

# Congrès Français de Mécanique 2011 - Besançon

## Rayonnement acoustique de structures de type ossature bois : comparaison entre méthode éléments finis et formulation intégrale

A. Tribaleau, O. Dazel, N. Tahani, B. Brouard, J.M. Genevaux

LAUM (Le Mans) / Critt Bois (Epinal)

31 Août 2011



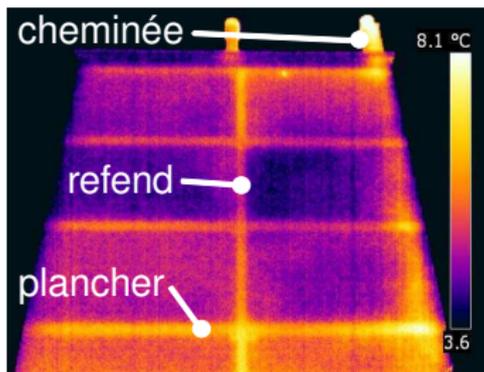
# Plan

- 1 Contexte et description du problème
  - Enjeux actuels dans la construction
  - Particularités des planchers solivés en bois
- 2 Méthodes de résolution - simulations numériques
  - Choix des méthodes employées
  - Description des méthodes FEM et mixte FEM/BEM
  - Simplification de la méthode mixte FEM/BEM
- 3 Applications numériques : validation
  - Cohérence de la simplification modale dans la méthode FEM/BEM
  - Comparaison sur le calcul de la pression locale
- 4 Conclusions et perspectives

# Enjeux actuels dans la construction

Thermique / Environnement

## Thermique

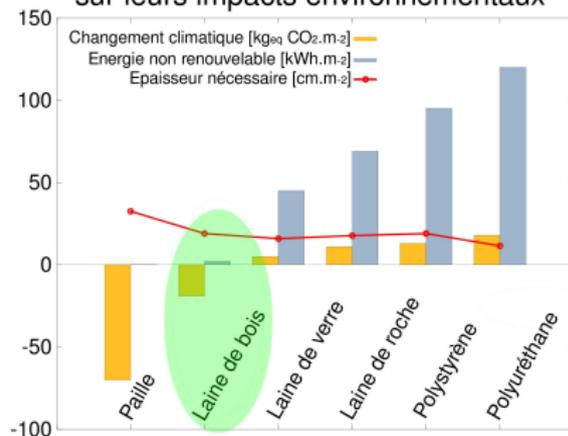


- réduction de la consommation de chauffage
  - Maison (< 1975)  $\approx 328 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$
  - Maison neuve  $\leq 50 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$

Conductivité thermique - $[\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$	
Matériaux	$\lambda$
Béton	0.92
Bois	0.15
Laine de roche	0.045

## Environnement

Comparaison d'isolants thermiques sur leurs impacts environnementaux



- réduction de la production des GES

- réduction de la consommation d'énergie grise
- matériau bois : bilan carbone neutre

# Particularités des planchers solivés en bois

Domaine du bâtiment

## Planchers solivés bois

- léger = sensibilité
  - $m_{S_{bois}} \approx 100 \text{ kg.m}^{-2}$
  - $m_{S_{beton}} \approx 400 \text{ kg.m}^{-2}$
- orthotropie = asymétrie
  - structure
  - matériau
    - $E_L \approx 10 \text{ GPa}$
    - $E_{R,T} \approx 1 \text{ GPa}$

Ingénierie acoustique et références normatives essentiellement développées autour de la construction « lourde et isotrope »

