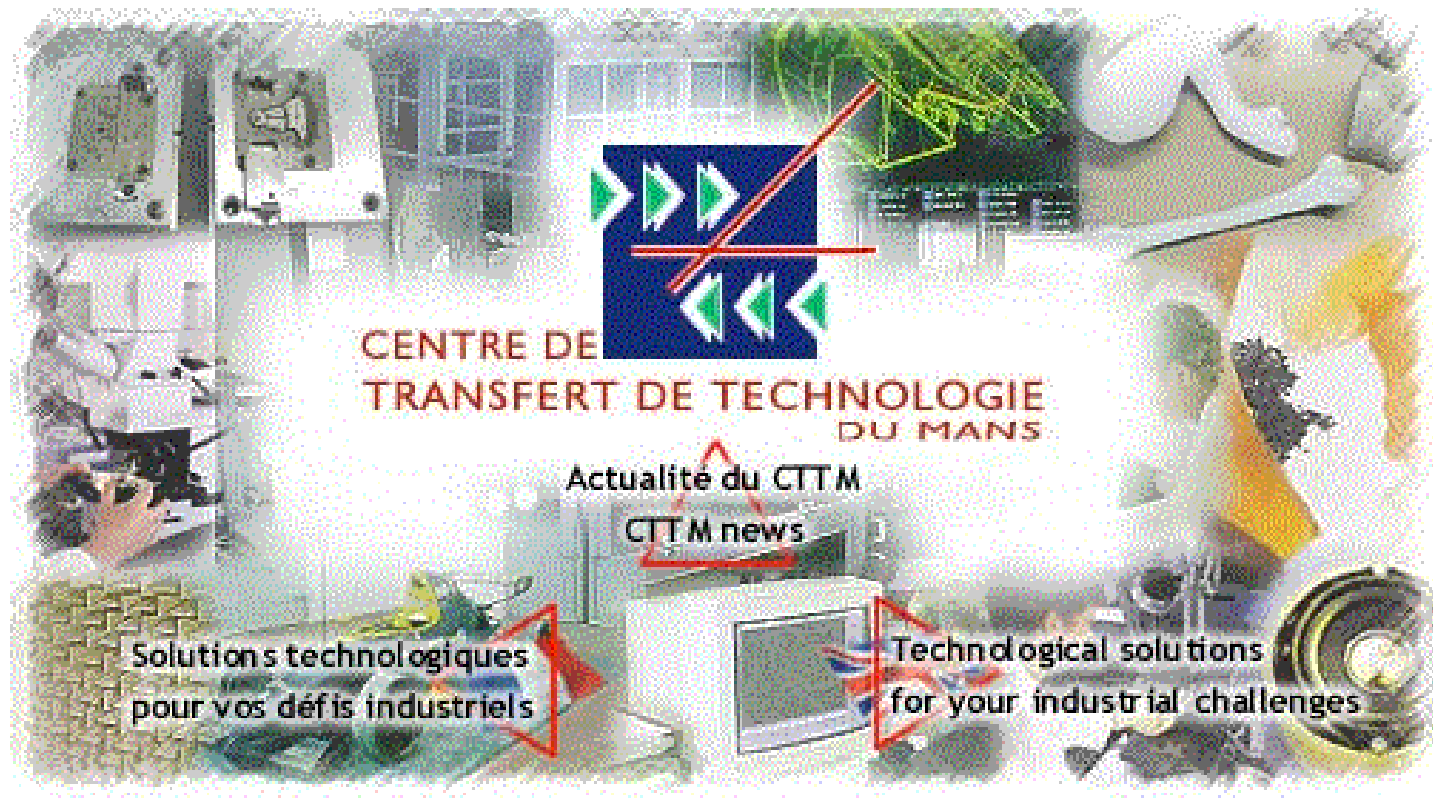


# Simulation du coefficient d'absorption acoustique de matériaux avec le logiciel MAINE 3A

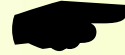
Nicolas POULAIN

[npoulain@cttm-lemans.com](mailto:npoulain@cttm-lemans.com)

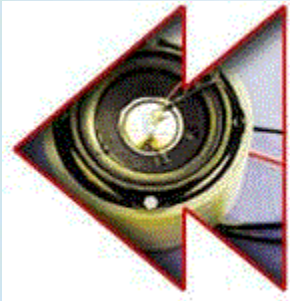
Département Acoustique et Vibrations - CTTM



[www.cttm-lemans.com](http://www.cttm-lemans.com)



Valoriser  
la recherche  
de l'Université du Maine



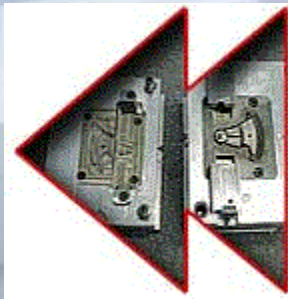
## ACOUSTIQUE ET VIBRATIONS

- Electro-acoustique, Mesures
- Matériaux acoustiques, Vibro-acoustique



## MATERIAUX

- Plus de 25 ans d'expertise dans les polymères
- Analyse, Traitement de surface, Elastomères



## PRODUCTIQUE

- Prototypage rapide, Rhéologie, Numérisation

# Plan de l'exposé

## **I. Contexte**

## **II. Les matériaux absorbants**

- Description
- Modélisation

## **III. Simulations, validations**

- Le logiciel Maine3A
- Exemples

## **IV. Conclusion**



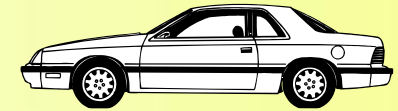


CENTRE DE  
TRANSFERT DE TECHNOLOGIE  
DU MANS

# Problématique

- Confort acoustique dans les transports

➔ Argument commercial

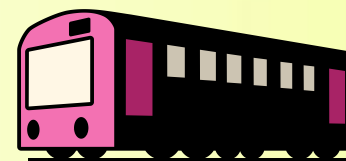


- Contrainte majeure = Masse



- Besoin

➔ Maîtriser les phénomènes vibro-acoustiques



# Matériaux acoustiques

- Tout matériau pouvant avoir une fonction acoustique :
  - Solides, viscoélastiques
  - Matériaux « poreux »
  
- Matériaux « poreux »
  - Poreux : mousses polymères à cellules ouvertes
  - Fibres enchevêtrées, tissées : feutres, laines, tissus, ...
  - Granulats agglomérés : sable, revêtements routiers, ...
  - Végétaux
  - ...



