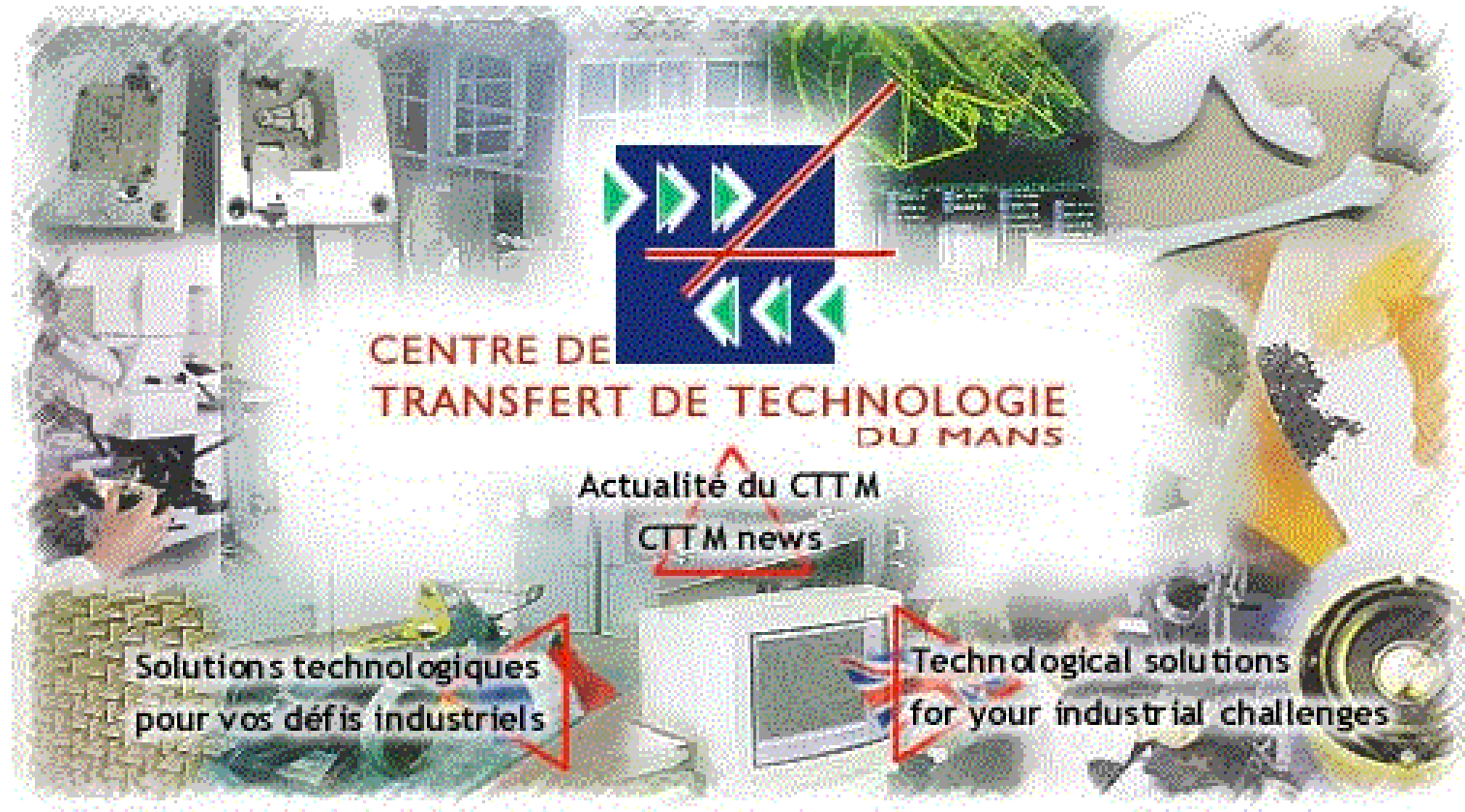


Matériaux absorbants et vibro-acoustique

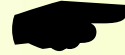
Nicolas DAUCHEZ

ndauchez@cttm-lemans.com

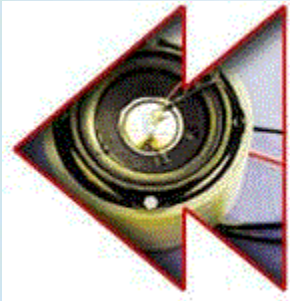
Département Acoustique et Vibrations - CTTM



www.cttm-lemans.com



Valoriser
la recherche
de l'Université du Maine



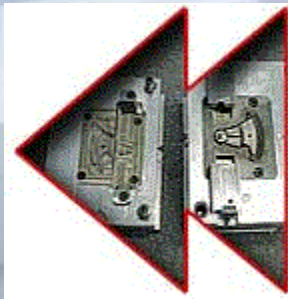
ACOUSTIQUE ET VIBRATIONS

- 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
- Caractérisation expérimentale
- Modélisation
- Mesure des performances