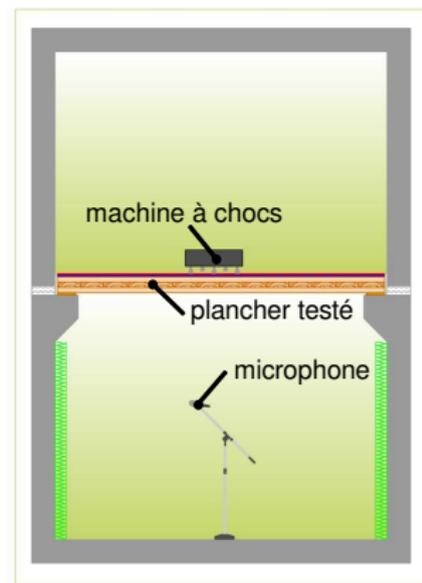
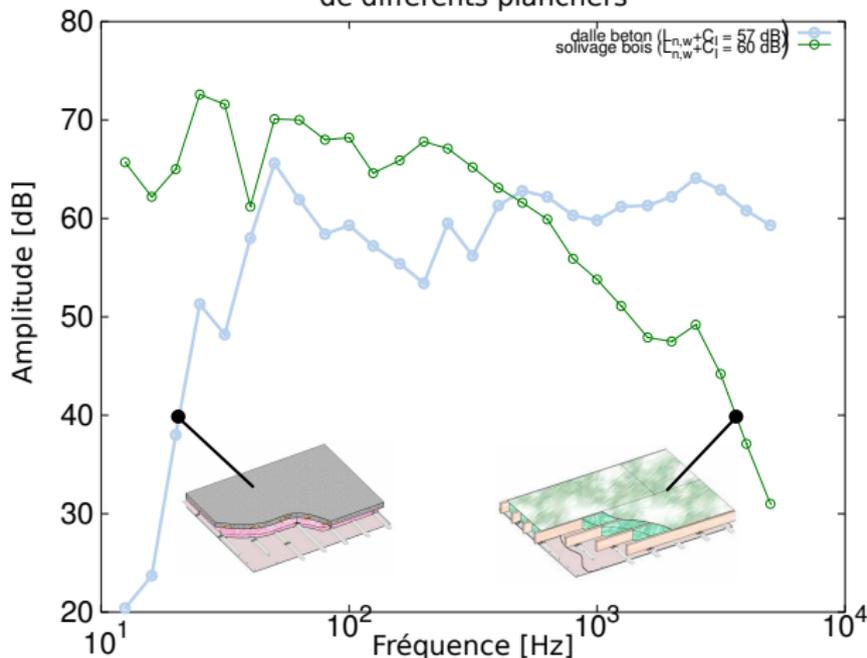


# Particularités des planchers solivés en bois

Niveaux de transmissions aux bruits d'impacts

## Comparaison sur des planchers de nature différente

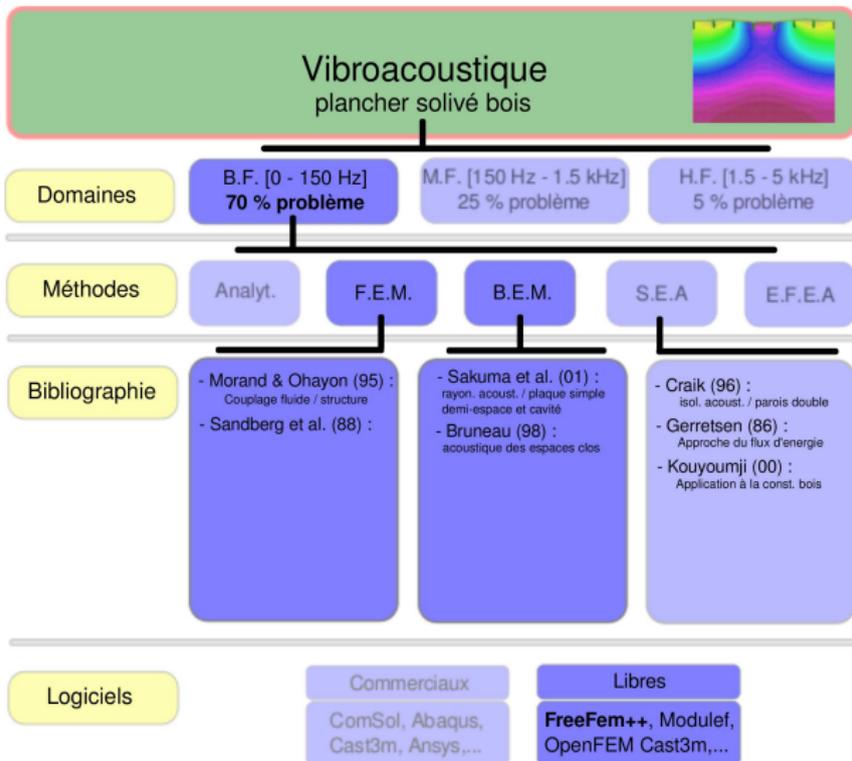
Niveaux des transmissions aux bruits d'impacts  
de différents planchers