CENTRE DE  
TRANSFERT DE TECHNOLOGIE  
DU MANS

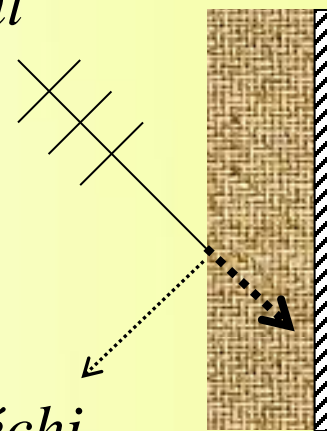
# Grandeur usuelle

## ■ Absorption acoustique

$$\alpha = \frac{P_{\text{dissipée}}}{P_{\text{incidente}}}$$

$$0 < \alpha < 1$$

*Incident*



*Réfléchi*



# Plan de l'exposé

## I. Contexte

## II. Les matériaux absorbants

- Description
- Modélisation

## III. Simulations, validations

- Le logiciel Maine3A
- Exemples

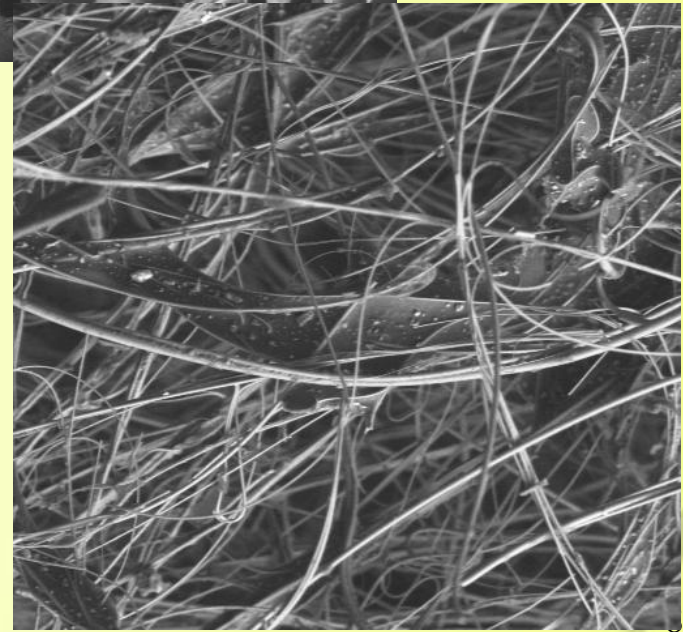
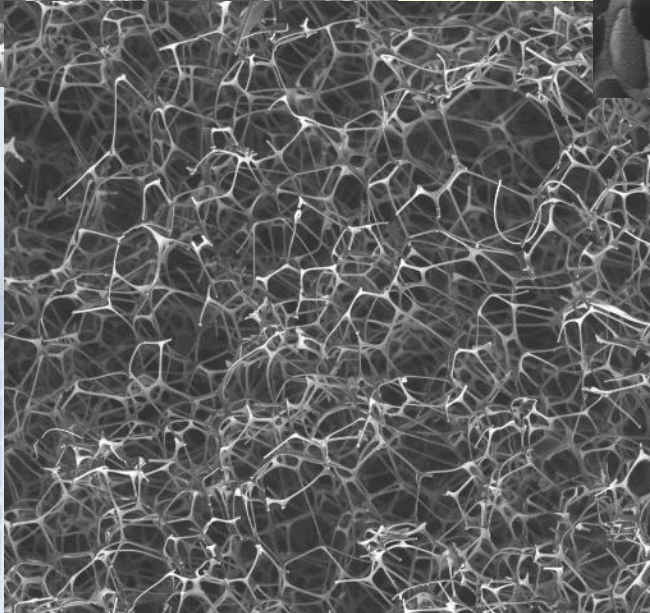
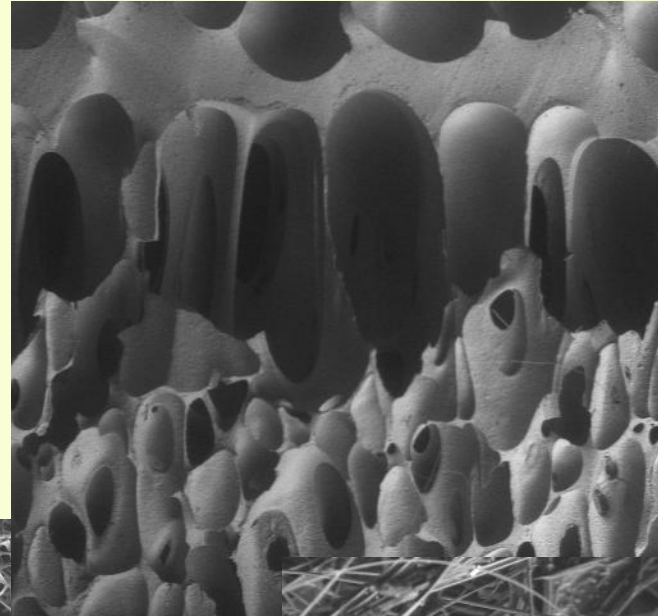
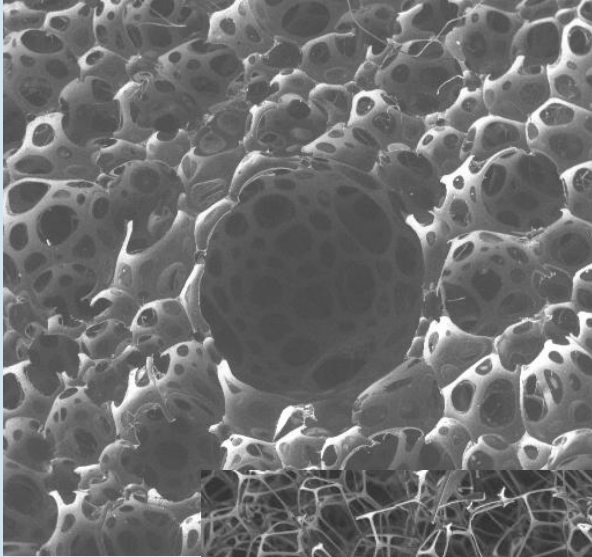
## IV. Conclusion





