

## Interactions acoustiques et thermiques pour les systèmes constructifs bois

### Projet « Bois AcouTherm »

Les systèmes constructifs bois sont de plus en plus utilisés. Ils offrent une gamme de produits innovante et éprouvée des points de vues technico-économiques et environnementaux.

Depuis 2006, FCBA travaille sur les interactions acoustiques - thermiques dans la construction bois et a notamment proposé à l'ADEME, via l'appel d'offre PREBAT ANR, l'étude « Bois AcouTherm ». Cette étude vise à identifier les performances acoustiques et thermiques des produits et systèmes mis en œuvre dans la construction bois et à étudier leur corrélation, afin de répondre à l'ensemble des critères techniques et réglementaires. Les acquis techniques, les résultats de mesures et les règles de conception sont remis en cause par les futurs standards de construction.

En effet, les différentes approches sont à ce jour essentiellement, soit thermiques, soit acoustiques et bien souvent disjointes ; or l'incidence de l'une sur l'autre est importante. Elle doit être étudiée au niveau des phénomènes physiques afin d'assurer une cohérence globale de la construction. L'étude a permis de mettre en conjonction acoustique et thermique, pour les systèmes constructifs existants et les bâtiments du futur.

Pour contacter les auteurs :

**Jean-Luc Kouyoumji**  
[jeanluc\\_kouyoumji@yahoo.fr](mailto:jeanluc_kouyoumji@yahoo.fr)  
Acoustique et Énergie de la Construction  
Les Bureaux du Lac II, Immeuble P  
Rue Robert Caumont  
33049 Bordeaux Cedex  
Tél. : 05 56 11 77 77

**Sylvain Boulet**  
[sylvain.boulet@fcba.fr](mailto:sylvain.boulet@fcba.fr)  
FCBA  
Pôle Industries Bois Construction  
Allée de Boutaut  
BP 227  
33028 Bordeaux Cedex  
Tél. : 05 56 43 64 27

Nous présentons ici la démarche générale et des résultats de mesure acoustique pour des enveloppes, des parois mitoyennes et des toitures. Les choix des parois ont été guidés par la connaissance du marché et par la concertation des partenaires : FCBA (coordinateur), LOCIE, Finnforest, ISOVER, Efia Consulting, InterAc, Bouygues.

### **Des solutions opérationnelles pour des exigences multicritères**

En France, la part du bois dans le bâtiment est actuellement de l'ordre de 10 % et l'objectif est d'atteindre 12,5 %. Cette évolution s'inscrit dans le cadre du protocole de Kyoto, puisque la construction bois présente de nombreux atouts sur le plan environnemental : fixation du CO<sub>2</sub>, matière première renouvelable, déchets de chantier réduits, énergie grise faible. Avec les futurs standards de constructions : BBC (Bâtiments basse consommation) et BEPOS (Bâtiments à énergie positive), le bois devra, comme les autres matériaux, proposer des techniques constructives éprouvées, réglementaires et cadrées économiquement. La démarche est de trouver des solutions opérationnelles répondant aux exigences multicritères.

Nous commençons par présenter les résultats de mesures acoustiques et de caractéristiques thermiques sur 7 séries de parois, avec une analyse destinée à la compréhension des mécanismes des transmissions acoustiques et à l'identification des interactions acoustiques-thermiques. Ensuite, nous utilisons les résultats pour passer à l'échelle bâtiment, conçue puis validée par des mesures acoustiques in situ. La démarche générale du projet est décrite au travers des exemples choisis.

**Les parois étudiées :**

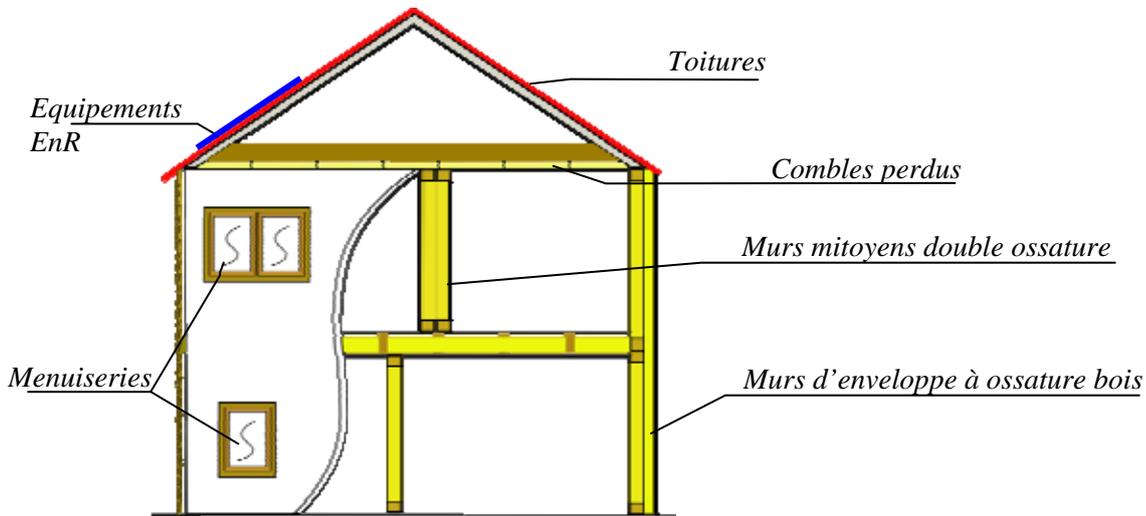


Figure 1 : Parois étudiées

Systèmes constructifs	Nombre de mesures	Nombre d'extensions
Toitures	8	22
Menuiseries	10	42
Enveloppe simple ossature	10	10
Enveloppe simple ossature avec supplément d'isolation	10	32
Enveloppes profilé en I	10	20
Enveloppes panneaux massifs contrecollés	10	20
Murs double ossature	10	20
EnR	8	20

Tableau 1: Nombre de mesures prévues par famille de produits

La campagne de mesure a été réalisée dans le laboratoire de FCBA de Bordeaux. Pour couvrir l'ensemble des familles de produits retenues nous avons réalisé 76 mesures.

