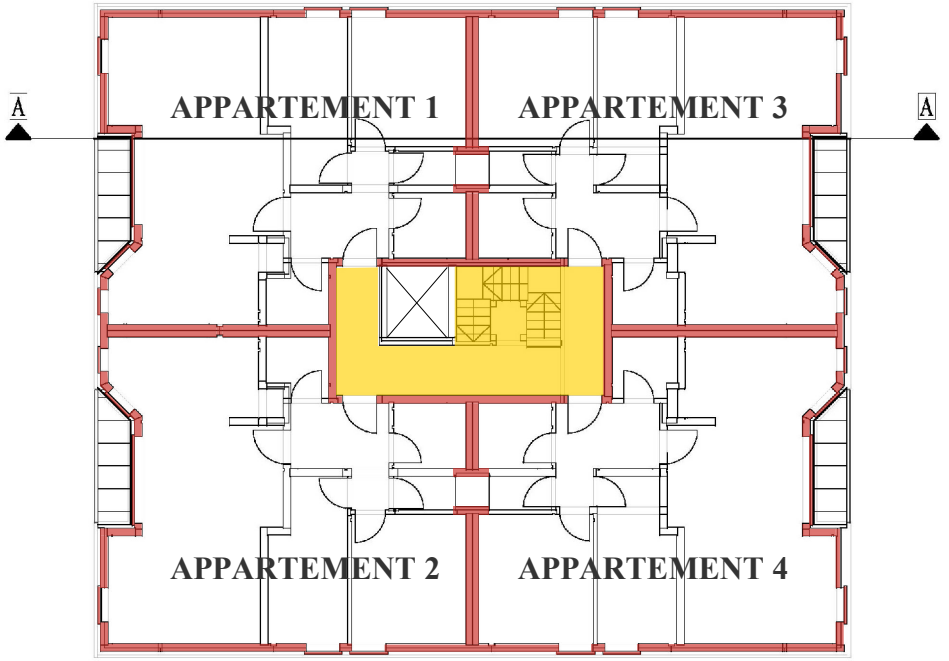




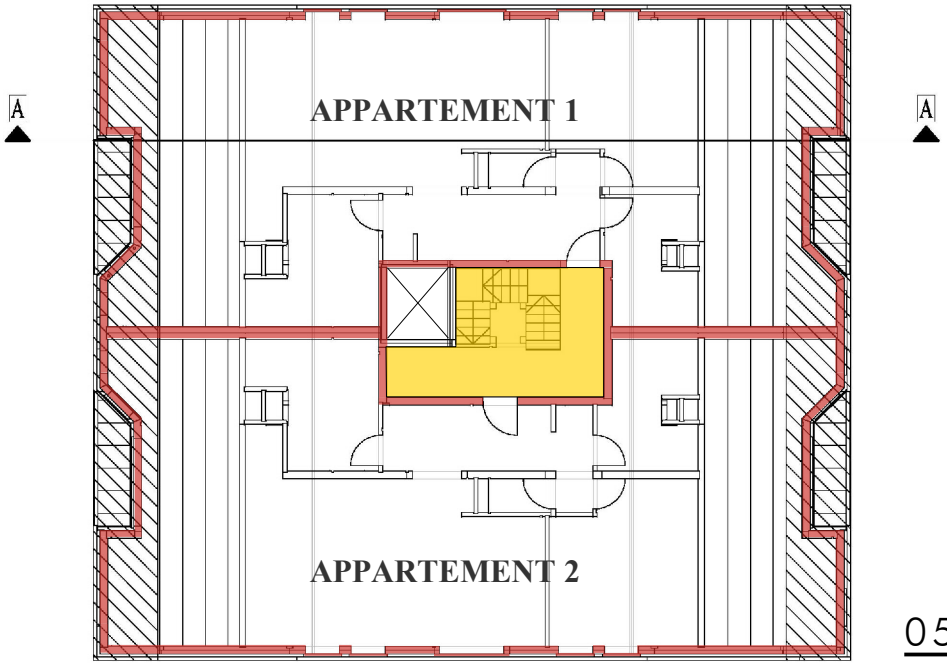
Rez-de-chaussée



2ème étage



1er étage



3ème étage

Stratégies architecturales pour un contrôle acoustique

Pour parvenir à des bonnes performances acoustiques, il convient :

- **D'assurer une bonne isolation de la voie directe aux bruits aériens (valeurs R_w) ;**
- **D'assurer une bonne isolation de la voie directe aux bruits d'impacts (valeur $L_{n,w}$) ;**
- **D'examiner les voies latérales possibles de transmission (par les murs, planchers…, valeur R_{ij}) ;**
- **D'éviter les fuites et pertes locales, d'isoler les gaines (D_{ne}) et d'isoler au droit des percements.**

Rappel théorique : niveau sonore et fréquences

L'oreille perçoit les sons compris entre 20Hz et 20kHz, selon la courbe de Fletcher-Mundson (voir ci-contre). En construction, on s'intéresse aux fréquences allant de 100Hz à 5kHz, qui sont les mieux perçues par l'oreille.

Le confort dépend du son produit. En particulier :

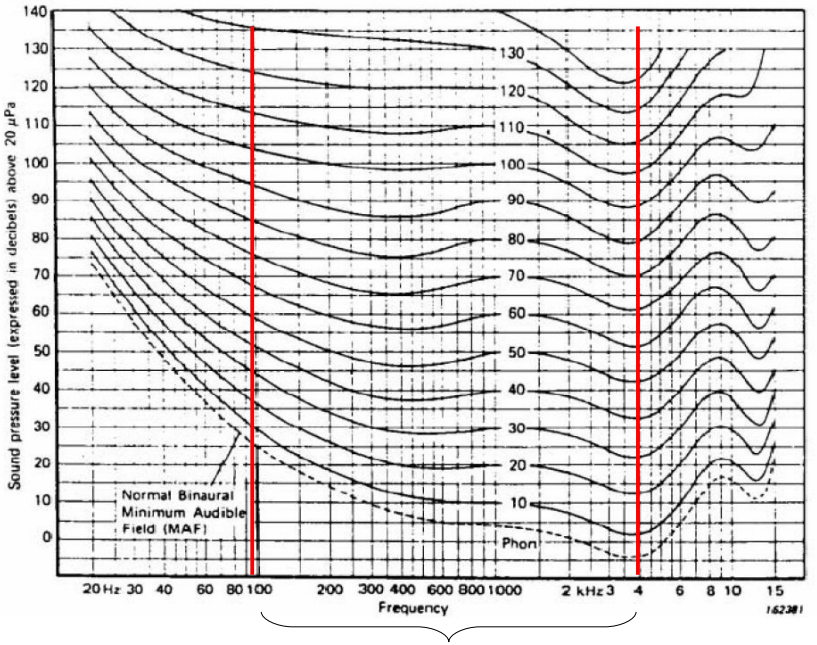
- du niveau de puissance acoustique L_w (ou niveau de pression acoustique L_p) ;
- de la teneur en fréquence du son (le spectre des fréquences *f*) ;
- des fluctuations dans le temps ;
- du moment de l'émission (diurne ou nocturne) ;
- de la possibilité d'identifier le son ;
- du bruit de fond ;
- des émergences tonales (cf. fréquences) et émergences de niveau (cf. bruit de fond).