CENTRE DE  
TRANSFERT DE TECHNOLOGIE  
DU MANS

## Quelques exemples



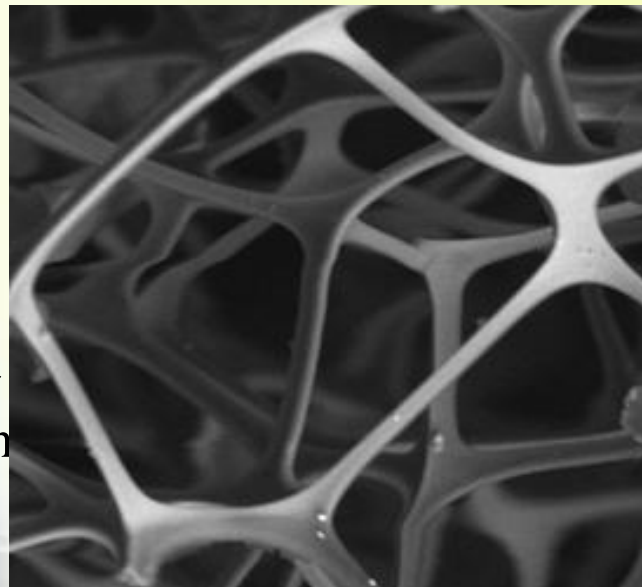
# Matériau poreux acoustique

milieu biphasique

=

milieu élastique  
(squelette)

1 onde de cisaillement  
1 onde de compression  
*Volume* : 1 à 10 %



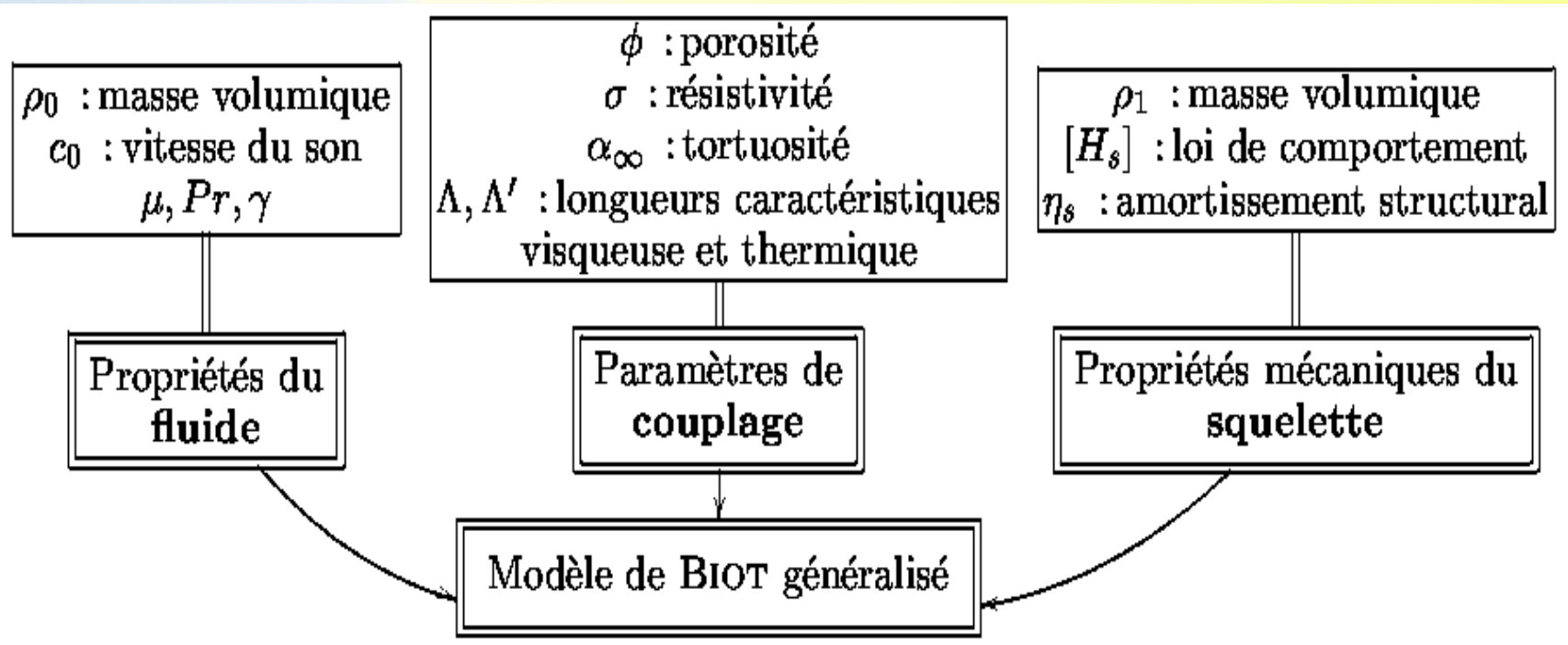
+ milieu fluide  
(air)

1 onde de compression  
90 à 99 % (= porosité)