L'identification des parois à tester a été guidé par :

- l'anticipation des mutations technologiques dans les parois,
- le principe de sur-isolation,
- la création d'une nouvelle gamme de parois d'enveloppe,
- le recours aux triples vitrages,
- l'utilisation d'équipements énergétiques (systèmes de production ou de récupération d'énergie...).

## **Performances acoustiques et thermiques des parois bois**

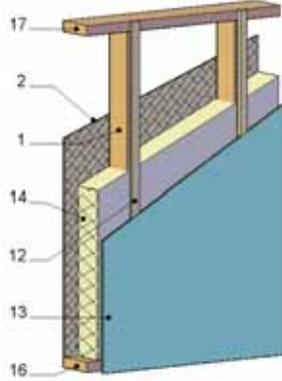
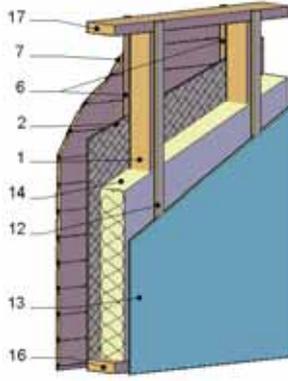
Le principe de construction bois le plus répandu en France est l'ossature bois. Il offre différents avantages dont la possibilité de préfabrication. Son développement est assez soutenu, puisqu'il est très utilisé dans le domaine de la construction basse consommation.

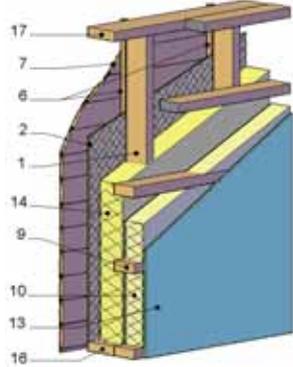
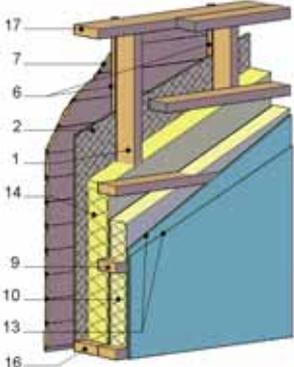
Les exemples présentés proviennent d'essais réalisés au laboratoire d'essais acoustiques de FCBA entre novembre 2007 et juillet 2010.

## ▪ Nomenclature

Pour l'identification des produits composants les parois, nous avons numéroté les couches par fonction.

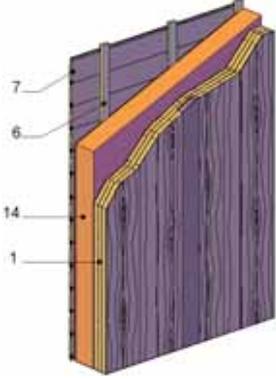
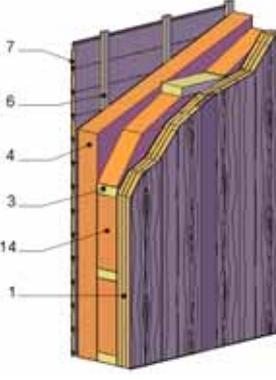
Couches externes	Couches internes
(1) le porteur	(8) panneau en contact avec le porteur
(2) panneau en contact avec le porteur	(9) contre-ossature
(3) contre-ossature	(10) complément d'isolation
(4) complément d'isolation	(11) pare-vapeur
(5) pare-pluie	(12) lame d'air avec tasseaux
(6) lame d'air avec tasseaux	(13) panneau intérieur
(7) bardage en clins	(14) isolant principal
	(16) lisse basse
	(17) lisse haute

Mur d'enveloppe sans bardage	Mur d'enveloppe avec bardage
 <p><b>Composition :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contreventement OSB 9 mm</li> <li>- Ossature bois 145x45 mm</li> <li>- Laine minérale 145 mm</li> <li>- Liteaux 27 mm</li> <li>- BA13</li> </ul> <p><math>R_w (C ; C_{tr}) = 41 (-1 ; -6) \text{ dB}</math></p> <p><math>U_p = 0,29 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})</math></p>	 <p><b>Composition :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bardage clins bois 22 mm</li> <li>- Contreventement OSB 9 mm</li> <li>- Ossature bois 145x45 mm</li> <li>- Laine minérale 145 mm</li> <li>- Liteaux 27 mm</li> <li>- BA13</li> </ul> <p><math>R_w (C ; C_{tr}) = 44 (-1 ; -7) \text{ dB}</math></p> <p><math>U_p = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})</math></p>

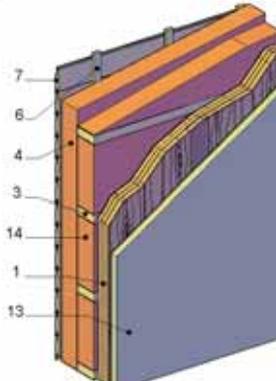
Mur d'enveloppe sur-isolé	Mur d'enveloppe sur-isolé avec deux BA13
	