Le niveau de pression acoustique *Lp* est le rapport entre la pression *p* de l'air engendrée par l'onde acoustique par rapport à la pression de référence p_0 , exprimé sur une échelle logarithmique, en décibels [dB].

$Lp = 10 \log(p^2/p_0^2)$

Lp = Niveau sonore (dB)
p = Pression de l'air sous l'effet de l'onde sonore
p_0 = Pression de référence (la pression atmosphérique est de $2x10^{-5}$ Pa)

Courbes de Fletcher-Mundson



ZONE ACOUSTIQUEMENT SENSIBLE

Indicateurs $D_{nT,w}(C;Ctr)$; $D_{ls,2m,nT,w}(C;Ctr)$; $L'_{nT,w}(Ci)$; R_w

Les normes **NBN EN ISO 140 (4, 5 et 7)** définissent les protocoles de mesure des performances. Les critères acoustiques (*in situ*) sont définis pour les immeubles d'habitation dans la norme **NBN S 01-400-1:2008** selon deux niveaux de confort acoustique : normal et supérieur.

Les exigences portent sur l'isolement réellement obtenu sur site, tenant compte de toutes les voies de transmission du bruit (voie directe et voies latérales). L'isolement aux bruits aériens entre locaux est exprimé sur base de l'isolement acoustique standardisé pondéré $D_{nT,w}$, l'isolement aux bruits de choc sur base du Niveau de pression pondéré du bruit de choc standardisé $L'_{nT,w}$ et l'isolement des façades sur base de l'isolement acoustique standardisé pondéré corrigé aux basses fréquences $D_{ls,2m,nT,w+Ctr}$.

La norme **EN 12354-1: 2000** permet de travailler par prédiction des valeur *in situ* sur base des mesures en laboratoire.
Un test en laboratoire met en relation la perception d'une radio au travers de la paroi et l'indice d'affaiblissement acoustique R_w :

- R_w = 62dB : radio à niveau élevé inaudible
- R_w = 57dB : radio à niveau normal inaudible
- R_w = 52dB : radio audible
- R_w = 47dB : conversation bruyante à peine compréhensible, mélodies reconnaissables
- R_w = 42dB : conversation audible
- R_w = 37dB : conversation fortement audible
- R_w = 32dB : correspond à une radio à faible niveau dans la même pièce

Les valeurs de $D_{nT,w}$ sont supérieures à 54dB/58dB pour un bon/haut confort (comparés environ aux catégories Ib/Ia)(**)
Les valeurs de $L'_{nT,w}$ sont inférieures(*) à 54dB/50dB pour un bon/haut confort (comparés environ aux catégories Ib/Ia)(***)

Lexique :
D_{nT} : Isolement acoustique standardisé (D : bruit aérien)
coefficient *w* pour "weighted" (coefficient de pondération)
coefficient *n* pour normalisé (équivalence à un cas normalisé)
coefficient *nT* pour standardisé (équiv. à un cas standardisé)
(C;Ctr) : C= correction mid/high fréq. // Ctr = correction low fréq.
$D_{ls,2m,nT,w}$+Ctr : Isolement de façade acoustique standardisé (mesurée à 2m)
$L'_{nT,w}$: Niveau bruit d'impact standardisé (*in situ*)
' : associé au facteur *L*signifie *in situ* (sinon valeur de laboratoire)
(Ci) : correction bruit de pas

Les valeurs d'isolation R ; D_{nT} ; $D_{ls,2m,nT}$; L_{nT} **se mesurent** par bandes de tiers d'octave (***analyse spectrale).***
La norme **ISO 717-1** permet de passer aux valeurs uniques (indice *w*) qui servent de référence.

[(*) : entre une chambre à coucher et un local situé hors du logement
(**) : au plus élevé, au mieux
(***) : au plus faible, au mieux]

Isolation des parois, **en laboratoire** :

$$R = L_{p1} - L_{p2} + 10.\log\frac{S}{A}$$

L_{p1} niveau sonore du local d'émission (dB),
L_{p2} niveau sonore du local de réception (dB)
S surface de transmission (m²),
A l'absorption du local de réception (m²)

Isolation des parois, **in situ** :

$$D_{nT} = L'_{p1} - L'_{p2} + 10.\log\frac{T}{T_0}$$

L_{p1} niveau sonore du local d'émission in situ (dB),
L_{p2} niveau sonore du local de réception in situ (dB)
T le temps de réverbération du local de réception in situ (s) ; T_0 temps de réverbération de référence = 0,5s

Isolation des **façades**, mesurée à 2m du mur extérieur :

$$D_{ls,2m,nT} = L_{p1,2m} - L_{p2} + 10.\log\frac{T}{T_0}$$

$L_{p1,2m}$ niveau sonore d'émission in situ, à 2m de la façade, (dB),
L_{p2} niveau sonore du local de réception in situ (dB)
T le temps de réverbération du local de réception in situ (s) ; T_0 temps de réverbération de référence = 0,5s