# Description physique

Modèle de BIOT généralisé : 5 paramètres décrivent le couplage fluide/squelette

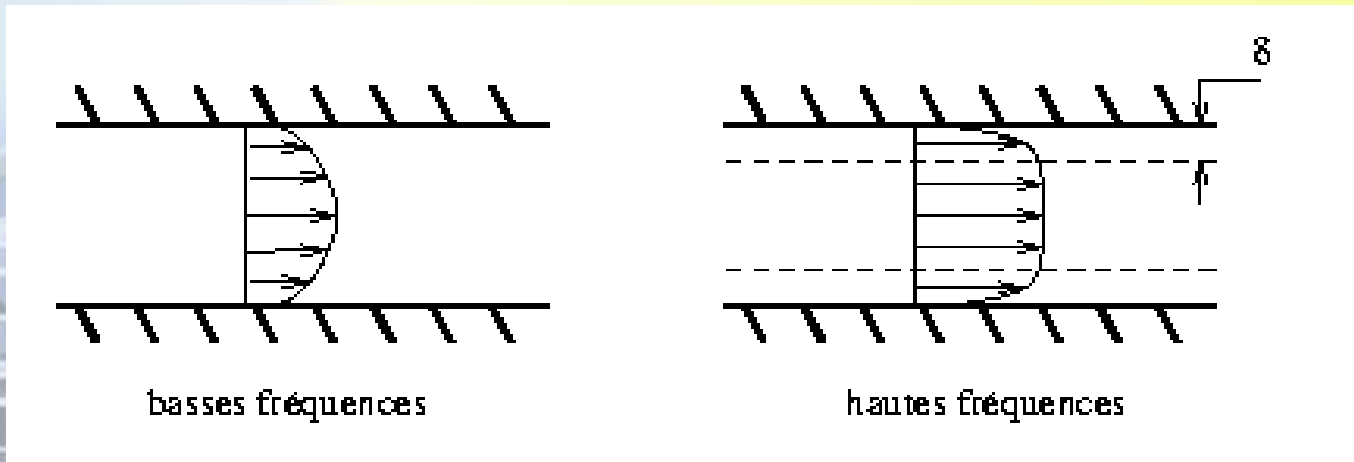




CENTRE DE  
TRANSFERT DE TECHNOLOGIE  
DU MANS

# Phénomènes de dissipation

- Intérêt acoustique : dissipation des ondes acoustiques et vibratoires au sein du matériau
- Dissipation visqueuse
  - déplacement de l'air dans le matériau
  - décrite par  $\sigma$  (basses fréquences) et  $\Lambda$  (hautes fréquences)
  - liée à la vitesse relative du fluide/squelette



# Phénomènes de dissipation

## ■ Dissipation thermique

- absorption par le squelette d'une partie de la chaleur créée lors de la compression du fluide
- décrite par  $\Lambda'$
- fonction de l'amplitude de la variation de pression dans les pores

## ■ Dissipation viscoélastique

- dissipation de l'énergie de déformation dans le squelette



CENTRE DE  
TRANSFERT DE TECHNOLOGIE  
DU MANS

## Modélisations utilisées

### ■ Grandeur de surface

Le matériau est représenté par une grandeur (par ex. le coefficient d'absorption) prise comme conditions aux limites du problème (parois d'un volume, ...)

Cette grandeur est obtenue :

- par mesure directe du produit
- par simulation numérique

● Applications : acoustique des volumes



## Modélisations utilisées

- Modèle fluide équivalent

  - Modèle utilisant les 5 paramètres de couplage

  - Possibilité de décrire la propagation au sein du matériau

  - Le squelette est immobile

- Modèle poroélastique

  - Modèle fluide équivalent + prise en compte des lois de comportement mécaniques du squelette

- Applications : parois isolantes, silencieux, ...