<p><b>Composition :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bardage clins bois 22 mm</li> <li>- Contreventement OSB 9 mm</li> <li>- Ossature bois 145x45 mm</li> <li>- Laine minérale 145 mm</li> <li>- Contre ossature 60 mm</li> <li>- Laine minérale 60 mm</li> <li>- BA13</li> </ul>	<p><b>Composition :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bardage clins bois 22 mm</li> <li>- Contreventement OSB 9 mm</li> <li>- Ossature bois 145x45 mm</li> <li>- Laine minérale 145 mm</li> <li>- Contre ossature 60 mm</li> <li>- Laine minérale 60 mm</li> <li>- 2 BA13</li> </ul>
<p><math>R_w (C ; C_{tr}) = 45 (-1 ; -7) \text{ Db}</math></p>	<p><math>R_w (C ; C_{tr}) = 48 (-2 ; -9) \text{ dB}</math></p>
<p><math>U_p = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})</math></p>	<p><math>U_p = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})</math></p>

La réglementation acoustique impose pour les enveloppes un isolement standardisé supérieur à 30 dB. Les deux premiers exemples correspondent aux parois les plus fines de la construction bois. Avec son bardage, la paroi n'excède pas 250 mm d'épaisseur. Cependant, elle respecte largement la réglementation acoustique et la RT 2005.

Les deux autres parois montrent l'évolution guidée par la RT 2012 : la sur-isolation. Les parois atteignent une épaisseur inférieure à 330 mm, ce qui demeure faible pour une enveloppe. Notons que pour les parois à ossature bois, les performances acoustiques augmentent sensiblement avec la résistance thermique. De plus, pour la paroi avec deux plaques de plâtre, le renforcement acoustique s'accompagne par une augmentation d'inertie. Dans ce cas, nous parlons d'interaction acoustique – thermique réussie.

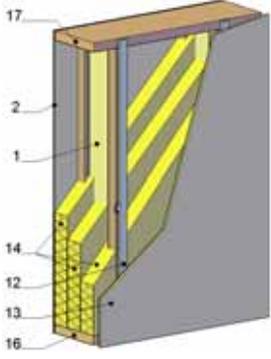
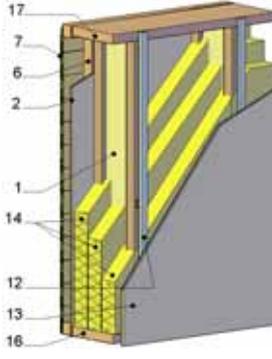
Mur en bois contrecollé isolé	Mur en bois contrecollé sur-isolé
 <p><b>Composition :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 81 mm Bois massif contrecollé</li> <li>- 120 mm Fibres de bois</li> <li>- 27 mm lame d'air</li> <li>- 22 mm Bardage</li> </ul> <p><math>R_w (C ; C_{tr}) = 47 (-2 ; -7) \text{ dB}</math></p> <p><math>U_p = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math></p>	 <p><b>Composition :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 81 mm Bois massif contrecollé</li> <li>- 120 mm Fibres de bois</li> <li>- 120 mm Fibres de bois</li> <li>- 27 mm lame d'air</li> <li>- 22 mm Bardage</li> </ul> <p><math>R_w (C ; C_{tr}) = 47 (-3 ; -9) \text{ dB}</math></p> <p><math>U_p = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math></p>

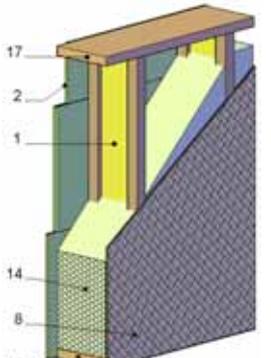
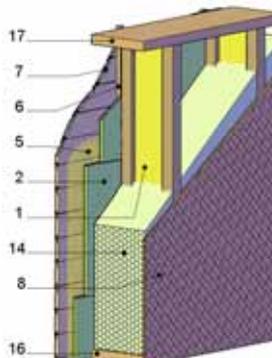
Les panneaux en bois massifs contrecollés correspondent à ce que les Anglo-saxons appellent les Wood Engineered Products (EWP). Le panneau est composé de planches lamellées-collées croisées en plusieurs couches. Il offre de nouvelles alternatives et une capacité nouvelle en préfabrication.

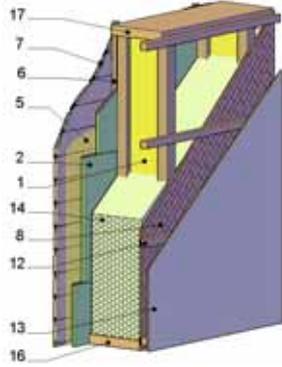
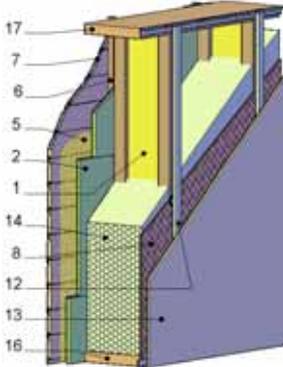
Mur en bois contrecollé sur-isolé doublé
 <p><b>Composition :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 13 mm Plâtre fibré, p. papier</li> <li>- 81 mm Bois massif contrecollé</li> <li>- 120 mm Fibres de bois</li> <li>- 120 mm Fibres de bois</li> <li>- 27 mm lame d'air</li> <li>- 22 mm Bardage</li> </ul> <p><math>R_w (C ; C_{tr}) = 49 (-3 ; -9) \text{ dB}</math></p> <p><math>U_p = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math></p>

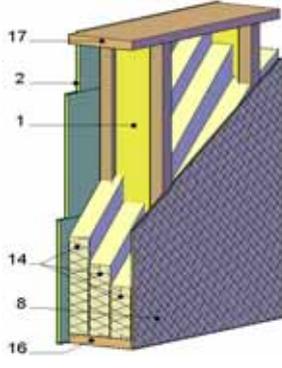
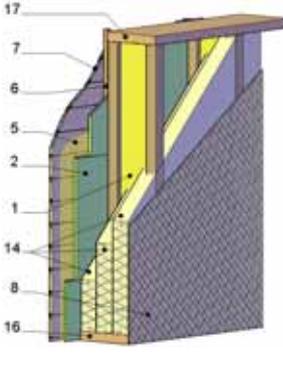
Du point de vue performance acoustique, les trois parois en bois massif contrecollé ont des résultats supérieurs à la réglementation. En revanche, l'augmentation d'épaisseur d'isolant n'accroît pas la performance acoustique. Il

sera possible d'améliorer l'acoustique de la paroi, mais pour cela il faudra doubler le panneau bois intérieur et ainsi perdre la plus-value esthétique.