Isolation aux **bruits d'impacts** :

$$L'_{nT} = L'_{pm} - 10.\log\frac{T}{T_0}$$

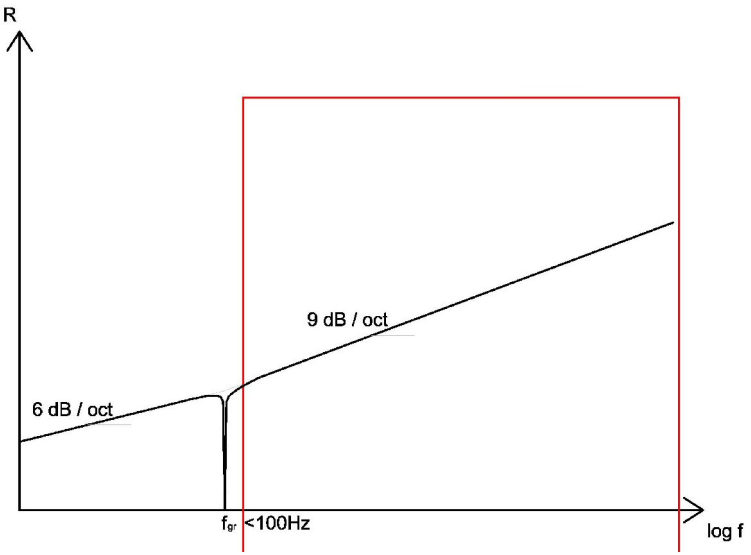
L'_{pm} est le niveau sonore du local de réception (in situ) sous l'action de bruits d'impacts normalisés,
T le temps de réverbération du local de réception (s) ; T_0 temps de réverbération de référence = 0,5s

Isolation de la voie directe aux bruits aériens

Le matériau et son épaisseur

La loi de masse : La première approche s'appuie sur la masse des éléments. Plus la masse est grande, meilleur est l'isolement acoustique. Mais le gain de performance obtenu par cette méthode est limité par les coûts et les contraintes constructives. D'autre part, il y a une chute des performances autour de la **fréquence de coïncidence** de la paroi.

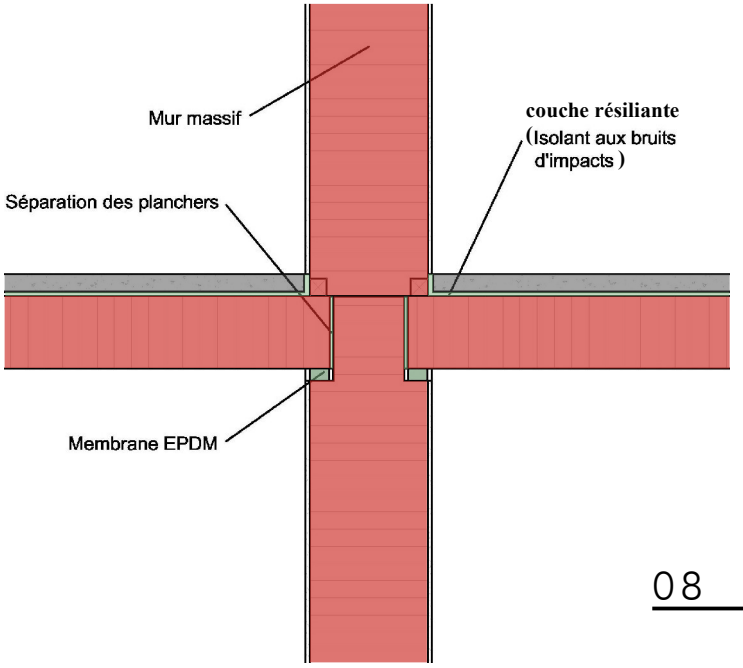
La performance acoustique *R* d'une paroi est mesurée en laboratoire. Pareille mesure pour une paroi massive, ceci pour chaque fréquence, montre que l'isolation *R* augmente de manière linéaire selon le logarithme de la fréquence (*log f*). On constate également une baisse de l'isolation *R* aux alentours de la **fréquence de coïncidence** f_{cr} . C'est **au-delà de la fréquence de coïncidence** f_{cr}, que l'isolation est la plus efficace où elle augmente de 9dB par octave (c'est à dire par doublement de fréquence). L'isolation *R* n'augmente que de 6dB/octave pour des fréquences inférieures à f_{cr}. On a donc souvent intérêt à avoir la fréquence de coïncidence f_{cr} la plus faible possible pour éviter le problème très local de la chute de l'isolation *R* et pour profiter d'une progression plus importante du degré d'isolation.



Graphe du niveau d'isolation *R* d'un mur massif en fonction du logarithme de la fréquence *f*.

La fréquence de coïncidence diminue notamment si la masse surfacique de l'élément de construction (et donc du matériau) augmente. Une première réflexion mène donc à choisir pour un mur plein une épaisseur suffisante et des matériaux lourds (en général, pour une masse surfacique de la paroi supérieure à 400 kg/m²). Ce n'est cependant pas suffisant car la nature du matériau influence le résultat.
Les parois massives MHM d'épicéa d'une épaisseur maximale de 34,5 cm ont une masse surfacique de 147,8 kg/m². Un indice d'affaiblissement acoustique R_w supérieure à 48 dB a été mesuré pour cette paroi massive prise isolément (avec f_{cr} = 25 Hz.m / 0,345 m = 72 Hz(*)).

Schéma de conception de l'isolation d'un mur massif avec découplage partiel (le détail n'évite pas la transmission sonore du mur d'un étage au mur de l'étage supérieur ou inférieur)



*À **Eghezee**, la stratégie utilisée s'appuie sur l'emploi de planchers et murs massifs (20,5 cm) en bois plutôt que de simples ossatures. Les parois entre deux appartements sont doublées pour bénéficier en plus des avantages des systèmes masse-ressort-masse développés plus loin.*

(*) : La fréquence de coïncidence se calcule facilement. Pour chaque matériau, le produit de la fréquence de coïncidence f_{cr} (Hz) et de l'épaisseur *d* (m) est une constante

$$F_{cr} . d = constante$$

Valeurs des constantes :
Bois : 25 Hz.m
Béton : 13,3 Hz.m
Plâtre : 35,5 Hz.m
Verre : 12,8 Hz.m
Acier : 12,8 Hz.m

Les parois MHM du projet ont 20,5 cm d'épaisseur pour une masse volumique de 428kg/m³,
f_{cr} = *25 Hz.m / 0,205 m = 122 Hz*

Les plaques de plâtre ont 12,5mm d'épaisseur,
f_{cr} = *35,5* Hz.m / 0,0125 m = *2840 Hz*