Méthode de mesure

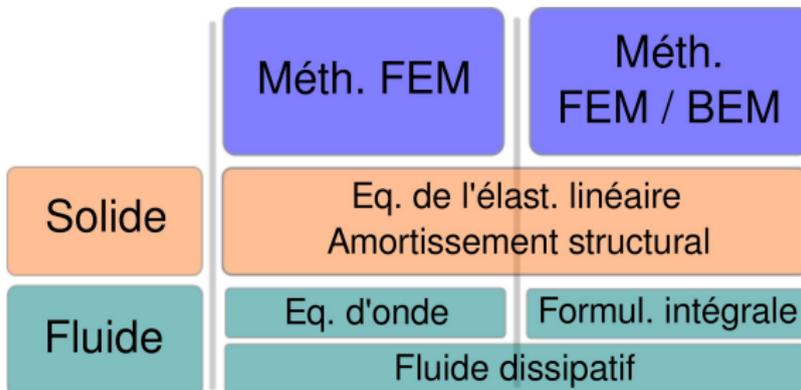
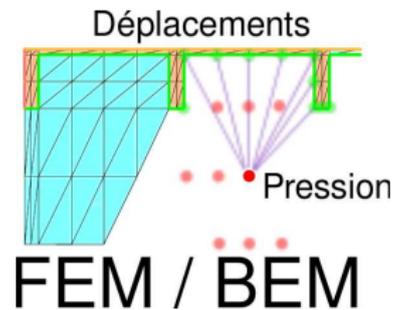
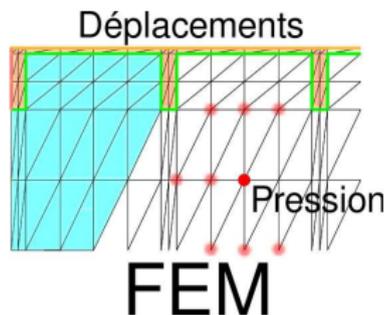
# Méthodes de résolution - simulations numériques

Choix des méthodes employées



# Méthode FEM - Méthode mixte FEM/BEM

## Différences et détails



# Méthode mixte FEM/BEM

Simplification - Modes propres de cavité

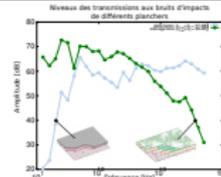
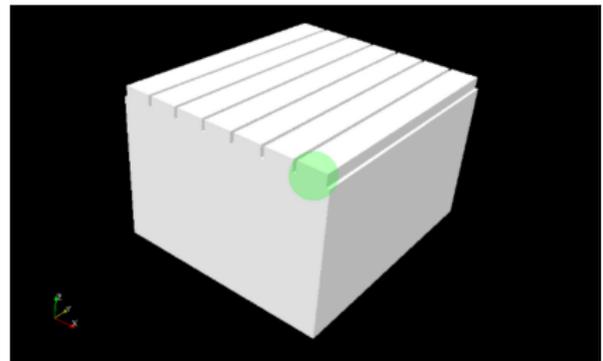
## Formulation intégrale : projection sur les modes propres de la cavité

Approximation de la forme quasi-parallélépipédique en un parallélépipède ?

- calcul de modes par méthode analytique (au lieu FEM)
- similitude des formes propres calculées (FEM / analyt.)

### Quelques données

- entraxe solivage  $\approx 0.6$  m
  - $\lambda_{air} \rightarrow f \approx 570\text{Hz}$
- hauteur solivage  $\approx 0.25$  m
  - $\lambda_{air} \rightarrow f \approx 1400\text{Hz}$



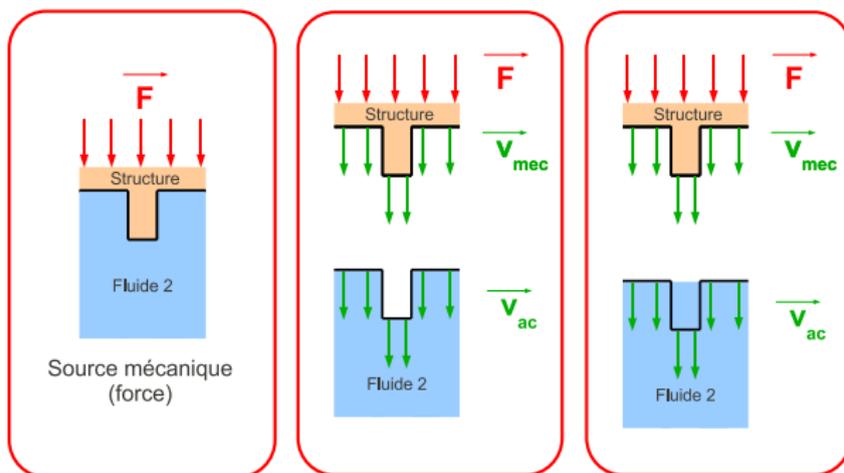
# Synthèse des différentes méthodes

## Methodes :

- 1 FEM globale
- 2 FEM/BEM - modes "réels"
- 3 FEM/BEM - modes "approchés"

## Problème testé (2D) :

Pression acoustique dans le fluide issue du rayonnement d'un plancher excité par une force répartie.