Murs Poutre en I	
	<p><b>Composition :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 13 mm BA13</li> <li>- 30 mm Ossature métallique</li> <li>- Pare-vapeur</li> <li>- 300 mm Poutre en I bois</li> <li>- 300 mm Laine minérale</li> <li>- 9 mm OSB</li> </ul> <p><math>R_W (C ; C_{tr}) = 58 (-4 ; -11) \text{ dB}</math></p> <p><math>U_P = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})</math></p>
	<p><b>Composition :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 13 mm BA13</li> <li>- 30 mm Ossature métallique</li> <li>- Pare-vapeur</li> <li>- 300 mm Poutre en I bois</li> <li>- 300 mm Laine minérale</li> <li>- 9 mm OSB</li> <li>- 27 mm lame d'air</li> <li>- 22 mm Bardage</li> </ul> <p><math>R_W (C ; C_{tr}) = 57 (-2 ; -8) \text{ dB}</math></p> <p><math>U_P = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})</math></p>

Murs Poutre en I	
	<p><b>Composition :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 12 mm OSB</li> <li>- 300 mm Poutre en I bois</li> <li>- 300 mm Fibres de cellulose</li> <li>- 16 mm Panneau B. densité</li> </ul> <p><math>R_W (C ; C_{tr}) = 43 (-1 ; -4) \text{ dB}</math></p> <p><math>U_P = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})</math></p>
	<p><b>Composition :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 12 mm OSB</li> <li>- 300 mm Poutre en I bois</li> <li>- 300 mm Fibres de cellulose</li> <li>- 16 mm Panneau B. densité</li> <li>- Pare-pluie</li> <li>- 22 mm Bardage</li> </ul> <p><math>R_W (C ; C_{tr}) = 42 (-1 ; -4) \text{ dB}</math></p> <p><math>U_P = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})</math></p>

Murs Poutre en I		
	<p><b>Composition :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 13 mm BA13</li> <li>- 27 mm Tasseaux de bois</li> <li>- 12 mm OSB</li> <li>- 300 mm Poutre en I bois</li> <li>- 300 mm Fibre de cellulose</li> <li>- 16 mm Panneau B. densité</li> <li>- Pare-pluie</li> <li>- 22 mm Bardage</li> </ul>	
	<p><math>R_w (C ; C_{tr}) =</math> 44 (-1 ; -6) dB</p> <p><math>U_p = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})</math></p>	
		<p><b>Composition :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 13 mm BA13</li> <li>- 30 mm Ossature métallique</li> <li>- 12 mm OSB</li> <li>- 300 mm Poutre en I bois</li> <li>- 300 mm Fibre de cellulose</li> <li>- 16 mm Panneau B. densité</li> <li>- Pare-pluie</li> <li>- 22 mm Bardage</li> </ul>
		<p><math>R_w (C ; C_{tr}) =</math> 47 (-1 ; -6) dB</p> <p><math>U_p = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})</math></p>

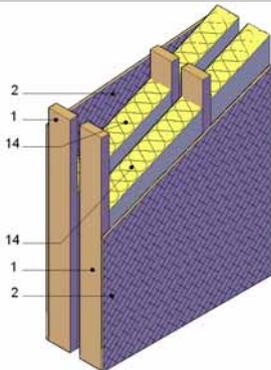
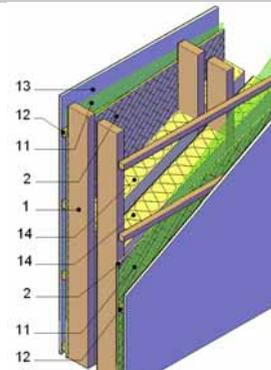
Murs Poutre en I		
	<p><b>Composition :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 12 mm OSB</li> <li>- 300 mm Poutre en I bois</li> <li>- 300 mm Laine minérale</li> <li>- 16 mm Panneau B. densité</li> </ul>	
	<p><math>R_w (C ; C_{tr}) =</math> 43 (-2 ; -6) dB</p> <p><math>U_p = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})</math></p>	
		<p><b>Composition :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 12 mm OSB</li> <li>- 300 mm Poutre en I bois</li> <li>- 300 mm Laine minérale</li> <li>- 16 mm Panneau B. densité</li> <li>- Pare-pluie</li> <li>- 22 mm Bardage</li> </ul>
		<p><math>R_w (C ; C_{tr}) =</math> 41 (-2 ; -7) dB</p> <p><math>U_p = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})</math></p>

Murs Poutre en I		
	<p><b>Composition :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 13 mm BA13</li> <li>- 27 mm Tasseaux de bois</li> <li>- 12 mm OSB</li> <li>- 300 mm Poutre en I bois</li> <li>- 300 mm Laine minérale</li> <li>- 16 mm Panneau B. densité</li> <li>- Pare-pluie</li> <li>- 22 mm Bardage</li> </ul>	
	<p><math>R_w (C ; C_{tr}) = 43 (-1 ; -7) \text{ dB}</math></p> <p><math>U_p = 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})</math></p>	<p><b>Composition :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 13 mm BA13</li> <li>- 30 mm Ossature métallique</li> <li>- 12 mm OSB</li> <li>- 300 mm Poutre en I bois</li> <li>- 300 mm Laine minérale</li> <li>- 16 mm Panneau B. densité</li> <li>- Pare-pluie</li> <li>- 22 mm Bardage</li> </ul>
	<p><math>R_w (C ; C_{tr}) = 46 (-2 ; -7) \text{ dB}</math></p> <p><math>U_p = 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})</math></p>	