III. Validation expérimentale

- Absorption
- Isolation

IV. Conclusion



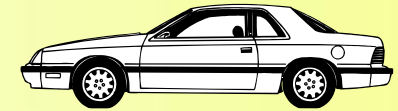


CENTRE DE
TRANSFERT DE TECHNOLOGIE
DU MANS

Problématique

- Confort acoustique dans les transports

➔ Argument commercial

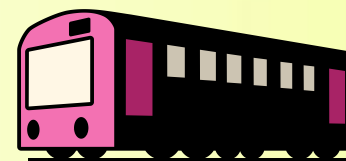


- Contrainte majeure = Masse



- Besoin

➔ Maîtriser les phénomènes vibro-acoustiques



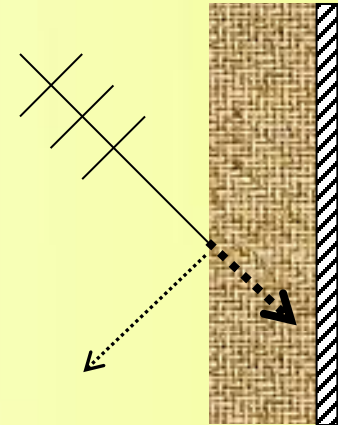


CENTRE DE
TRANSFERT DE TECHNOLOGIE
DU MANS

Problèmes usuels

- Absorption acoustique

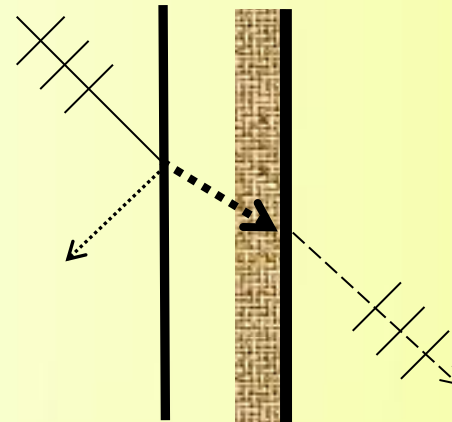
Incident



Réfléchi

- Isolation acoustique

Incident



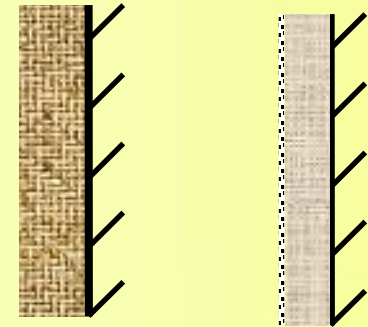
Transmis



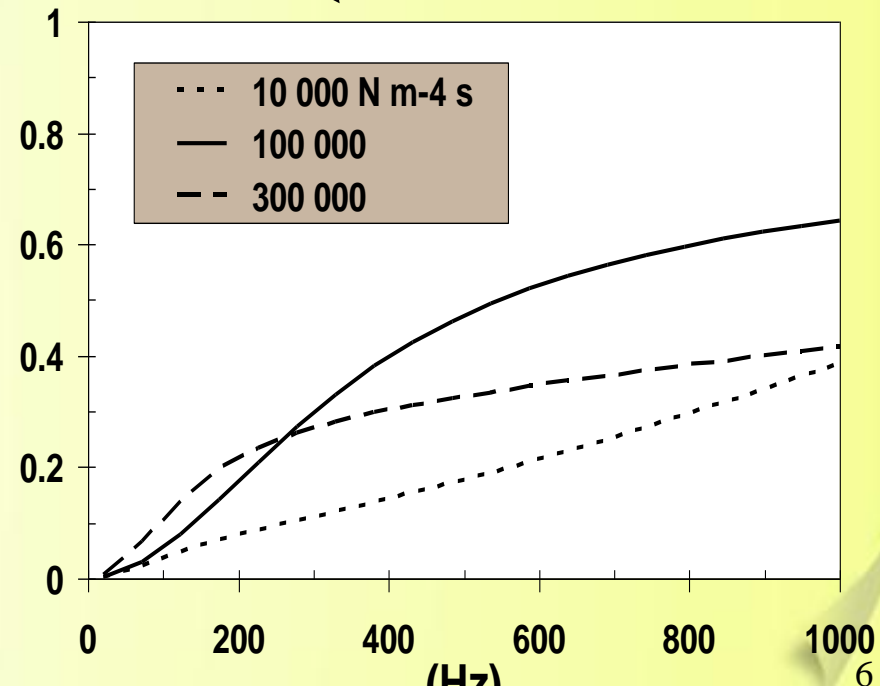
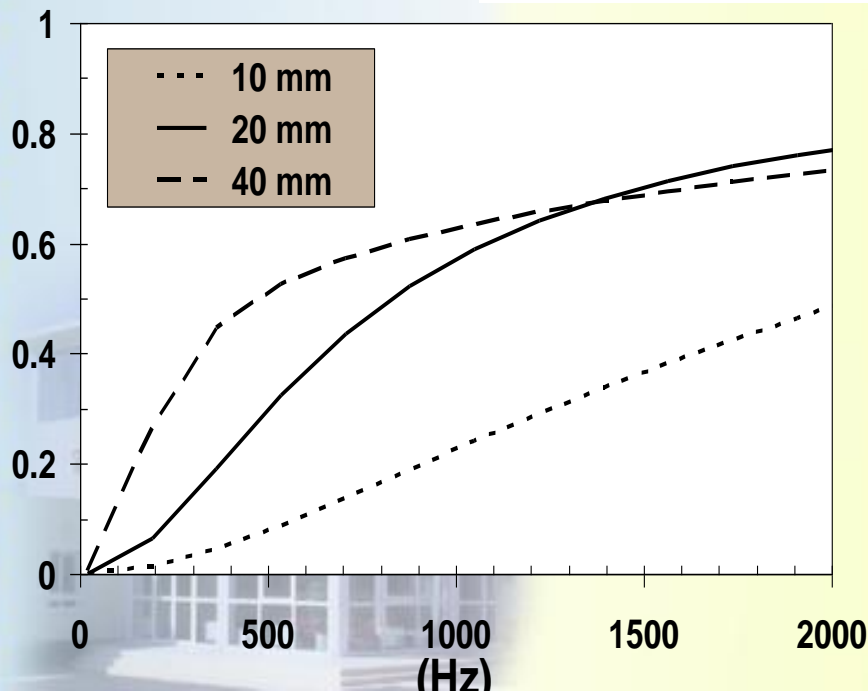
Solutions pour l'absorption acoustique

● Absorbant sur paroi

- ◆ Epaisseur $\geq \sim 1/10$ longueur d'onde
- ◆ Résistance au passage de l'air optimale