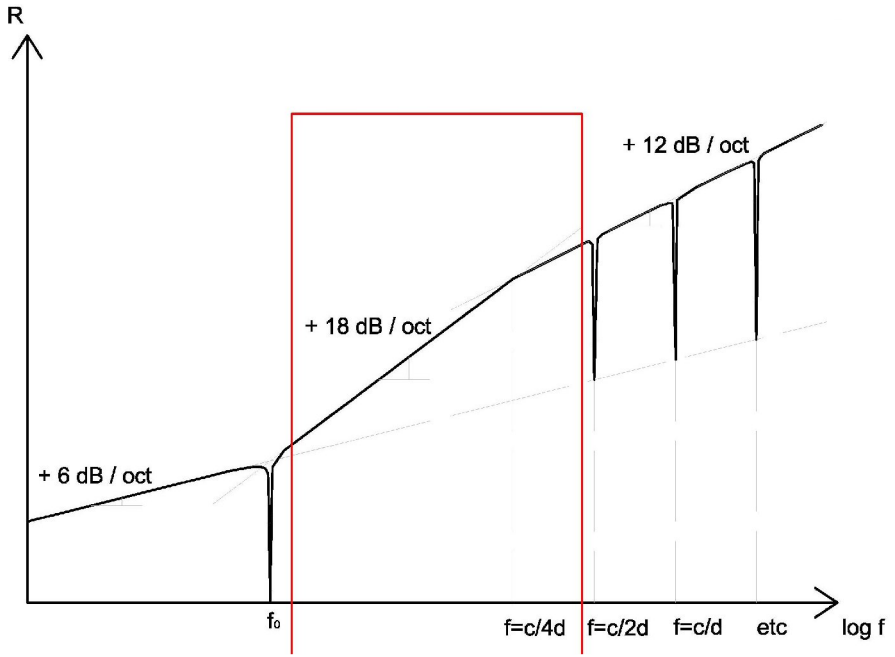
Systèmes masse-ressort-masse

Un moyen d'augmenter l'isolation acoustique de parois est l'emploi de systèmes masse-ressort-masse (une couche souple entre deux matériaux rigides). L'énergie sonore est alors dissipée par le ressort au passage d'une couche à l'autre.

Le graphique de la courbe d'isolation *R* en fonction du logarithme de la fréquence *log f* d'un tel système montre une progression de *R* atteignant 18dB par octave entre la fréquence de résonance du système f_0 et la première résonance du creux $f = c/4d$ (avec *d* l'épaisseur du creux et *c* la vitesse du son).

La composition masse-ressort-masse est aisément applicable pour la conception de parois (une couche d'isolant entre deux matériaux lourds).

***Dans le projet d'Eghezee**, l'auteur de projet a imaginé certaines parois jumelles dédoublées et, plutôt que des façades massives monolithiques, a préféré des façades constituées d'une couche d'isolant (et d'une lame d'air) entre les parois massives MHM et le parement de briques.*



Graphe du niveau d'isolation *R* d'un système masse-ressort-masse en fonction du logarithme de la fréquence *f*.

L'analyse montre qu'il est intéressant de :

- Dimensionner les parois et le creux de façon telle que la fréquence de résonance du système f_0 soit inférieure à 100Hz. Pour être efficace, le creux aura une épaisseur $d > 5cm$. Avec des matériaux légers, un creux trop mince affaiblit l'isolation acoustique.

- Utiliser des matériaux de caractéristiques différentes pour les parois et varier les épaisseurs permet de disperser les effets négatifs de coïncidences f_{cr} et éviter les coïncidences simultanées des deux faces. On évite ainsi une transmission forte pour ces fréquences. Avec des plaques de plâtre ou des épaisseurs de matériaux dont les fréquences de coïncidence sont élevées $(f_{cr} > 2,5kHz)$ l'effet est cependant mineur.

- Éviter les contacts rigides entre les deux parois, en utilisant des couplages dont le fonctionnement peut s'apparenter à un ressort.

- Remplir la lame d'air par un matériau absorbant poreux (type laine minérale) permet de diminuer fortement l'effet négatif des pics dus aux résonances dans la lame d'air. La densité de l'isolant (>16kg/m³) n'a pas grande importance, mais le gain obtenu en remplissant complètement le vide est important.

- Les couches formées de plusieurs matériaux (comme les murs de bois massif MHM sur lesquels on visse une plaque de plâtre) contribuent, de manière très marginale cependant, à augmenter l'isolation acoustique en rendant plus difficile les transmissions des vibrations. Dans la plupart des cas, ce gain ne suffira pas à atteindre les performances attendues et on emploiera plutôt un système masse-ressort comme décrit ci-après.

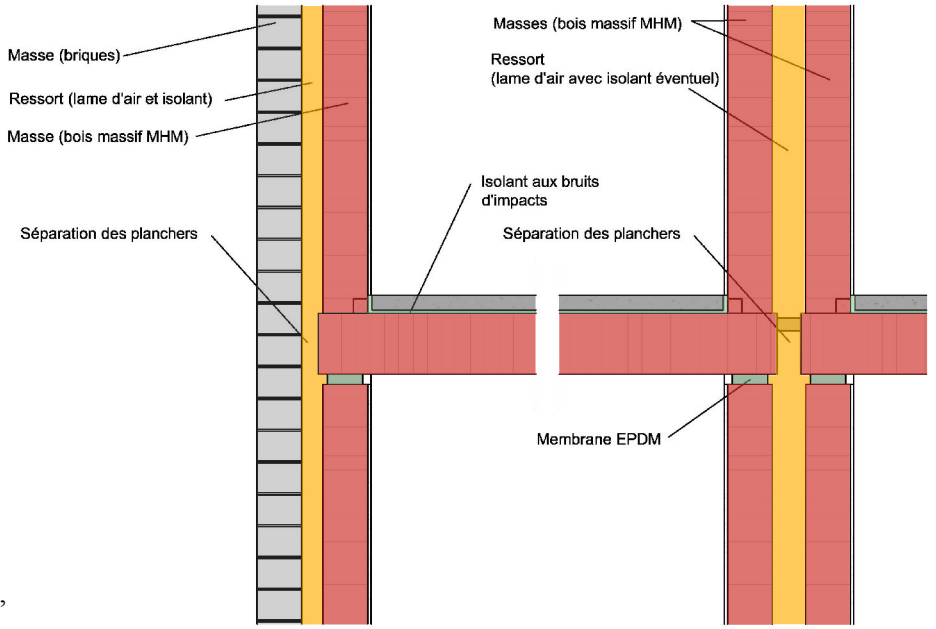


Schéma de conception de l'isolation d'un mur double et d'une façade par un système masse-ressort-masse. Planchers massifs avec chape flottante.