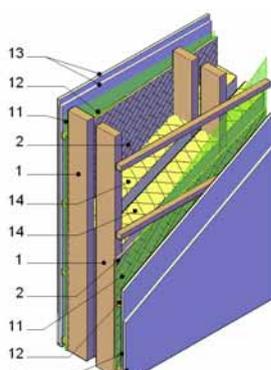
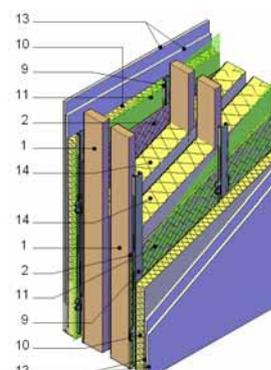
La poutre en I bois est aussi considérée comme un EWP (Wood Engineered Product). Elle a été intégrée à l'étude car elle a été largement proposée par les prescripteurs, notamment dans le cadre d'études soutenues par le PUCA.

Nous présentons des résultats de mesures à différentes étapes et pour différentes compositions de la paroi. Ainsi, il est possible d'identifier l'effet des matériaux, de l'isolant, du bardage et du choix de l'ossature support de la plaque de plâtre. Ici, toutes les parois ont une performance thermique très élevée. Elles peuvent ainsi aisément rentrer dans la composition d'un BBC.

### Murs Double Ossature Bois

	<p><b>Composition :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 9 mm OSB</li> <li>- 2 x 145 mm Ossature bois</li> <li>- 2 x 145 mm Laine minérale</li> <li>- 9 mm OSB</li> </ul>		<p><b>Composition :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 13 mm BA13</li> <li>- 27 mm Tasseaux de bois</li> <li>- 9 mm OSB</li> <li>- 2 x 145 mm Ossature bois</li> <li>- 2 x 145 mm Laine minérale</li> <li>- 9 mm OSB</li> <li>- 27 mm Tasseaux de bois</li> <li>- 13 mm BA13</li> </ul>
<p><math>R_w (C ; C_{tr}) =</math> 54 (-3 -10) dB</p> <p><math>U_p = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})</math></p>		<p><math>R_w (C ; C_{tr}) =</math> 59 (-3 -10) dB</p> <p><math>U_p = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})</math></p>	

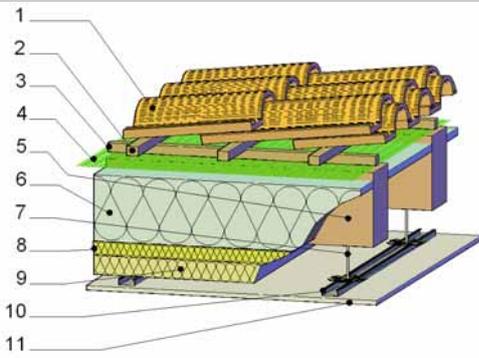
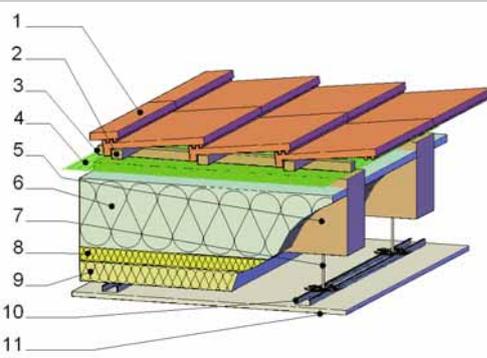
### Murs Double Ossature Bois

	<p><b>Composition :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 x 13 mm, 2 BA13</li> <li>- 27 mm Tasseaux de bois</li> <li>- 9 mm OSB</li> <li>- 2 x 145 mm Ossature bois</li> <li>- 2 x 145 mm Laine minérale</li> <li>- 9 mm OSB</li> <li>- 27 mm Tasseaux de bois</li> <li>- 2 x 13 mm, 2 BA13</li> </ul>		<p><b>Composition :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 x 13 mm, 2 BA13</li> <li>- 30 mm Ossature métallique</li> <li>- Pare-vapeur</li> <li>- 9 mm OSB</li> <li>- 2 x 145 mm Ossature bois</li> <li>- 2 x 145 mm Laine minérale</li> <li>- 9 mm OSB</li> <li>- Pare-vapeur</li> <li>- 30 mm Ossature métallique</li> <li>- 2 x 13 mm, 2 BA13</li> </ul>
<p><math>R_w (C ; C_{tr}) =</math> 64 (-4 ; -9) dB</p> <p><math>U_p = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})</math></p>		<p><math>R_w (C ; C_{tr}) =</math> 67 (-5 ; -13) dB</p> <p><math>U_p = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})</math></p>	

L'isolement acoustique de la paroi mitoyenne correspond à une zone sensible, car peu connue. Elle fait intervenir les transmissions latérales dues aux transmissions vibro-acoustiques au travers des jonctions structurales. Il est de coutume de « réserver » quelques décibels pour considérer la perte de performance due aux transmissions latérales. Une autre méthode pour appréhender ce phénomène est de recourir à des modèles de calculs basés sur une approche acoustique énergétique : la Statistical Energy Analysis (SEA). La méthode de prise en compte des transmissions latérales de la norme EN12354 utilise une approche SEA. Dans l'étude « Bois AcouTherm », InterAc, partenaire de l'étude, développe un modèle dédié à cette thématique : SEA-Wood. L'outil de conception sera prochainement disponible pour les bureaux d'études acoustiques du bâtiment.