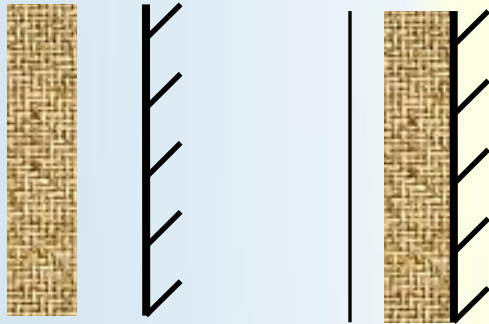
Coefficient d'absorption



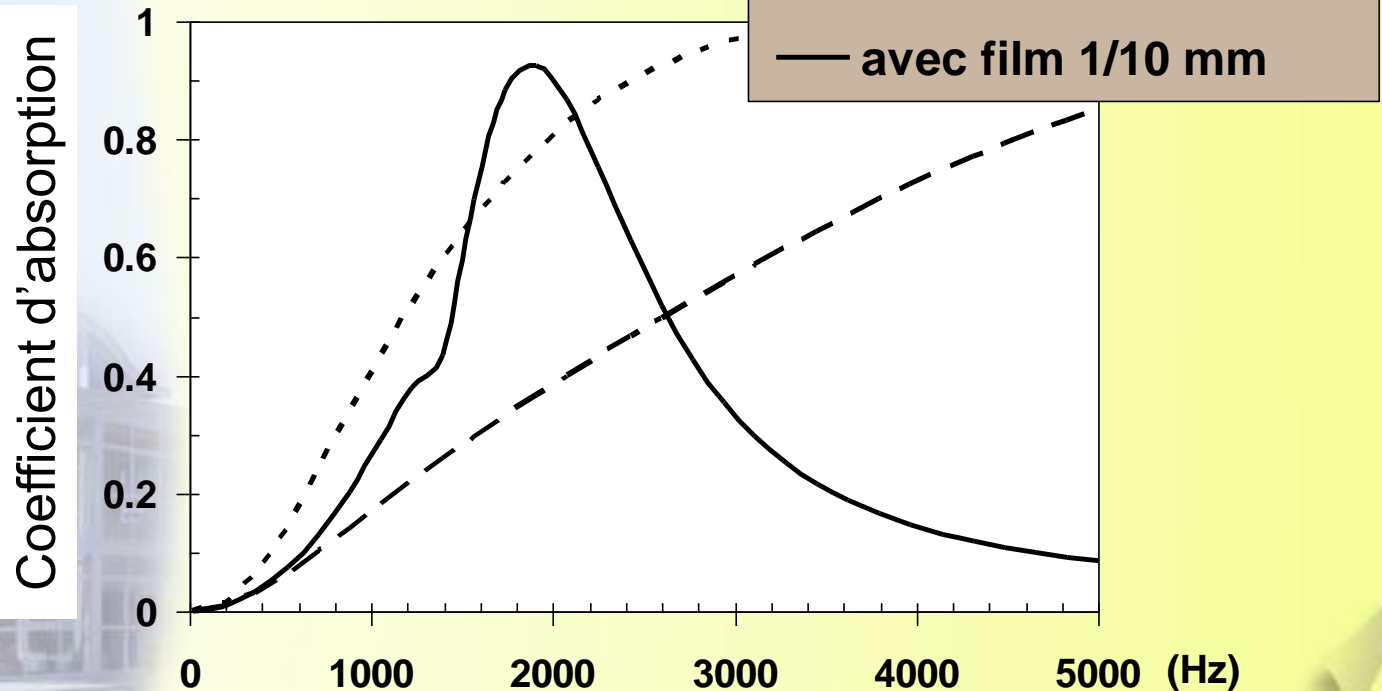


CENTRE DE
TRANSFERT DE TECHNOLOGIE
DU MANS

Solutions pour l'absorption acoustique



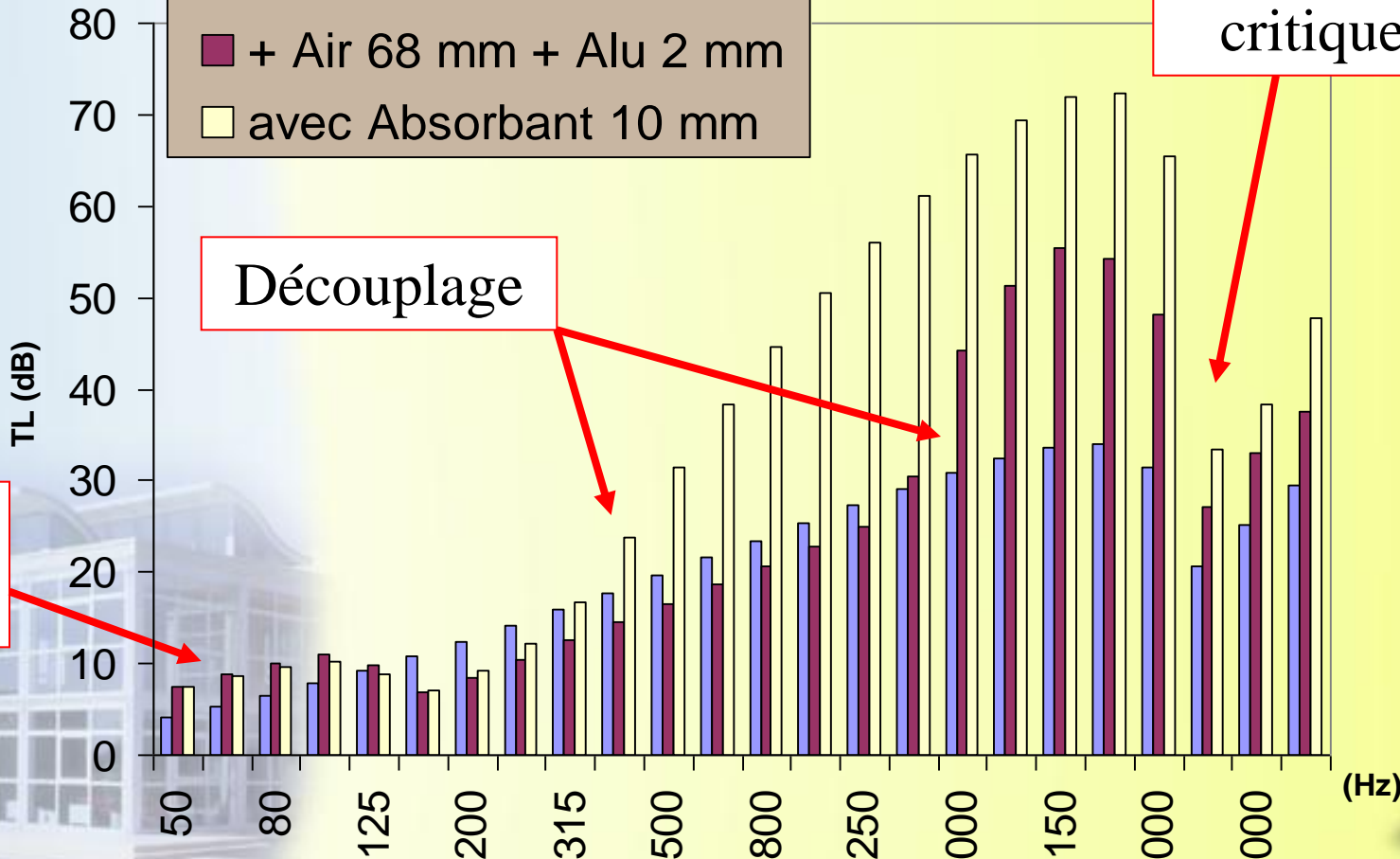
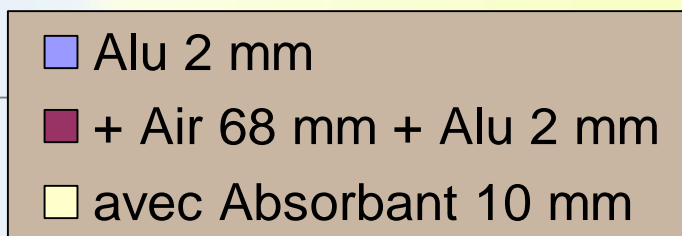
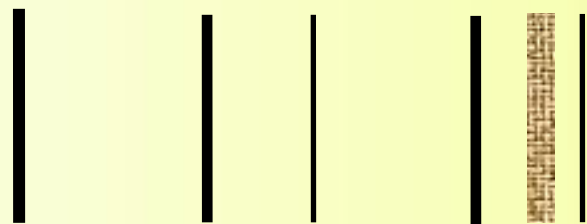
- Absorbant + lame d'air = Gain en BF
- Absorbant + film = Gain localisé
- ☛ Dégradation en hautes fréquences





CENTRE DE
TRANSFERT DE TECHNOLOGIE
DU MANS

Solutions pour l'isolation acoustique



Loi de masse

Découplage

Fréquence critique

Besoins pour la conception



Rôle important des matériaux absorbants
face à la problématique

- Outils de prédiction incluant les absorbants
 - ◆ Dégager les paramètres influants
 - ◆ Dimensionner les structures