Calcul de la fréquence de résonance

La fréquence de résonance f_0 du système est calculée comme suit :

$$f_0 = \frac{c_k}{\sqrt{d}} \sqrt{\frac{1}{m''_1} + \frac{1}{m''_2}}$$

m''_1 et m''_2 sont les masses surfaciques des deux masses (kg/m²)
d est l'épaisseur de la lame d'air (m)
c_k est un coefficient selon l'angle d'incidence du bruit, compris entre 60 et 90

Appliqué à 9 cm de parement (1800 kg/m³) situé à 8 cm d'une parois MHM de 20,5cm (428 kg/ m³) et c = 60 (incidence perpendiculaire)
.

$$f_0 = \frac{60}{\sqrt{0{,}08}} \sqrt{\frac{1}{88} + \frac{1}{162}} = 28{,}1\ Hz$$

Note: La valeur ne sera représentative qui si on peut effectivement assurer une liaison élastique en les couches alors que dans la réalité, pareil système aura tendance à se comporter comme une seule masse

Les fréquences de résonance de la lame d'air sont calculées par f :

$$f = n \cdot \frac{c}{d}$$

c est la vitesse du son dans l'air (~341m/s)
d est l'épaisseur de la lame d'air (m).
n = ¼, ½ ,1, 2, 4, 8....

Exemple pour une lame d'air de 5 cm, f = 1,7 kHz (n = ¼) ; 3,4 kHz (n = ½) ; 6,8 kHz (n = 1) ; 13,6 kHz (n = 2), etc.

Le système masse-ressort

Dans le système masse-ressort-masse, lorsqu'une des deux masses est beaucoup plus petite que l'autre, l'importance de la masse la plus grande devient négligeable et on se contente d'une modélisation par un système masse-ressort.

La résonance du système masse-ressort se produit pour des fréquences f :

$$f_0 = \frac{c_k}{\sqrt{d}} \sqrt{\frac{1}{m}}$$

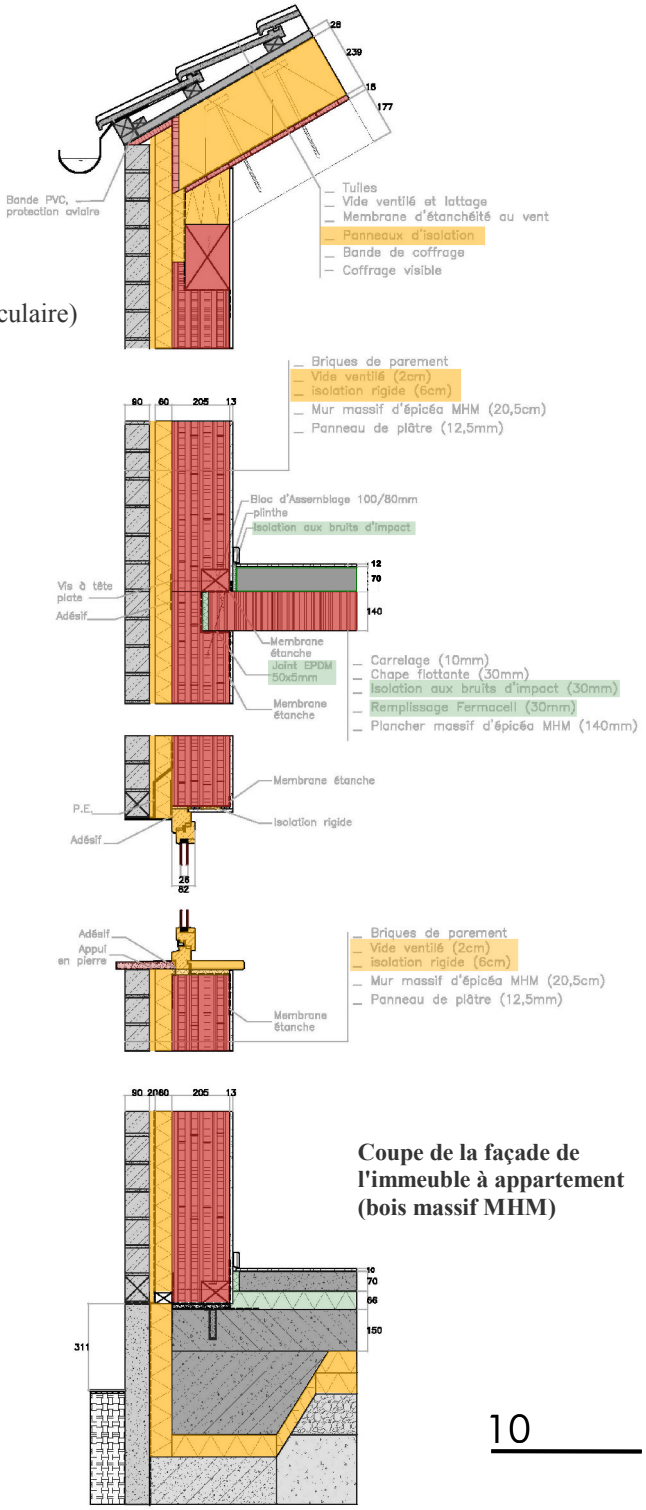
m masse surfacique de la plaque légère (kg/m²)
d l'épaisseur de la lame d'air (m)

On tâchera de maintenir f_0 sous 100Hz ou au-dessus de 3kHz. Une paroi légère (plaque de plâtre de 12,5 mm) fixée à une structure métallique souple sur un mur massif peut être modélisée par un système masse-ressort. Si d = 5 cm :

$$f_0 = \frac{60}{\sqrt{0{,}05}} \cdot \sqrt{\frac{1}{10}} = 84{,}9\ Hz$$

Mise en œuvre

Le soin apporté au montage peut améliorer sensiblement la qualité de l'isolation. Une fixation trop rigide des composants facilite la transmission des vibrations. On respectera les recommandations de mise en œuvre concernant le collage, le vissage, la réalisation des joints... On évitera également les coulées de mortier dans les lames d'air entre les murs, les trous...
Pour un bâtiment à ossature, l'étanchéité à l'air sera déterminante pour l'acoustique. Les ventilations, les châssis et leurs raccords seront des points faibles. Il sera difficile d'éviter les chapes flottantes et les plafonds suspendus.