Les performances acoustiques mesurées des parois à double ossature sont élevées. Elles permettent de concevoir des mitoyens réglementaires ou à niveau acoustique renforcé (Qualitel Confort Acoustique).

Nous proposons plus loin une approche prédictive globale ayant été appliquée avec succès sur un bâtiment basse consommation en bois. Nous avons conçu, suivi la réalisation et fait réaliser les mesures in situ.

Toitures	
	
<p><b>Composition :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tuiles canal, liteaux et contre-liteaux</li> <li>- Pare-pluie, chevrons 220 x 37 mm</li> <li>- 200 + 100 mm Laine minérale,</li> <li>- Ossature métallique suspendue</li> <li>- Pare vapeur, BA 13</li> </ul> <p><math>R_w (C ; C_{tr}) =</math> 56 (-4 ; -11) dB</p> <p><math>U_p = 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})</math></p>	<p><b>Composition :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tuiles plates, liteaux et contre-liteaux</li> <li>- Pare-pluie, Chevrons 220 x 37 mm</li> <li>- 200 + 100 mm Laine minérale</li> <li>- Ossature métallique suspendue</li> <li>- Pare-vapeur, BA 13</li> </ul> <p><math>R_w (C ; C_{tr}) =</math> 55 (-3 ; -10) dB</p> <p><math>U_p = 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})</math></p>

Pour le projet « Bois AcouTherm », 76 mesures au total ont été réalisées sur des parois bois et sur des étapes intermédiaires. Pour certaines configurations, nous avons volontairement introduit des défauts, pour en étudier l'influence, comme par exemple l'introduction de boîtiers de prises dans un mitoyen. L'analyse des défauts permettra, à terme, de créer des règles de moyens à faire respecter sur les chantiers.

L'étude s'est terminée en novembre 2010. Il reste à réaliser une campagne de mesures sur l'évaluation acoustique des toitures incluant des capteurs solaires.

## Extensions acoustiques

Dans ce type de projet d'envergure, qui se veut suffisamment exhaustif pour apporter des solutions concrètes, le volet acoustique pose généralement un problème de coût difficilement contournable.

En effet, l'unique moyen aujourd'hui de connaître les performances acoustiques de produits et de solutions est de réaliser des mesures physiques en grandeur d'emploi dans un laboratoire normalisé comme celui de FCBA. Le coût financier de chaque essai se partage entre la mise en œuvre de chaque solution dans la cellule d'essai et l'essai acoustique en lui-même. A cela s'ajoute un coût en temps, puisqu'en moyenne on ne peut réaliser qu'un, voire deux essais par jour.

Ainsi l'obtention des 262 qualifications prévues dans le projet aurait pris plus de 6 mois de laboratoire à temps plein, qui auraient été difficilement réalisables avec une enveloppe financière classique ! C'est pourquoi nous nous sommes intéressés à une solution innovante dite d'« extension de mesure » développée par le partenaire, Efia Consulting.

La méthode d'extension a été développée spécifiquement pour le bâtiment dans le but d'apporter une solution non calculatoire à la problématique de la prévision des performances acoustiques de gammes de produits. Son principe est de réaliser l'estimation des performances acoustiques d'un produit pour différentes configurations à partir de la mesure du produit dans une autre configuration. Appliquée à une famille de produits, plusieurs mesures initiales peuvent alors permettre de déterminer les performances acoustiques de l'ensemble des produits de la famille (Figure ci-dessous), pour un coût largement inférieur.

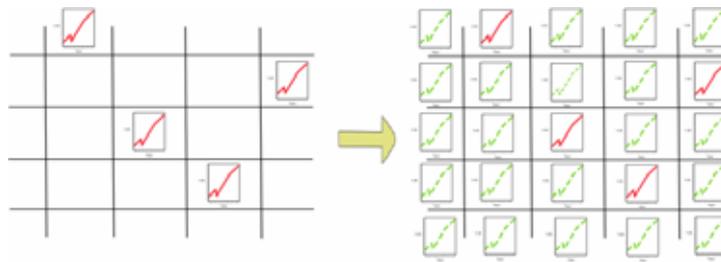


Figure 2 : Principe de la méthode d'extension de mesures : seuls certains produits sont mesurés (rouge), les autres sont déduits (vert).

L'idée poursuivie dans l'étude a donc été de mesurer en laboratoire un nombre raisonnable de produits et solutions-clé et d'identifier la performance de ceux qui n'ont pas pu être mesurés par la méthode d'extension de mesure. On contourne ainsi la problématique initiale et on obtient des qualifications acoustiques pour l'ensemble des configurations visées.

Notons que nous ne voulions pas utiliser dans le projet les méthodes de calcul existant aujourd'hui. Ces dernières sont nécessaires pour la recherche et le développement – et nous les utilisons abondamment dans ce sens – mais elles ne sont pas suffisamment fiables et réalistes pour un objectif de qualification.

Comme le montre la Figure 3, la méthode d'extension de mesures donne des résultats extrêmement réalistes, parfaitement utilisables concrètement.