# Plan de l'exposé

## I. Contexte

## II. Les matériaux absorbants

- Description
- Modélisation

## III. **Simulations, validations**

- Le logiciel Maine3A
- Exemples

## IV. Conclusion

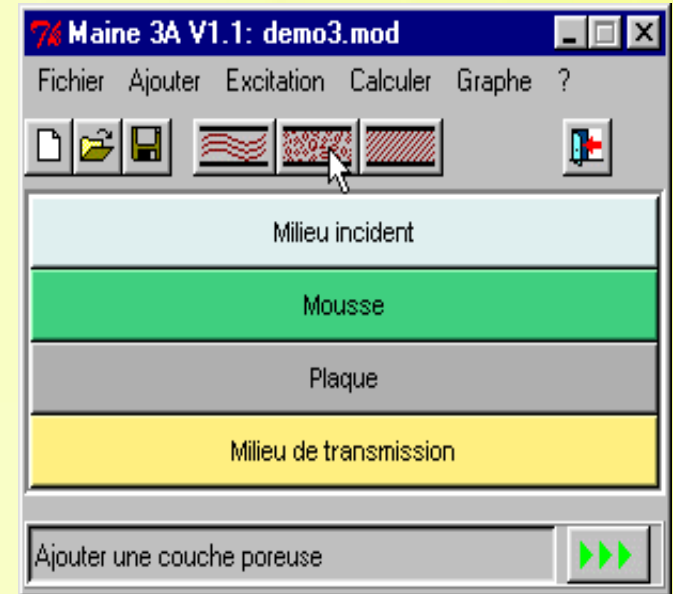




CENTRE DE  
TRANSFERT DE TECHNOLOGIE  
DU MANS

## Maine 3A

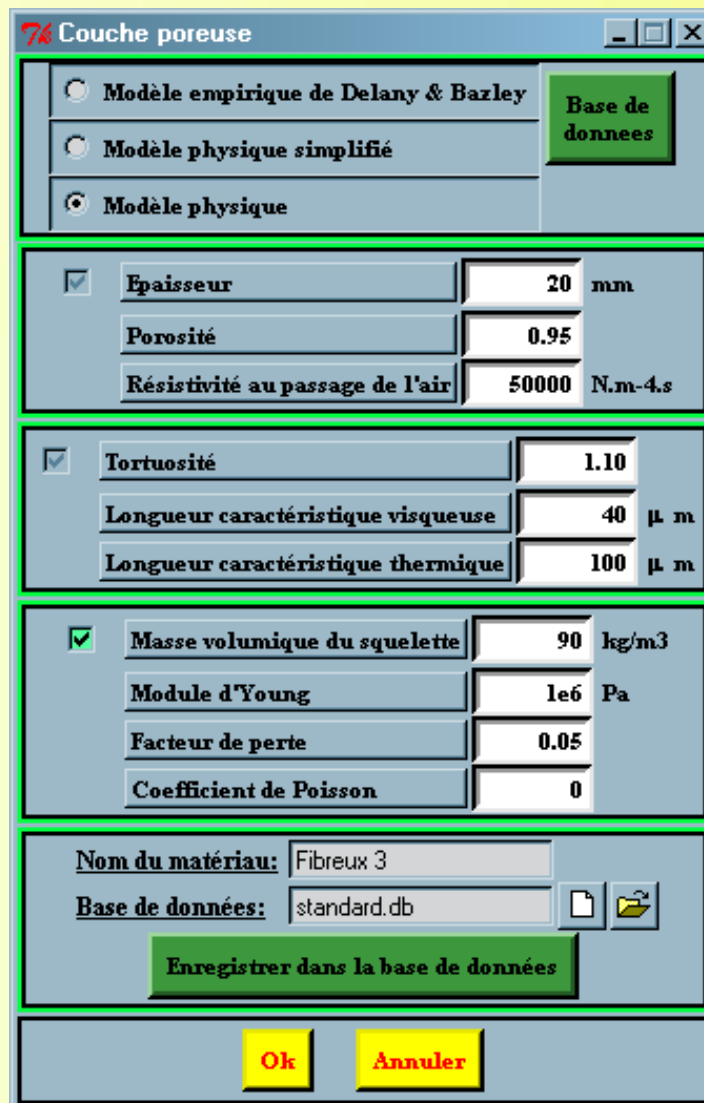
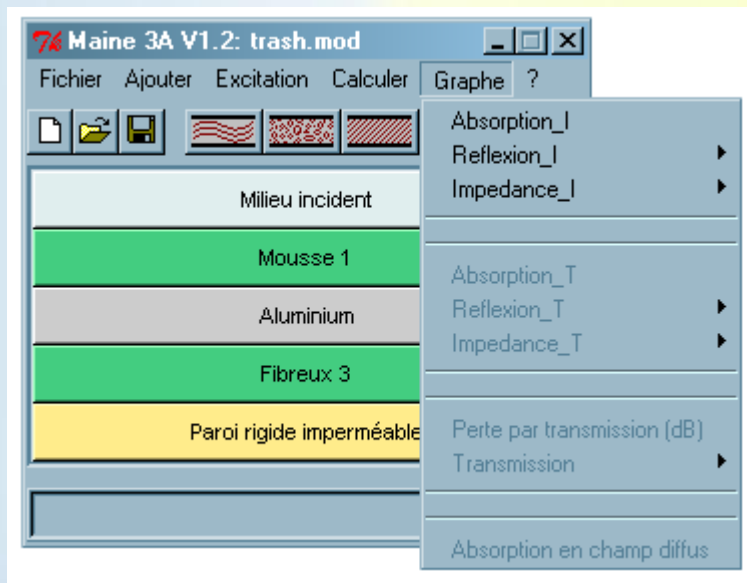
- Logiciel MAINE 3A
  - dimensions latérales infinies
  - modèle poroélastique
  - chaque couche est modélisée par une matrice de transfert
- Autres moyens de simulations
  - tir de rayon
  - éléments finis





CENTRE DE  
TRANSFERT DE TECHNOLOGIE  
DU MANS

# Maine 3A

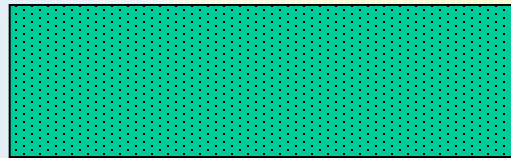


# Application : complexe feutre/feutre

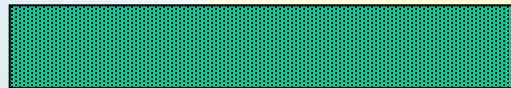
## ■ Absorbant pour l'automobile



film non tissé (NT)



feutre basse densité (LD)



feutre haute densité (HD)

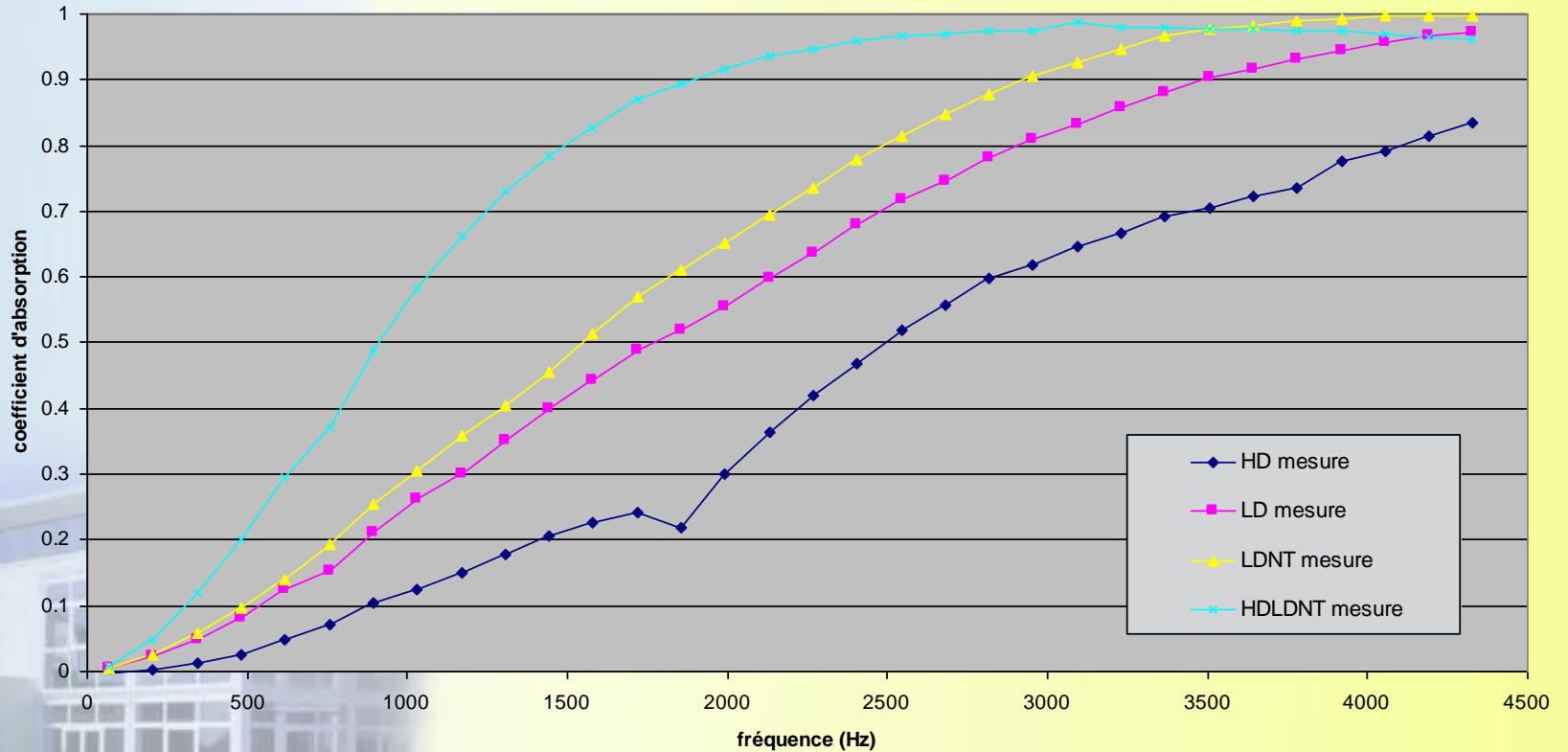
## ■ Mesure au tube de Kundt (onde plane)