- => Caractérisation des matériaux
 - ◆ Données d'entrée des logiciels

- Mesure des performances



Plan de l'exposé

I. Contexte

II. Les matériaux absorbants

- Description
- Caractérisation expérimentale
- Modélisation
- Mesure des performances

III. Validation expérimentale

- Absorption
- Isolation

IV. Conclusion



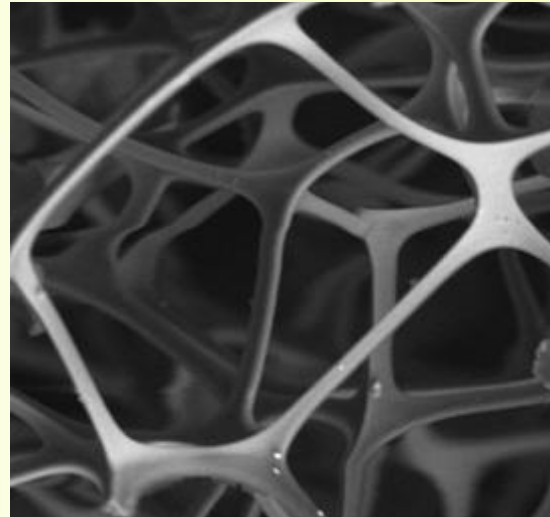


Matériau poreux acoustique

milieu biphasique =

milieu élastique
(squelette)

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



+ milieu fluide
(air)

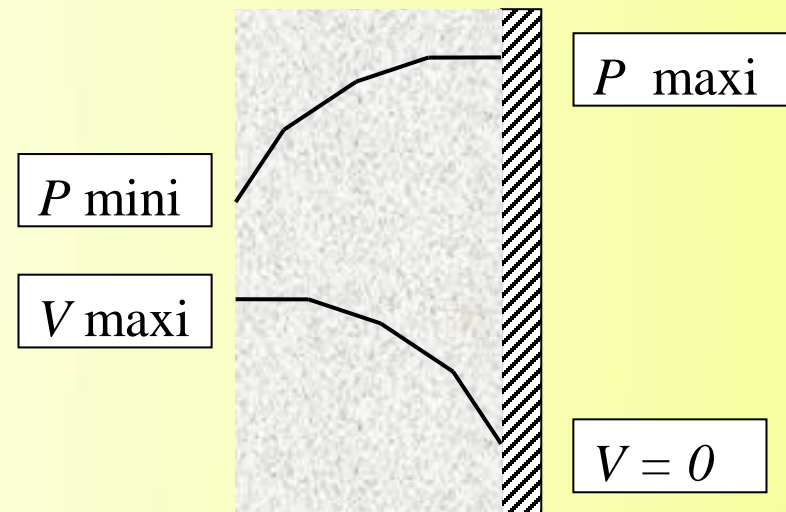
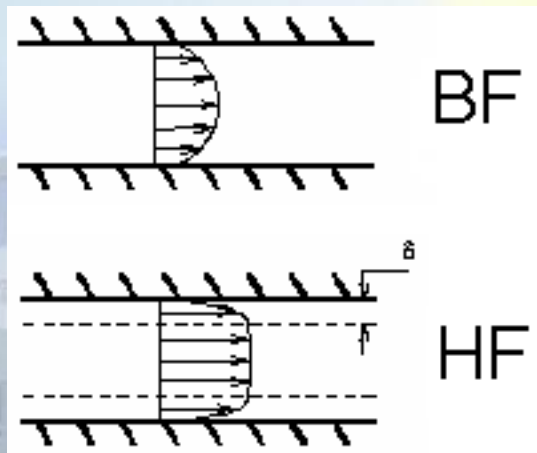
1 onde de compression
90 à 99 % (= porosité)

⇒ Théorie de Biot adaptée à l'acoustique (Allard, 1993)

Description statistique sur un volume d'homogénéisation
⇒ variables = quantités moyennées

Phénomènes de dissipation

- Frottement visqueux entre l'air et le squelette
fonction de :
 - résistivité au passage de l'air (BF)
 - mouvement relatif fluide / squelette (*loin d'une paroi*)
- Absorption de la chaleur excédentaire du fluide par le squelette
fonction de :
 - perméabilité thermique (BF)
 - amplitude de la pression acoustique (*près d'une paroi*)





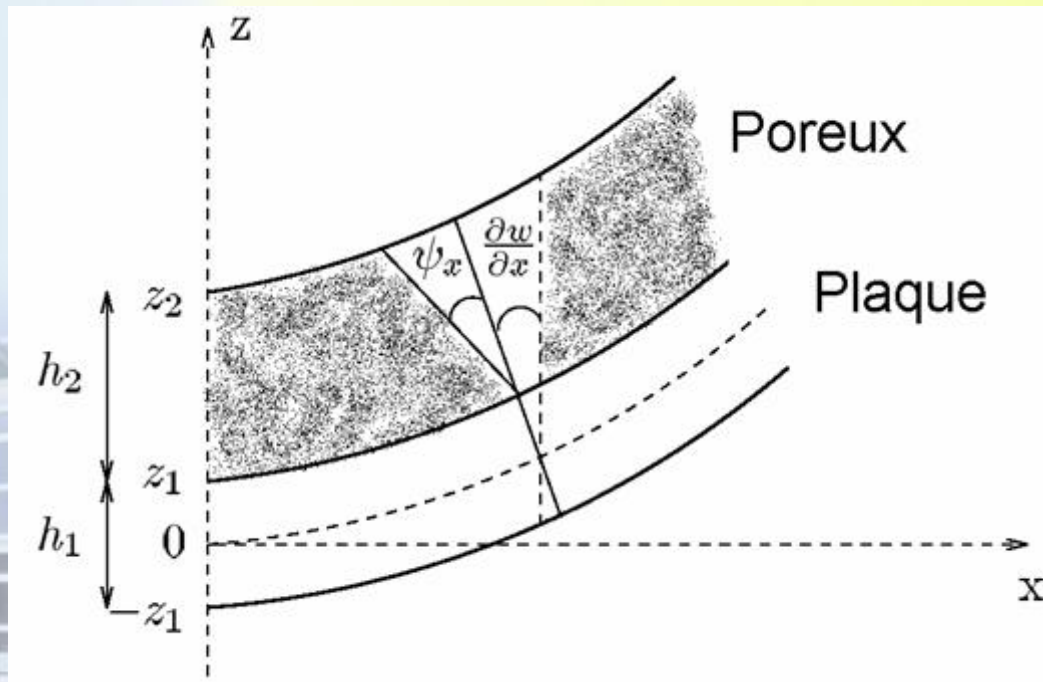
CENTRE DE
TRANSFERT DE TECHNOLOGIE
DU MANS

Phénomènes de dissipation

■ Viscoélasticité du squelette

- transformation de l'énergie de déformation en chaleur

fonction de : - facteur de perte (amortissement structural)
- énergie de déformation du squelette