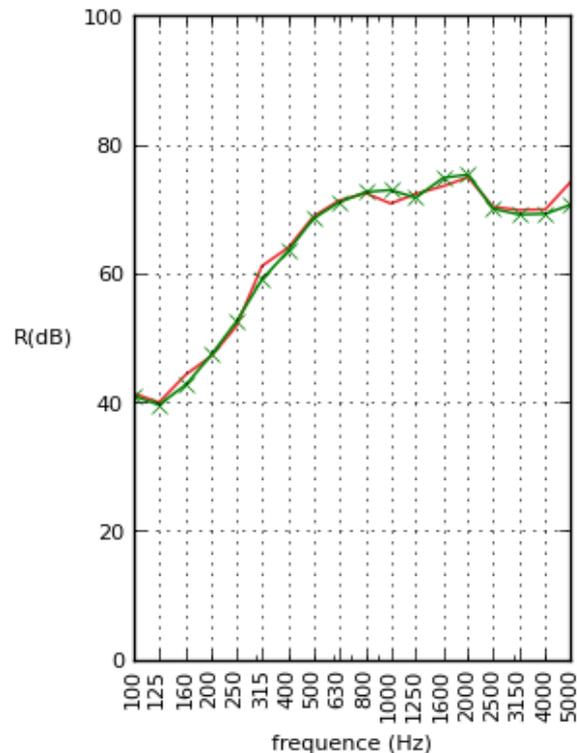


Figure 3 : Confrontation Extension (vert) / Essai en laboratoire (rouge) pour un mur à double ossature avec parements doublés. Le modèle d'extension de mesure permet de fournir des résultats particulièrement réalistes.

## Gestion et présentations des résultats

Les mesures et calcul acoustiques et thermiques ont généré un nombre très élevé de données à gérer. Il nous a donc paru évident de consacrer du temps à la création d'un code destiné à la gestion de la base de données. L'exploitation ainsi que la communication des résultats a été simplifiée grâce à cet outil.

La base de données a pour but de centraliser et de conserver les informations dans un format « type », pour pouvoir les transmettre et les exporter dans un format lisible par les codes de calcul. Nous présentons ci-après les écrans acoustique et thermique de l'outil BDD.

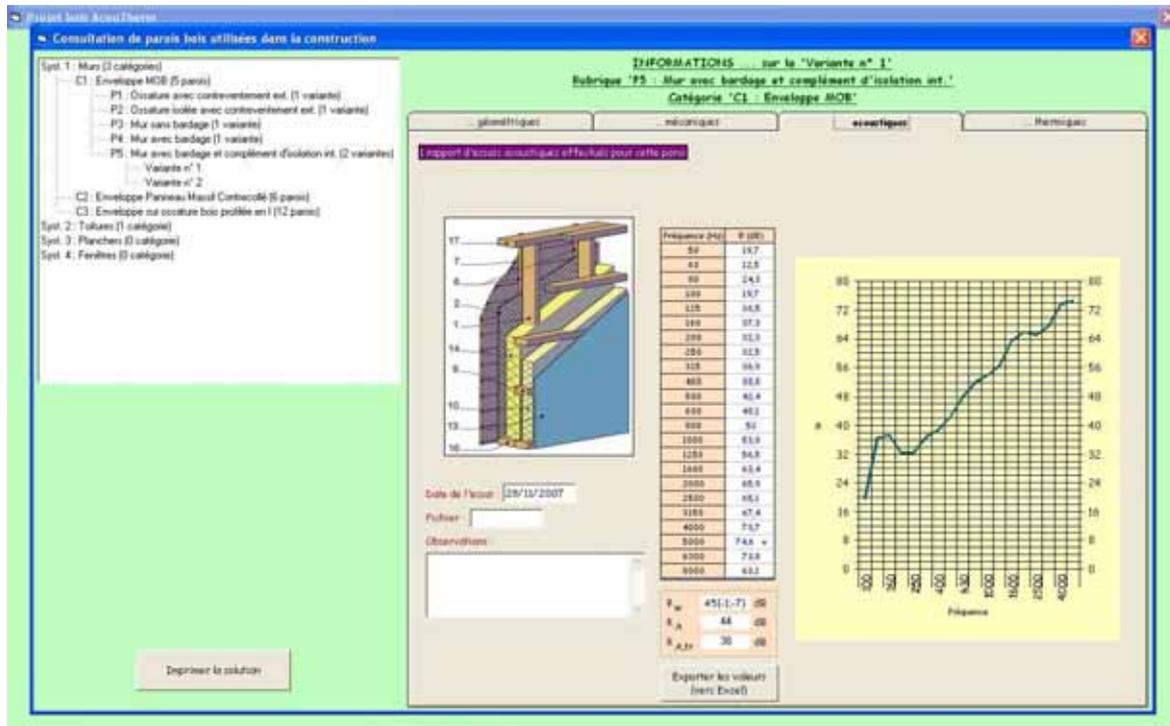


Figure 4 : Outil BDD, écran de présentation des mesures acoustiques

Sur le même écran, apparaissent : la géométrie, les produits, leurs caractéristiques, la mesure par tiers d'octaves de 50 à 8000 Hz, les valeurs globales...