# Application : complexe feutre/feutre

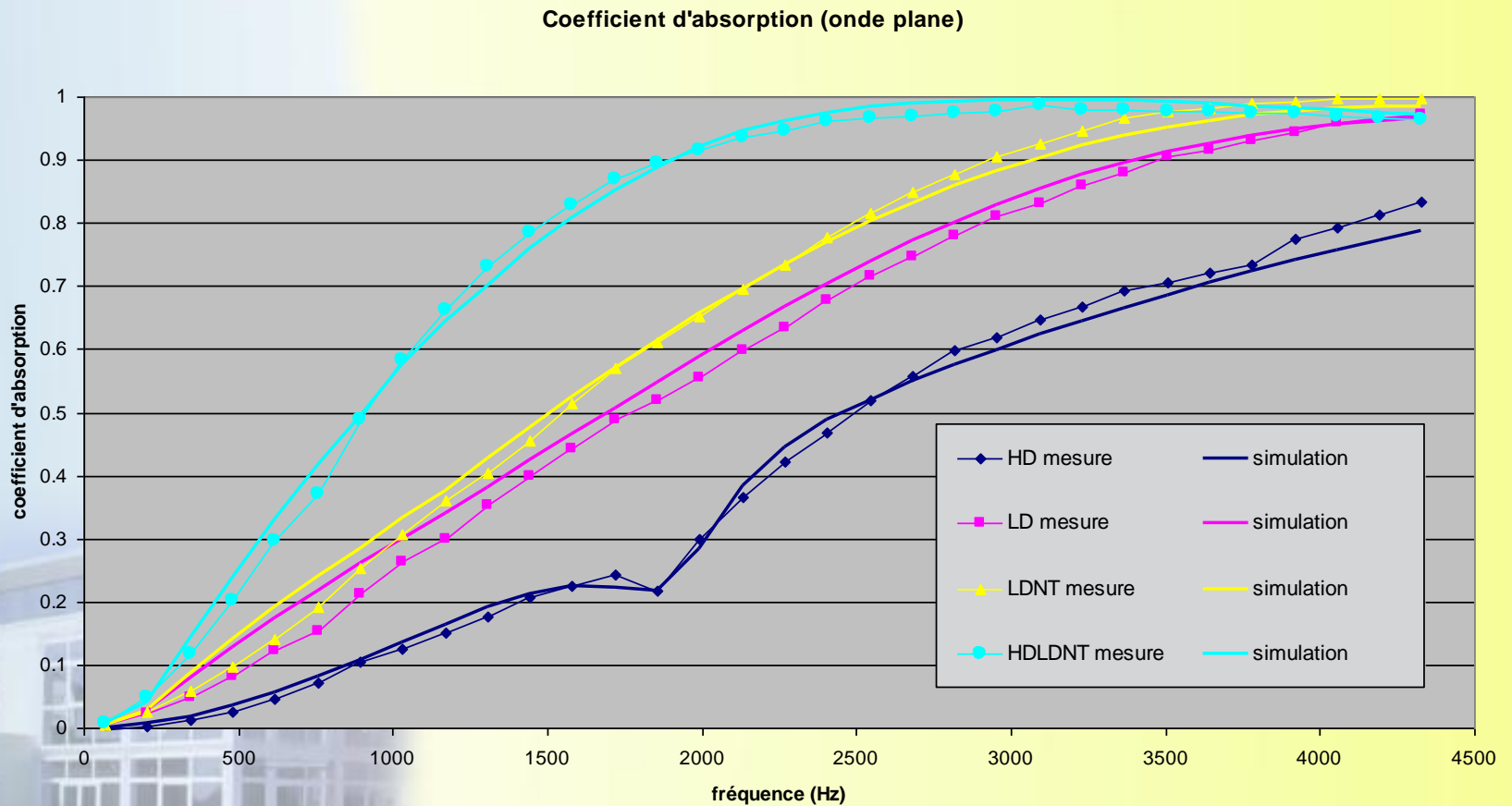
## Absorption mesurée (tube de Kundt)

Coefficient d'absorption (onde plane)