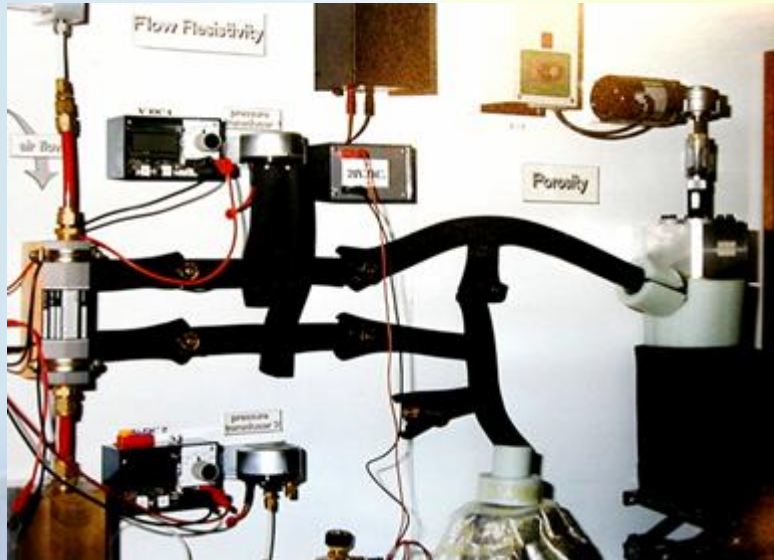




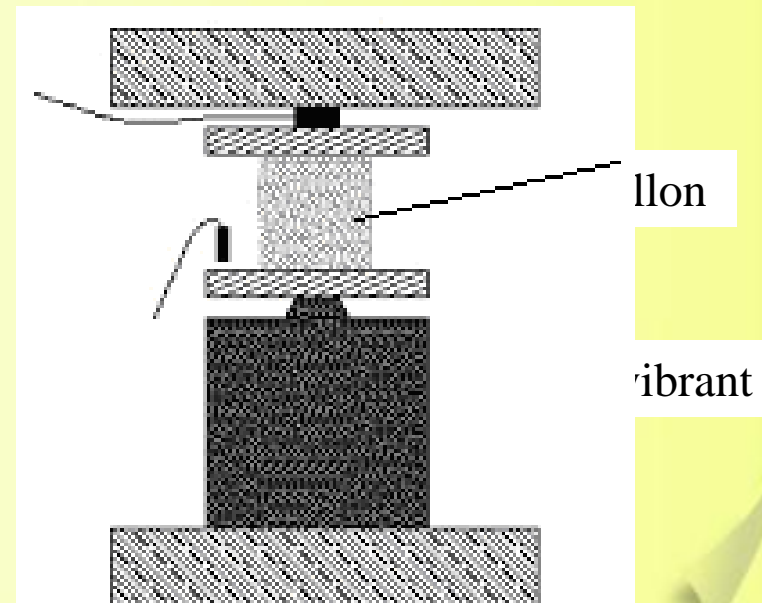
CENTRE DE
TRANSFERT DE TECHNOLOGIE
DU MANS

Mesure des paramètres physiques

- Résistance au passage de l'air
 - Porosité



- Module d'Young et
Facteur d'amortissement :
quasistatique de 1 à 100 Hz



Modèles de matériaux poreux

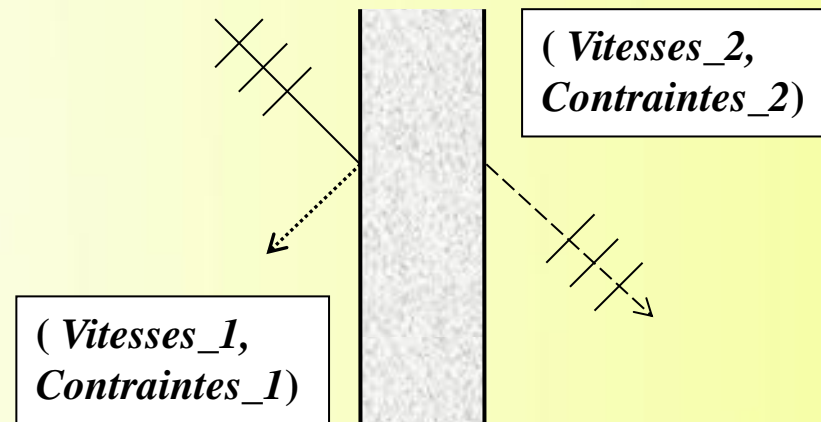
- Impédance de surface, mesurée ou simulée
 - inclue uniquement l'effet sur les ondes acoustiques
 - comportement à réaction localisée⇒ codes vibro-acoustiques généralistes (Lesueur Hamdi, 1988)

- Fluide équivalent : squelette supposé immobile
 - influence du squelette sur la propagation acoustique
 - ◆ Modèle empirique de Delany-Bazley (1970) pour les fibreux
 - ◆ Modèle physique de Johnson-Allard (Allard, 1993)⇒ codes analytiques (Brouard, 1994) et codes MEF (Craggs, 1978)

- Modèle poroélastique : squelette déformable
 - ◆ Modèle physique de Biot-Allard (Biot, 1956; Allard, 1993)⇒ codes analytiques (Brouard, 1994) et codes MEF (Atalla, 1998)

Structures multicouches

- Dimensions latérales infinies
 - ⇒ Système 2-D
 - ⇒ Matrices de transfert et d'interface