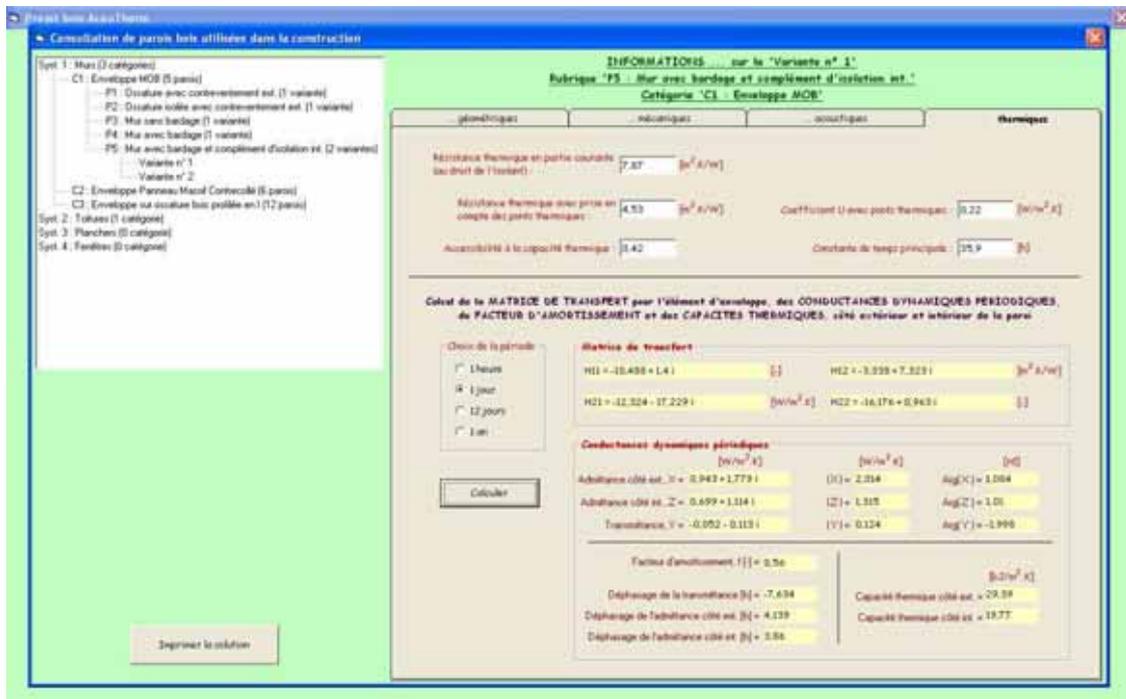


Figure 5 : Outil BDD, écran de présentation des calculs thermiques

Les caractéristiques thermiques sont calculées automatiquement, à partir des données produits et matériaux de la BDD :

- résistance thermique,
- coefficient U,
- accessibilité à la capacité thermique,
- constante de temps principale.

Pour la caractérisation thermique en régime dynamique périodique, sont calculés la matrice de transfert et la détermination, les conductances dynamiques périodiques, les admittances côté extérieur/intérieur, les transmittances, le facteur d'amortissement relatif à la transmittance et les capacités calorifiques surfaciques extérieures et intérieures.

## Méthodologie d'intégration à l'échelle bâtiment

Dans le domaine de la construction en France, peu d'études sur l'acoustique et la thermique des constructions en bois ont été réalisées à ce jour, que ce soit sur leur conception, leur mise en œuvre ou leur comportement à court et à long terme.

Pour valider un système constructif, il faut passer à l'échelle bâtiment. Pour cela, il a fallu se reporter à des constructions « types ». A partir des mesures acoustiques d'indices d'affaiblissement, nous avons calculé l'isolement standardisé avec les différents types de parois. Puis nous avons réalisé l'étude thermique de ces constructions. Cette double approche est cohérente, car elle intéresse le comportement de la construction dans son ensemble et non celui des seules parois. En effet, l'ensemble de l'enveloppe d'une construction et son aire équivalente d'absorption acoustique jouent un rôle sur l'isolement acoustique produit. De même, c'est l'ensemble de l'enveloppe et le couplage radiatif entre les parois ainsi que le couplage convectif enveloppe/air intérieur qui interviennent dans l'étude du comportement thermique, quelle que soit la saison.

Pour illustrer l'intégration acoustique – thermique d'une paroi à ossature bois, nous avons travaillé sur un programme de création d'un petit collectif BBC : Projet Maison passive en pin maritime. La construction est composée de deux maisons en bande. La paroi mitoyenne est composée d'une double ossature bois en 100 mm. Nous avons travaillé avec l'architecte pour identifier la paroi à mettre en œuvre.

L'objectif visé est un  $D_{nT,A} \geq 59$  dB, tout en sachant que la valeur réglementaire minimale acceptable est 53 dB. Pour commencer, nous avons réalisé des extensions de mesures pour identifier l'indice d'affaiblissement de la paroi en 2 x 100 mm, puis nous avons proposé différentes configurations avec des plaques de plâtre. Enfin, nous avons choisi une paroi composée de deux plaques de BA13 et

d'un contreplaqué 12 mm vissés sur chacune des deux ossatures. Les calculs par extension ont donné un RA de 68 dB.

La description de la paroi s'est accompagnée de recommandations strictes pour l'atteinte du résultat : pas de percement, pas de boîtiers électriques encastrés, aucun contact entre les deux ossatures, et pas de continuité dans les jonctions structurales. Les recommandations ont été respectées et contrôlées.

Le chantier fini, les mesures in situ ont été réalisés par DEKRA Bordeaux. L'isolement acoustique standardisé pondéré mesuré,  $D_{nT,A} = 65$  (-4 ; -9) dB et pour le bruit d'impact entre les deux planchers en bois, le niveau de pression pondéré du bruit de choc standardisé mesuré,  $L'_{nT,W} = 46$  dB. Deux mesures qui correspondent à un excellent résultat.

Nous avons identifié un ensemble de facteurs qui doivent être étudiés car leur variation créera des interactions acoustiques - thermiques non négligeables.

Facteurs	Acoustique	Thermique
Épaisseur d'isolant en croissance	A ou 0	AA
Choix de l'isolant, performances thermiques non compatibles avec l'acoustique (polystyrènes denses par exemple)	DD	AA
Lame d'air derrière le bardage	D	A
Lame d'air entre deux panneaux	DD	A
Perméabilité du bardage	D	0
Mise en œuvre des menuiseries au nu intérieur	A	0
Mise en œuvre des menuiseries au nu extérieur	D	A
Passage du double au triple vitrage	0	A
Inertie, doublement de la plaque de plâtre en parement intérieur	AA	AA
Amélioration de la perméabilité à l'air	A	AA

AA : forte amélioration  
A : amélioration  
0 : non influant  
D : détérioration  
DD : forte détérioration

La base de données d'essais acoustiques sur les constructions bois regroupe, aujourd'hui, environ 110 mesures de parois et éléments constructifs testés à FCBA. Avec les extensions de mesure, elle sera la mieux renseignée dans le domaine du bois-construction et elle constituera une capacité d'amélioration remarquable pour la filière bois.

*Jean-Luc Kouyoumji*