# Application : complexe feutre/feutre

## Absorption mesurée et simulée





CENTRE DE  
TRANSFERT DE TECHNOLOGIE  
DU MANS

## Application : mousse filmée

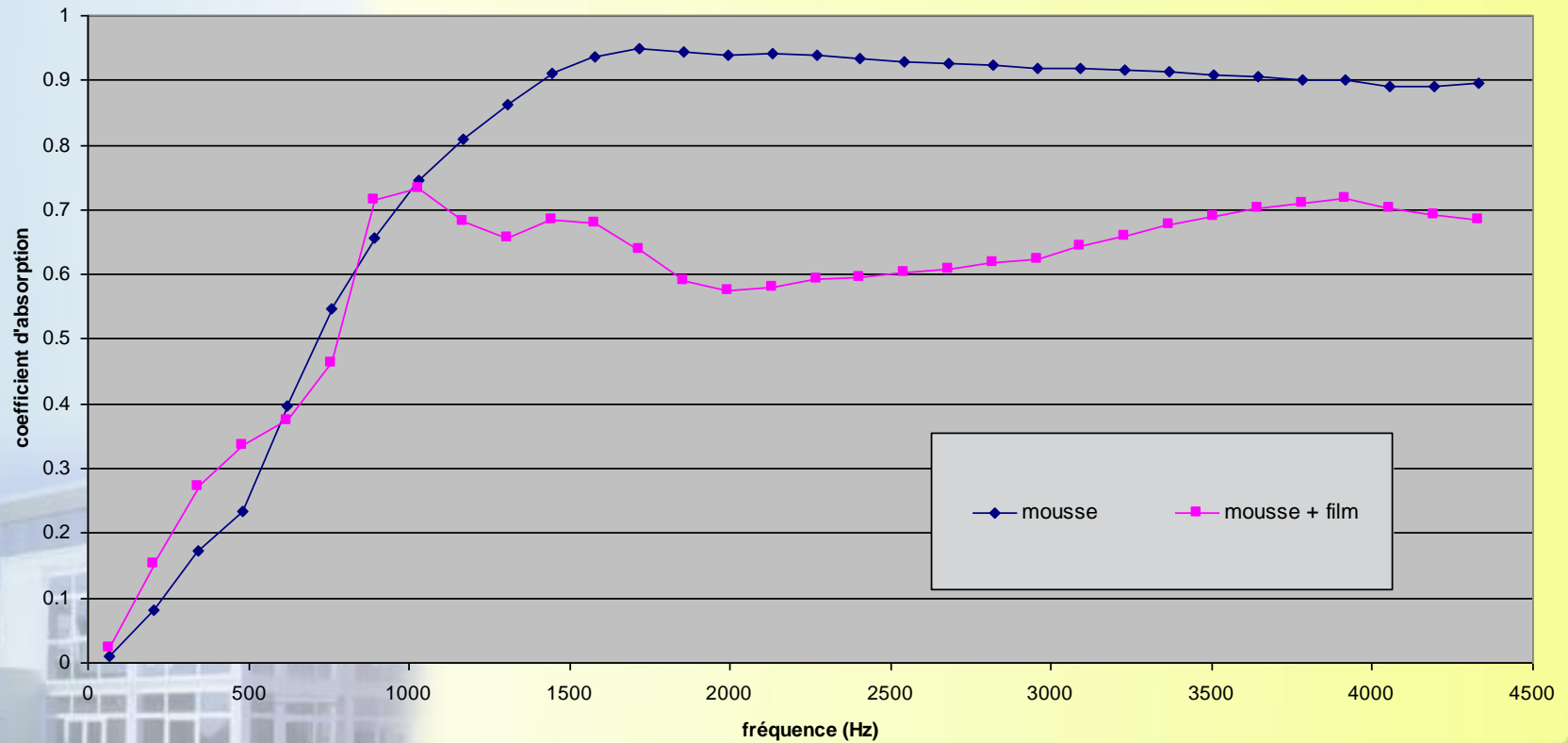
- Formation d'un film lors de la cuisson des mousses
  - Modification des propriétés acoustiques.



# Application : mousse + film

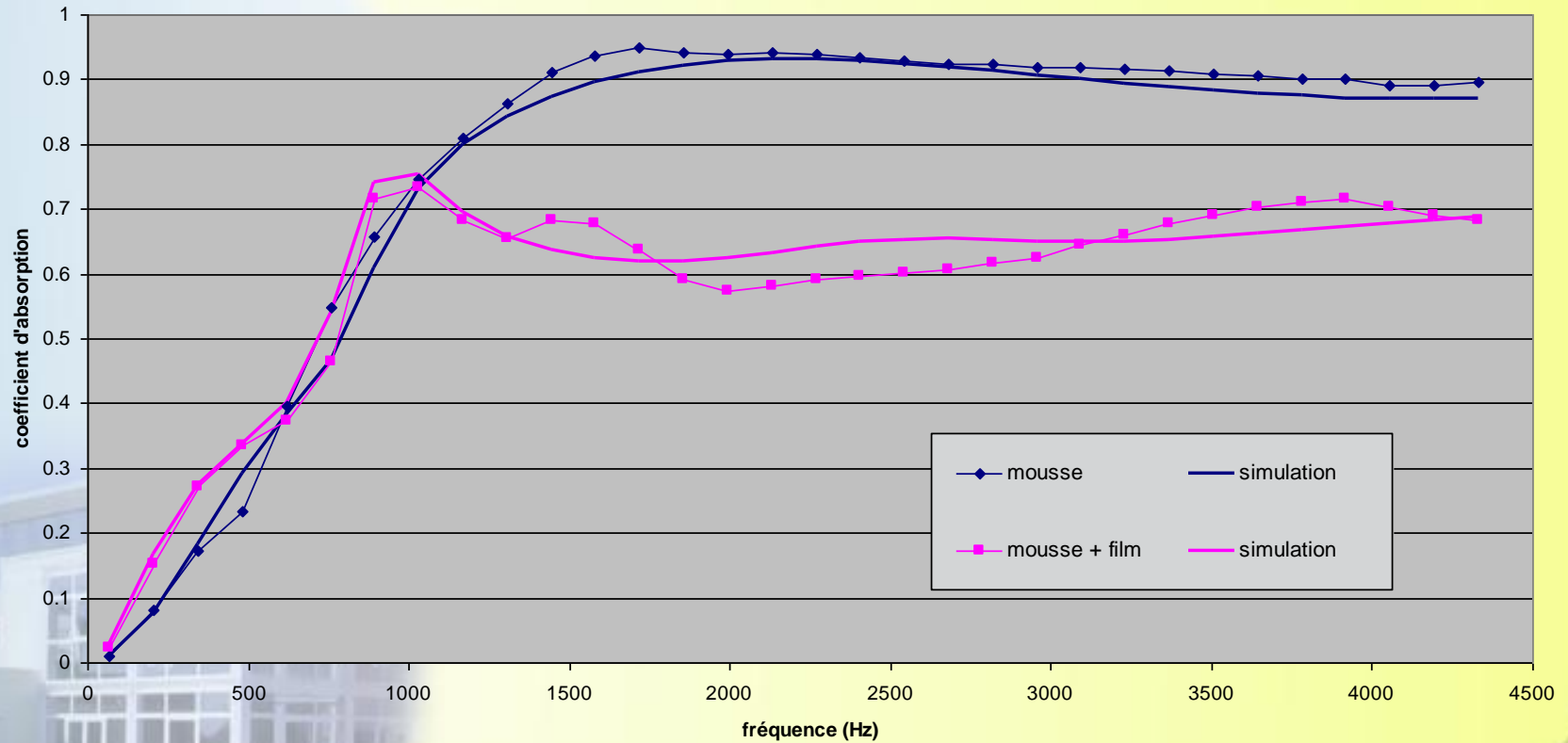
## Absorption mesurée (tube de Kundt)