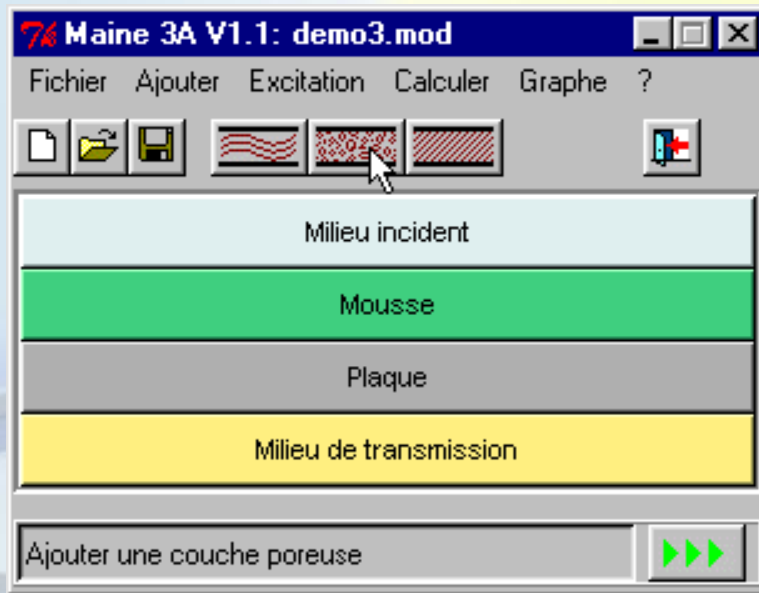




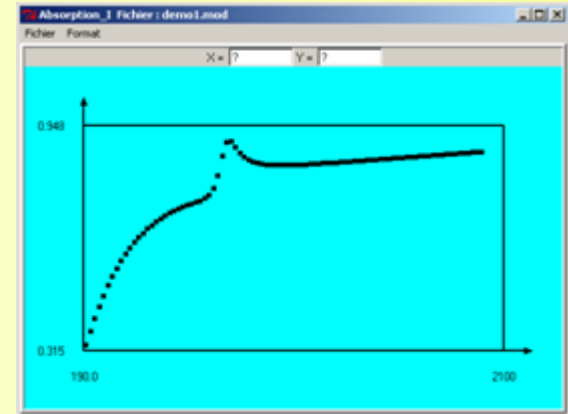
CENTRE DE
TRANSFERT DE TECHNOLOGIE
DU MANS

Logiciel MAINE 3A

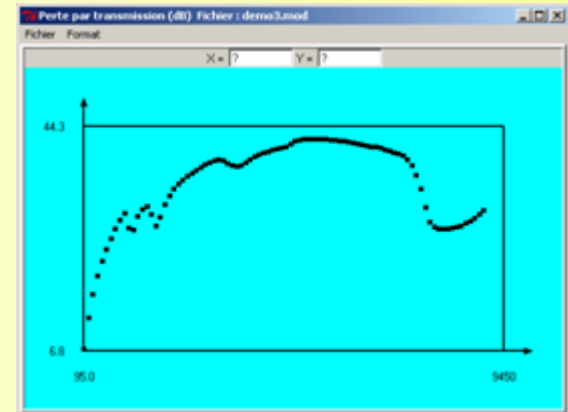
☛ Simulation de multicouche
avec matériau absorbant



- Coefficient d'absorption



- Indice d'affaiblissement





CENTRE DE
TRANSFERT DE TECHNOLOGIE
DU MANS

Performances acoustiques

- Alpha Sabine



- Mesure d'impédance
 - ☛ incidence normale



- ☛ incidence quelconque





CENTRE DE
TRANSFERT DE TECHNOLOGIE
DU MANS

Mesure d'isolation



1. Salles réverbérantes couplées

2. Salle réverbérante +
salle semi-anéchoïque

Intensimétrie 1-D ou 3-D



3. Petite salle réverbérante

Plan de l'exposé

I. Contexte

II. Les matériaux absorbants

- Description
- Caractérisation expérimentale
- Modélisation
- Mesure des performances

III. Validation expérimentale

- Absorption
- Isolation

IV. Conclusion



Validation expérimentale

■ Coefficient d'absorption

1. Laine minérale

⇒ Mesure au tube d'impédance : α_{\perp}

⇒ 70 Hz à 4300 Hz

⇒ Echantillon de 44 mm de diamètre

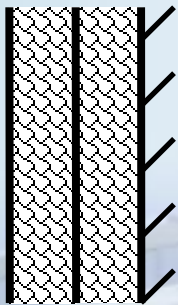


2. Multicouche avec film

⇒ Mesure en salle réverbérante: α_{Sabine}

⇒ 100 Hz à 5000 Hz

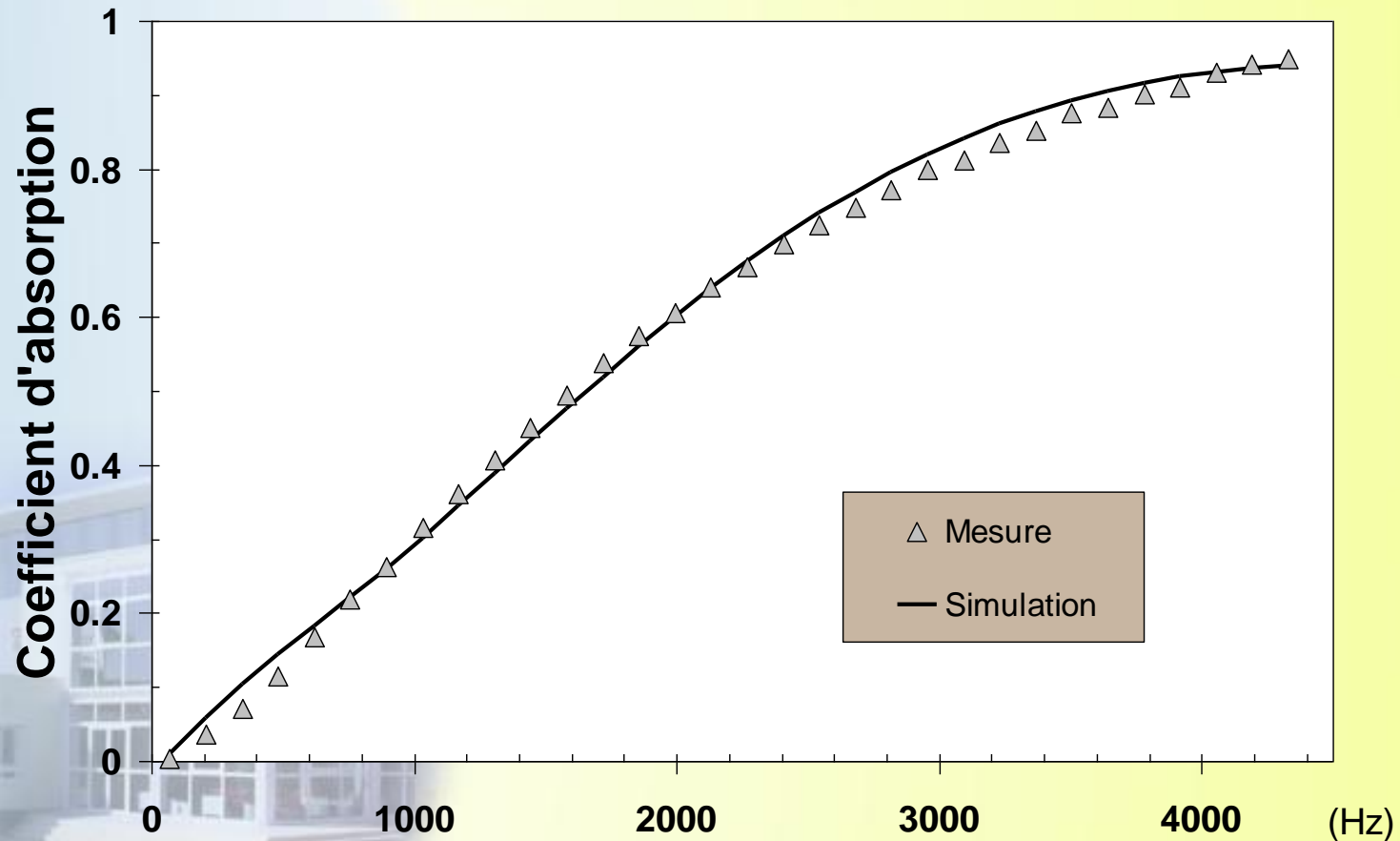
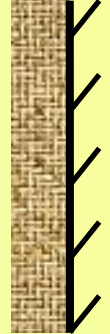
⇒ Echantillon de 12 m²