Coupe de la façade de l'immeuble à appartement (bois massif MHM)

L'attention à porter aux percements

Fuites et pertes locales, traitement des gaines et percements

Une petite ouverture dans une paroi peut faire chuter dramatiquement ses performances d'isolation acoustique. Il est donc important d'isoler les percements entre appartements :

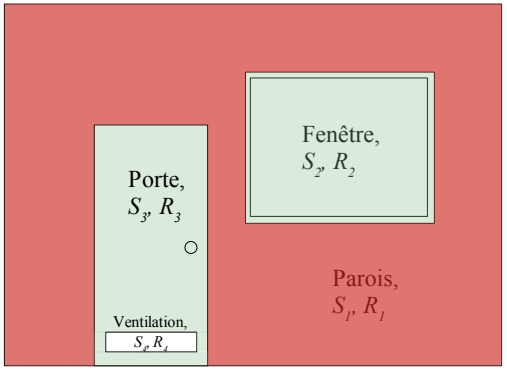
- Les conduites seront isolées sur la totalité de leur longueur pour éviter la transmission des sons, parfois amplifiés au sein des tuyaux. La solution la plus simple consiste à enrober les tuyaux par un matériau isolant souple, ou isoler les gaines techniques.

- On veillera à utiliser des grilles de ventilation tapissées d'un matériau absorbant entre les différentes zones et l'extérieur.

-L'isolation totale R_{tot} d'une paroi constituée de plusieurs éléments peut être estimée selon la formule : (les percements sont caractérisés par un niveau d'isolement R_i faible ou nul)

$$R_{tot} = -10.\log \frac{\sum S_i.10^{\frac{-R_i}{10}}}{S_{tot}}$$

R_i est le niveau d'isolation acoustique de l'élément (dB)
S_i est la surface de l'élément/percement (m²)
R_{tot} est le niveau d'isolation acoustique de la paroi (dB)
S_{tot} est la surface totale de la paroi (m²)



Exemple : $$R_{tot} = -10 \cdot \log \frac{S_1.10^{\frac{-R_1}{10}} + S_2.10^{\frac{-R_2}{10}} + S_3.10^{\frac{-R_3}{10}} + S_4.10^{\frac{-R_4}{10}}}{S_1 + S_2 + S_3 + S_4}$$

Isolation aux bruits d'impacts

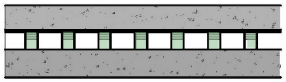
Les techniques varient en fonction de la structure des planchers.
Ces techniques sont les suivantes :

Isoler le revêtement supérieur

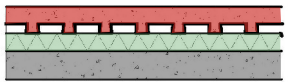
Les bruits d'impacts se transmettent par vibration mécanique du matériau (bruits de pas, passages dans les cages d'escaliers, déplacement de meubles, vibrations de machines,…). Une première approche est d'isoler les bruits de choc par l'utilisation d'un revêtement de sol qui atténue le transfert des vibrations vers la structure, comme une moquette ou un vinyle souple. On peut aussi mettre en œuvre un matériau souple (antivibratoire) sous le revêtement final (rigide) : liège, laines minérales de haute densité (80kg/m³), mousses polyuréthanes ou polypropylènes sous un parquet flottant, par exemple, en évitant tout contact rigide avec d'autres éléments de la construction.

Poser une chape flottante

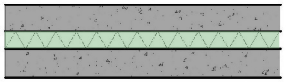
Le système consiste à séparer la chape supérieure des éléments de structure en appliquant le système masse-ressort-masse. La chape flottante est constituée d'un matériau monolithique ou pouvant se comporter comme tel. Plusieurs techniques sont possibles pour déconnecter la chape flottante de la structure (en ordre de performance décroissante) :



- Contact ponctuel (du coffrage) de la chape sur des plots en liège/caoutchouc. Le vide est rempli d'un absorbant comme la laine minérale. Solution plutôt théorique car difficile à mettre en œuvre.



- Contact linéaire sur des bandes de matériau résilient (par exemple en usant de tôles de type « Lewis » pour couler la chape).

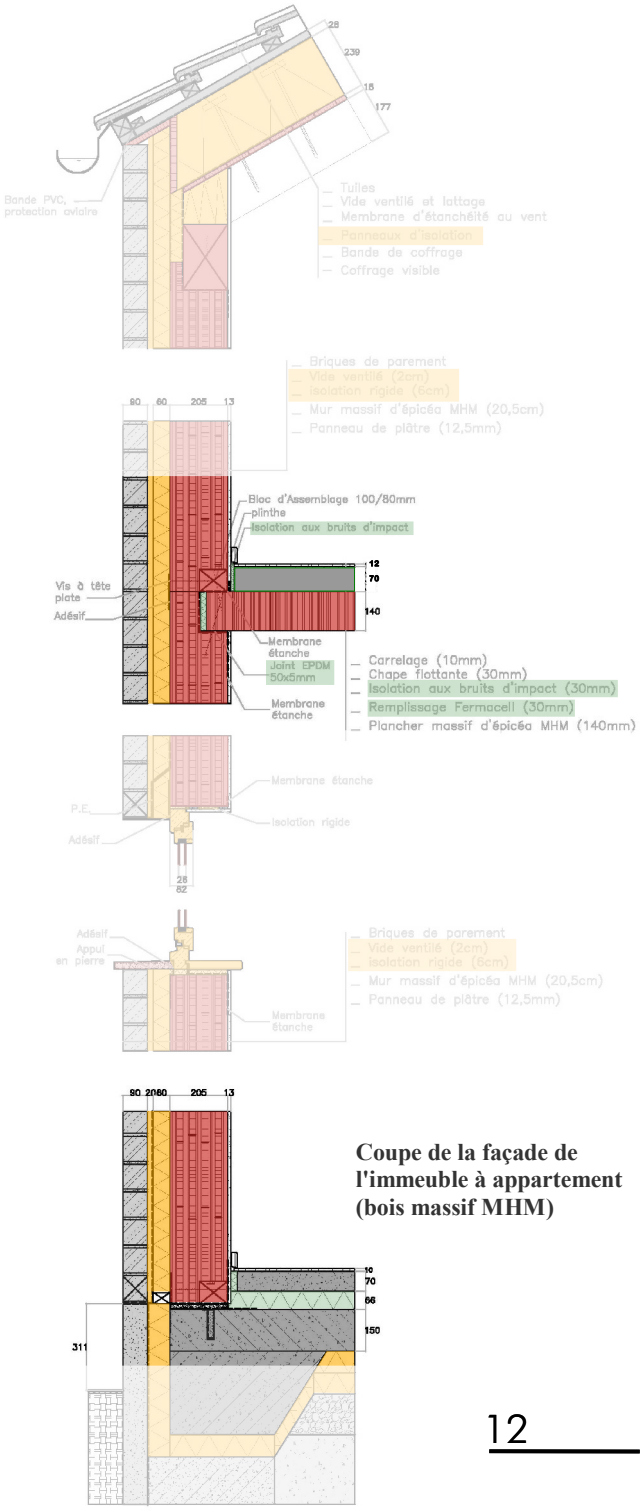


- Pose d'un matelas continu sur toute la surface du plancher. Dépendant de la technique et des matériaux employés, placer une feuille intermédiaire en polyéthylène pour couler proprement la chape de béton ou scotcher entre-elles les bandes de la couche résiliante.