Coefficient d'absorption (onde plane)



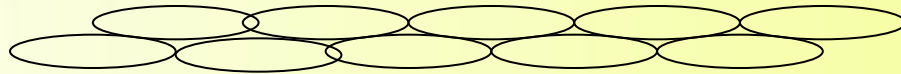
## Absorption mesurée et simulée

Coefficient d'absorption (onde plane)

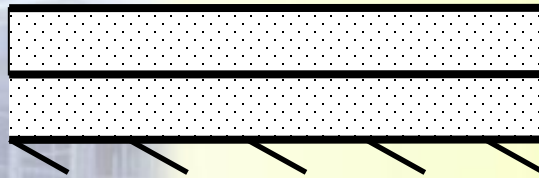


## Application : isolant thermique

- Matériau destiné à l'isolation thermique (deux couches de bulles d'air superposées)



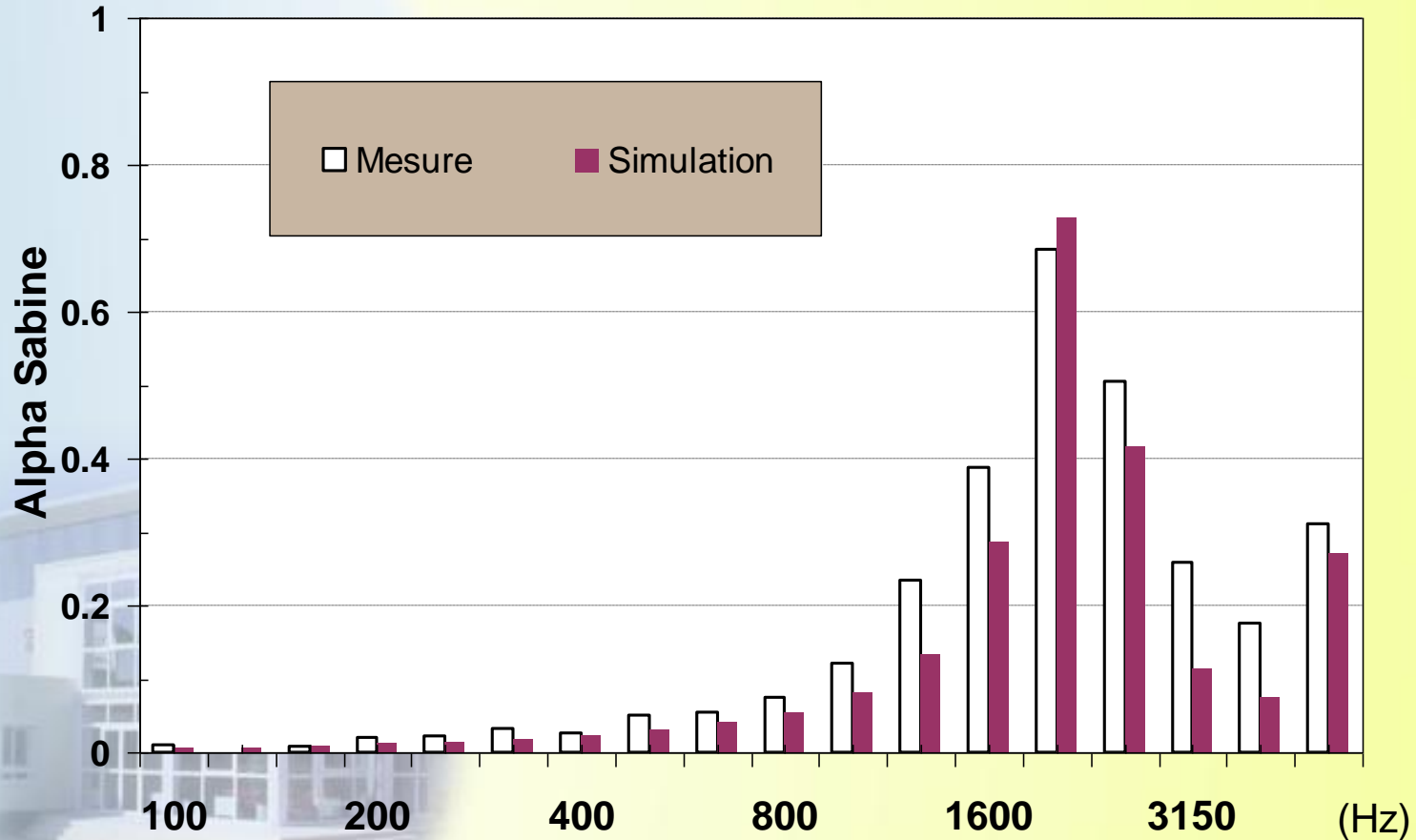
- Caractérisation des propriétés acoustiques
  - Modélisation : 7 couches (alu+film+air+film+air+film+alu)



- Mesure en champ diffus (salle réverbérante)

# Application : isolant thermique

Absorption en champ diffus : comparaison mesure/simulation



# Plan de l'exposé

## **I. Contexte**

## **II. Les matériaux absorbants**

- Description
- Modélisation

## **III. Simulations, validations**

- Le logiciel Maine3A
- Exemples

## **IV. Conclusion**



## Conclusion-1

- **Importance des matériaux poreux** dans les solutions des problèmes vibro-acoustiques
  - existence de nombreuses configurations
- Possibilité d'employer des outils de simulation incluant les matériaux poreux pour dégager les paramètres influants et dimensionner les structures
- Nécessité de maîtriser les phénomènes physiques mis en jeu pour optimiser la recherche de solutions

## Conclusion-2

- Implique la caractérisation des matériaux pour fournir les données d'entrée aux logiciels :
  - il n'existe pas de base de donnée standard
  - bases de données « internes » pour certains fournisseurs
  - sinon caractérisation au cas par cas
- Mesures de validation des solutions retenues