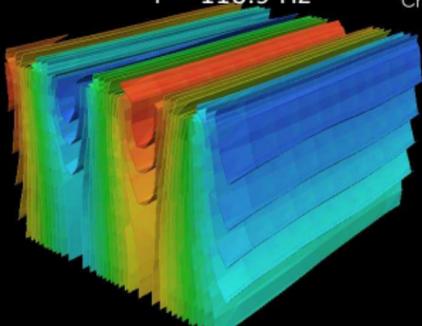
# Simplification dans la méthode mixte FEM/BEM

## Modes propres de cavité

Mode 20 - calcul FEM

$f = 118.9$  Hz

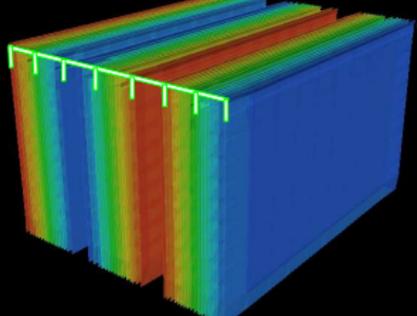
Champ\_pression  
0,99771  
0,49950  
0,0013022  
-0,49690  
-0,99510



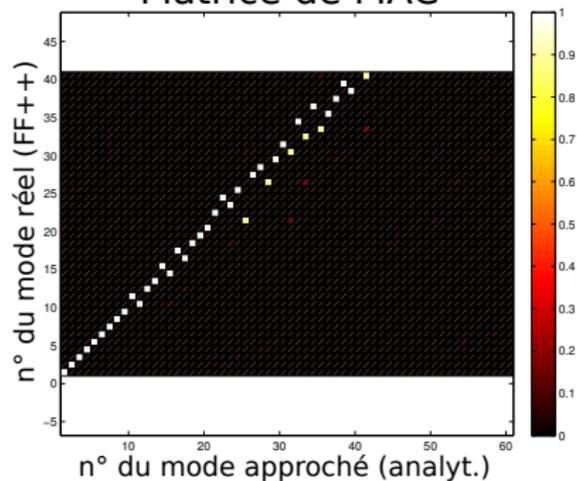
Mode 20 - calcul analytique

$f = 121.1$  Hz

Champ\_pression  
0,99945  
0,49972  
0,0000  
-0,49972  
-0,99945



## Similitude des formes propres Matrice de MAC

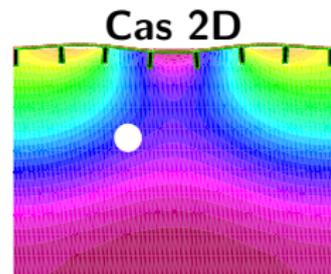
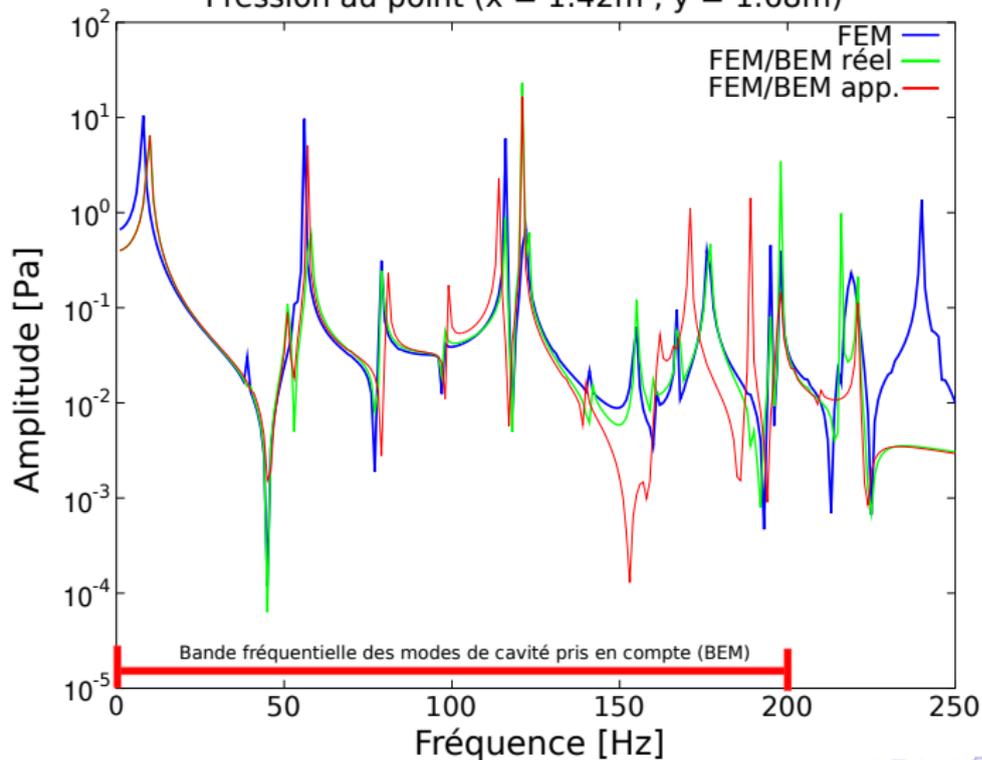