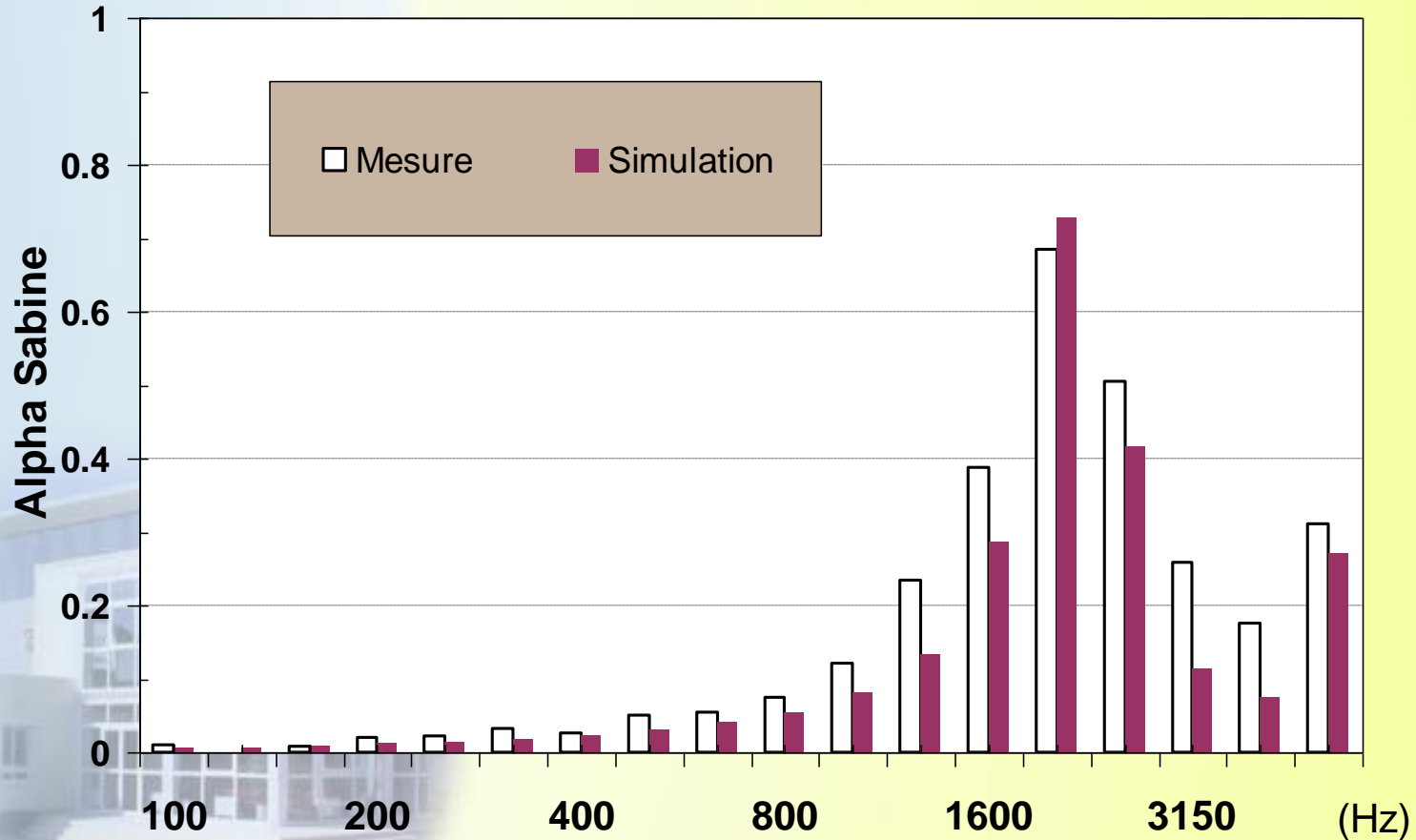
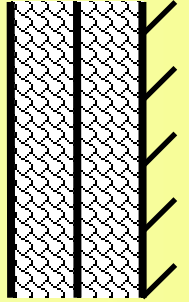
■ Prédiction avec MAINE 3A

Validation expérimentale

Laine minérale 25 mm



Multicouche avec film





CENTRE DE
TRANSFERT DE TECHNOLOGIE
DU MANS

Validation expérimentale

- Indice d'affaiblissement de paroi
 1. Plaque d'acier
 2. Plaque acier + Absorbant + Plaque acier

- Mesure sur échantillons de 750 mm x 850 mm
 - ⇒ Petite salle réverbérante
 - ⇒ 400 Hz à 6300 Hz
 - ⇒ Intensimétrie 1-D par balayage