Poser une chape sèche (augmentation du poids avec un système masse-ressort-masse, valable aussi pour les bruits aériens).

__À Eghezee__, on a mis en oeuvre une simple chape fibrée de 70mm sur les hourdis en bois (séparée par une membrane visqueen). L'ensemble est fini par un carrelage (12 mm avec colle).

Au rez de chaussée, une chape flottante a été réalisée sur une couche de PUR projeté.



Coupe de la façade de l'immeuble à appartement (bois massif MHM)

Améliorer l'isolation aux bruits d'impacts

Dans tous les cas, avant de couler la chape flottante, il convient de faire remonter l'isolation acoustique afin d'empêcher les vibrations de se transmettre aux parois verticales.
Les plinthes sont posées contre la paroi, sans toucher le carrelage.

Placer un matériau isolant acoustique sous la structure, pose de faux-plafonds

On peut agir sur les plafonds en empêchant que les vibrations dans la structure du plancher ne se transmettent à l'air, en posant un matériau isolant en face inférieure (voir ci-contre).

***Dans le cas du projet à Eghezee**, on n'est pas allé jusqu'à mettre en oeuvre des solutions de ce type. L'approche s'est limitée à la réalisation de planchers massifs connectés aux parois moyennant quelques précautions pour l'acoustique. Le projet initial prévoyait des chapes flottantes*

Le système peut être encore amélioré par la création d'un faux-plafond. Les éléments du faux-plafond (absorbants) sont fixés par une méthode antivibratoire et forment ainsi un système masse-ressort-masse. On peut poser une couche de matériau absorbant dans le faux-plafond pour absorber les vibrations dans la couche d'air.

Pour améliorer encore l'isolation, le stade ultérieur serait de mettre en oeuvre des sur-cloisons désolidarisées de la structure des murs et des autres éléments (plafond, sols, etc.).
Le principe plafond suspendu + sur-cloisons + chape flottante = principe de « la boite dans la boite ».

Pour des planchers sur poutres, le remplissage des interstices entre les chevrons par de la laine minérale augmente l'isolation acoustique (évite les ondes stationnaires dans la plancher). Attention cependant à la transmission des bruits d'impacts par les chevrons eux-mêmes (voie directe). La pose d'isolant supplémentaire sous (ou sur) les chevrons permet de régler ce problème.

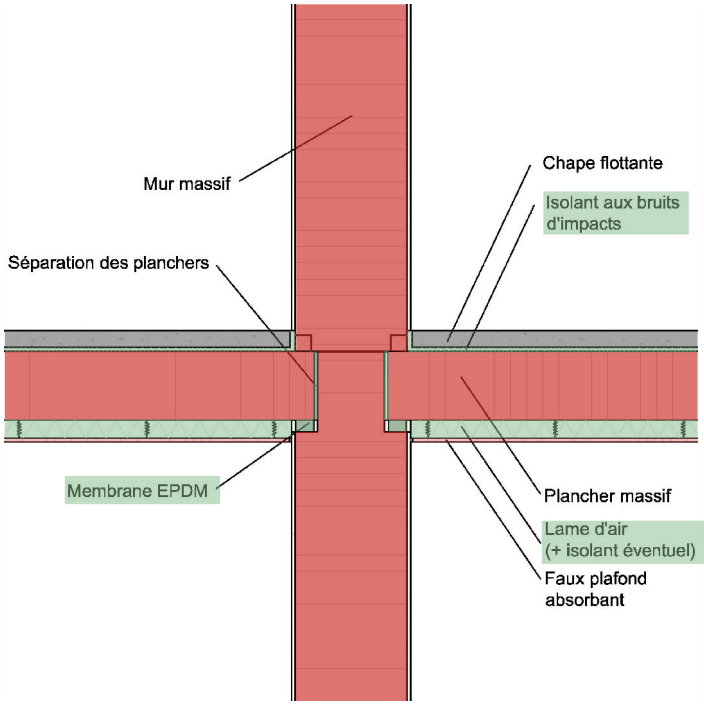


Schéma de conception d'un plancher massif avec chape flottante et faux-plafond.

Voies de transmission secondaires

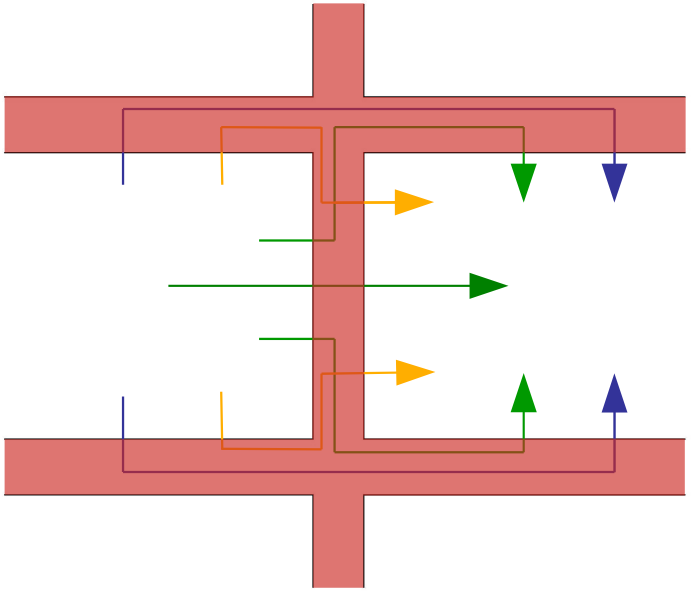
Le phénomène du flanking

En règle générale, on considérera les voies de transmissions secondaires (structurelles) possibles, du premier ordre (considéré selon les trois dimensions) : les voies latérales (*flanking*).