- Similitude proche de la diagonale
- Erreur principalement au niveau du solivage

# Applications numériques : validation

Comparaison des différentes méthodes sur le calcul de la pression locale

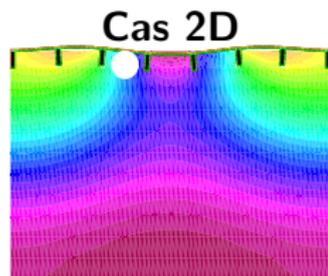
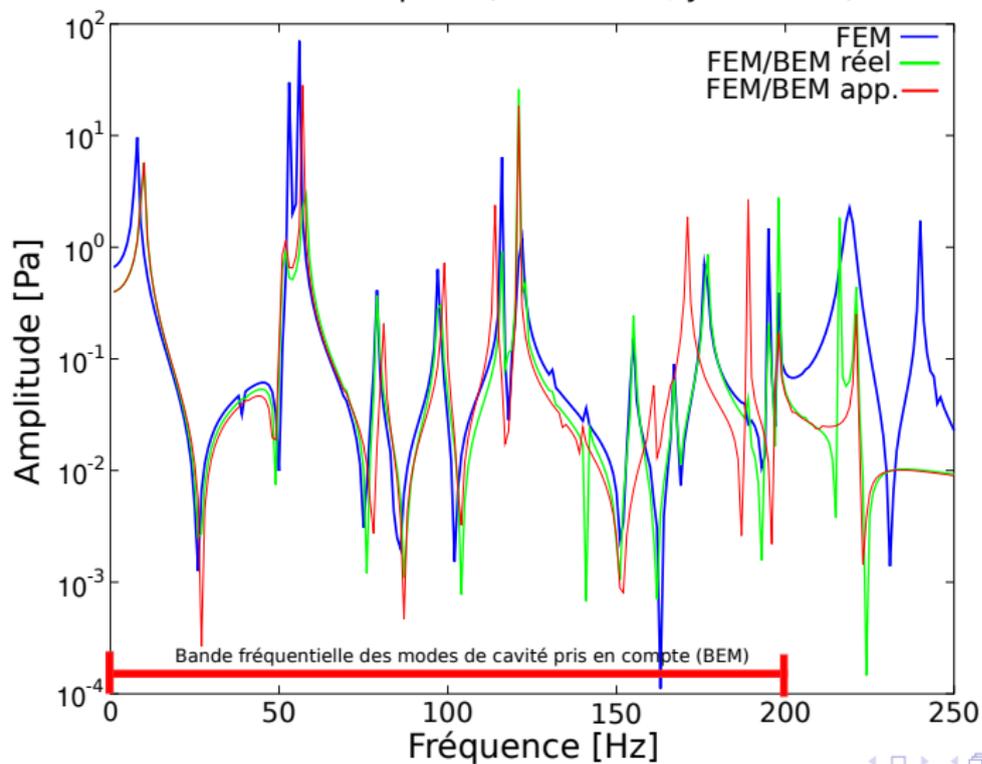
Pression au point ( $x = 1.42\text{m}$ ,  $y = 1.68\text{m}$ )



# Applications numériques : validation

Comparaison des différentes méthodes sur le calcul de la pression locale

Pression au point ( $x = 1.42\text{m}$ ,  $y = 2.91\text{m}$ )





# Conclusions et perspectives

- Méthode FEM/BEM approchée, adaptée aux cavités parallélépipédiques (cas de l'acoustique du bâtiment).
- Méthode FEM/BEM approchée, réduction importante du temps de calcul (environ 5 fois plus rapide que la méthode FEM globale)
  - Intégration de la notion de champs diffus dans le calcul de l'affaiblissement acoustique (phase aléatoire sur le vecteur  $F$  ?).
  - Intégration des assemblages et différents éléments de construction (murs, planchers, ...)