- Prédiction avec MAINE 3A

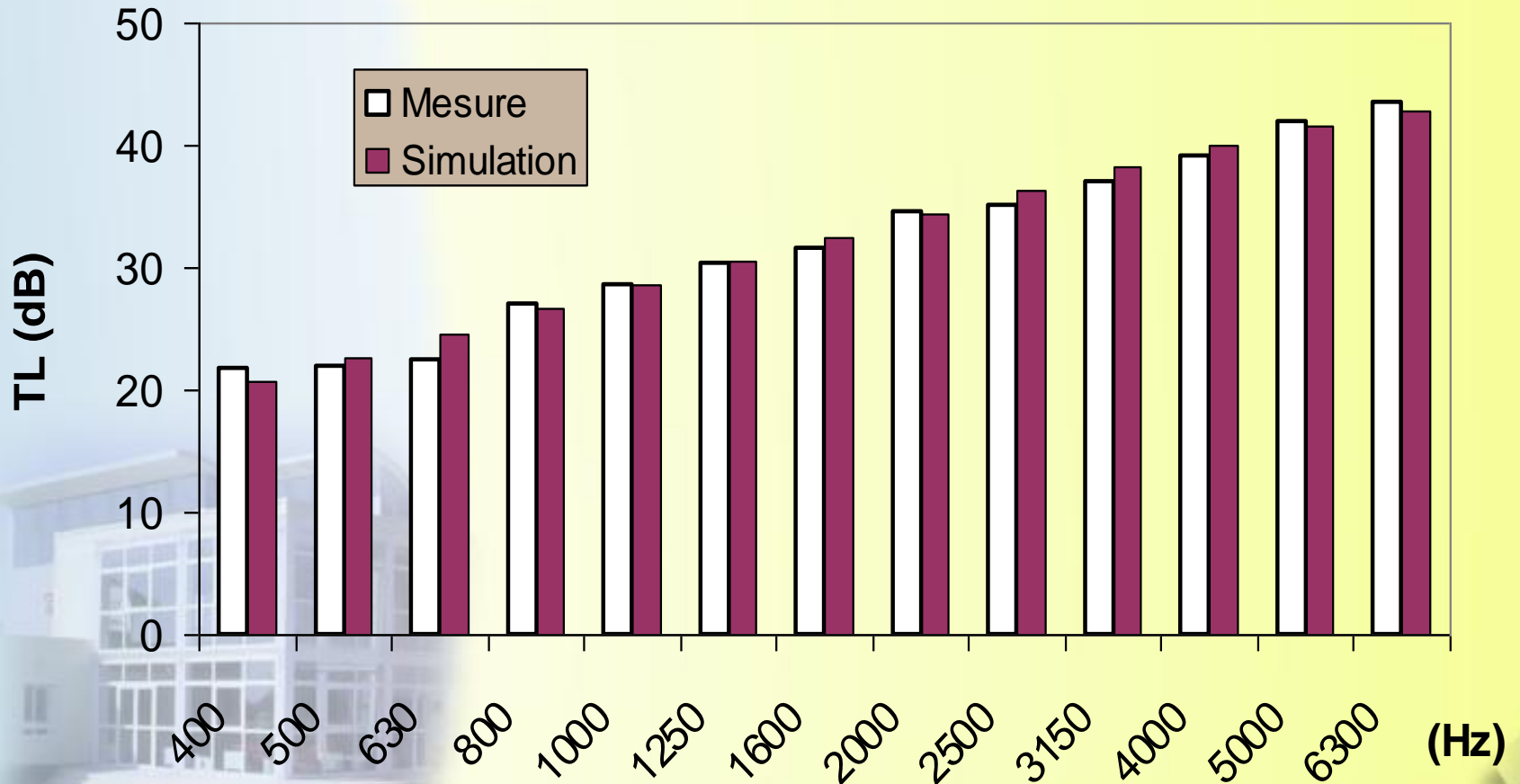




CENTRE DE
TRANSFERT DE TECHNOLOGIE
DU MANS

Validation expérimentale

Plaque Acier 1 mm

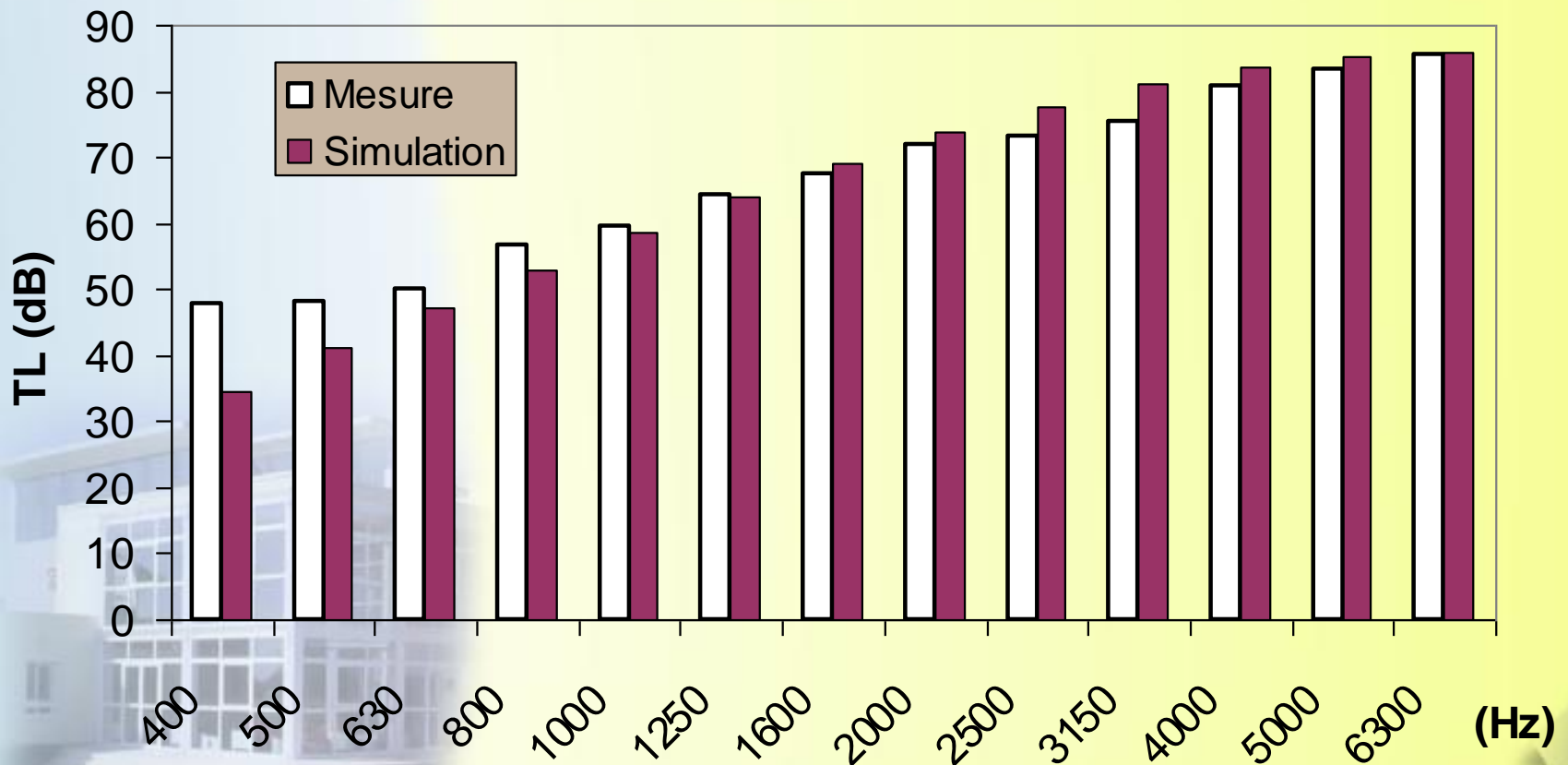
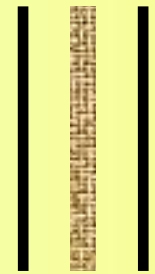




CENTRE DE
TRANSFERT DE TECHNOLOGIE
DU MANS

Validation expérimentale

2 Plaques Acier 1 mm avec Absorbant 15 mm



Conclusion

- **Importance des matériaux absorbants** dans les solutions des problèmes vibro-acoustiques
- **Moyens** de prédiction et de mesure des performances **validés**
- Manque de données sur les matériaux absorbants
⇒ volonté de **créer une base de données** :
 1. **Résistivité** (ou +)
 2. Masse volumique, Module d'Young
 3. Coefficient d'absorption pour des épaisseurs données