Si la résistance aux vibrations des voies secondaires est plus complexe à estimer, l'expérience a montré que les voies de latérales peuvent être aussi importantes que les voies directes de transmissions.

Il convient donc d'éviter les ponts le long des voies illustrées sur le schéma. On peut ainsi trouver des joints souples dans les nœuds de la structure, ou dans les fondations communes à différents appartements,...

Cependant, la performances des joints résilients a des limites : les joints les plus performants du point de vue acoustique, sont aussi ceux qui risquent d'être le plus compressibles. C'est alors le comportement structural qui peut poser problème si ces joints s'écrasent ou se déforment de trop, menant à des déformations de la structure ou à des tassements.



*À **Eghezee**, nous avons vu que des joints résilients ont été intégrés aux noeuds entre murs et planchers. Le dédoublement des parois entre appartements procède de la même logique qui consiste à éviter des transmissions directe entre éléments..*

Conclusions provisoires

La problématique acoustique a été remise au cœur des préoccupations du monde de la construction par des normes éditées récemment. En acoustique, le bois étant un matériau léger, il part avec un certain handicap comparé aux autres matériaux plus lourds, comme nous l'avons vu en vertu de la loi de masse.

Avec les nouvelles normes, user de la seule loi de masse ne suffit plus, quel que soit le matériau. Toutes les méthodes de construction doivent être reconsidérées : les technologies liées à la mise en œuvre du bois aussi.

Lorsqu'il est question de performance acoustique, deux grands types de performances doivent être considérés : l'isolation aux bruits aériens et l'isolation aux bruits d'impact. Compte tenu des techniques de la construction en bois, faisant usage de panneaux, le principe masse-ressort-masse pourrait y trouver un champs d'application idéal. Tout l'enjeu reste donc d'étudier les détails techniques et les mises en œuvre qui permettent effectivement de garantir la désolidarisation : l'effet ressort.

***À Eghezee**, nous avons vu qu'un certain nombre de stratégies ont été mises en œuvre pour porter une attention aux performances acoustiques.*

Ces mesures ont consisté à :
- *faire usage de parois massives plutôt que de simples murs à ossature en bois : c'est faire usage de la loi de masse (mais compte tenu de son poids comparée à celui des matériaux lourds, les masses restent relativement légères et cette approche seule est insuffisante) ;*
- *faire usage de planchers massifs en bois avec des chapes à base de ciment (interface à l'aide d'une membrane pour éviter les connexions mécaniques) : c'est faire usage de la loi de masse de l'élément de plancher et jouer sur l'alternance des matériaux (cette approche s'en trouve renforcée lorsque l'interface est une membrane résiliente) ;*
- *accessoirement, faire usage pour les façades de parois composées avec un vide intermédiaire. Le dispositif peut s'avérer efficace pour les parties opaques en fonction du type de connexion placé entre les couches. Dans la pratique, l'isolation d'une façade dépend d'abord des châssis et grilles de ventilation (éléments faiblement acoustiques), ainsi que de leur montage (ponts acoustique au travers de la paroi ou d'une couche de la paroi à l'autre) ;*
- *dédoubler les cloisons entre appartements distincts ;*
- *éviter que les planchers soient continus entre locaux contigus. Mais dans la mesure où les cloisons des étages sont déposées sur les planchers, il faut s'assurer que le son ne passe pas au plancher du local voisin en passant par la cloison. Dans le projet, la cloison de l'étage est déposée sur une membrane ayant des propriétés partiellement résilientes. La performance finale du dispositif est actuellement mal connue et sera prochainement testée pour en étudier les performances réelles.*
- *la mise en œuvre de chapes flottantes (imaginées lors de la conception, mais finalement non réalisées dans le projet final).*

Nous avons vu qu'il est possible d'adopter encore d'autres mesures : plafonds suspendus, contre-cloisons, chapes flottantes, etc. Une performance acoustique élevée a un coût, celui-ci pouvant devenir rédhibitoire si l'objectif est particulièrement ambitieux. L'approche suivie par les concepteurs a ce mérite d'avoir considéré la problématique acoustique, là où elle est encore fort négligée par de nombreux concepteurs. Certaines des solutions adoptées dans ce projet sont aujourd'hui étudiées dans le but de parvenir à des détails techniques qui permettraient d'atteindre les exigences acoustiques les plus élevées, qui sont les plus difficiles à atteindre.

Sources bibliographiques

NBN S 01-400-1 *Critères acoustiques pour les immeubles d'habitation* ;

ISO 140-4:1998 - NBN EN ISO 140-4:1998 *Acoustique - Mesurage de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction - Partie 4: Mesurage in situ de l'isolement aux bruits aériens entre les pièces* ;

ISO 140-5:1998 - NBN EN ISO 140-4:1998 *Acoustique - Mesurage de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction - Partie 5: Mesurages in situ de la transmission des bruits aériens par les éléments de façade et les façades* ;

ISO 140-7:1998 - NBN EN ISO 140-7:1998 *Acoustique - Mesurage de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction - Partie 7 : Mesurage in situ de la transmission des bruits de choc par les planchers*

ISO/TR 140-13:1997 *Acoustique - Mesurage de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction - Partie 14: Lignes directrices*

ISO 717-1:1996 - NBN EN ISO 717-1:1997 *Acoustique - Évaluation de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction - Partie 1 : Isolement aux bruits aériens*

ISO 10052:2004 - NBN EN ISO 10052:2005 *Acoustique - Mesurages in situ de l'isolement aux bruits aériens et de la transmission des bruits de choc ainsi que du bruit des équipements - Méthode de contrôle ;*

Blasco, M. Cours Acoustique, *AMCO2361, dans AUCE1901, Confort et Physique du bâtiment (thermique, acoustique et éclairage),* Louvain-la-Neuve : UCL, 2007 ;

Herzog, Thomas ; Krippner, Roland ; Lang, Werner. *Construire des façades,* Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2007 ;

Vermeir Gerrit. *H06M6A, bouwfysica deel 2 bouwakoestiek***,** Leuven : KUL, 2007 ;

Zastavni, Denis. *Auce 2350 - Architecture Civile*, Louvain-la-Neuve : UCL, 2008 ;