

Rapport final

COMPTE-RENDU D'ÉTUDE

Caractérisation de film perforé



CTTM

CENTRE DE TRANSFERT
DE TECHNOLOGIE DU MANS

Devis :

N° d'affaire CTTM : A180335

Commande client :

Identifiant : A180335_01_A



NEWMAT SAS

22 rue du Général Dame B.P. 141

59482 HAUBOURDIN CEDEX

ETUDE CONDUITE PAR Jean Christophe LE ROUX	Fonction : Responsable de Pôle Tel : +33 (0)2 43 39 46 33 Fax: +33 (0)2 43 39 46 47 e-mail : jcleroux@cttm-lemans.com
--	--

avec la collaboration de

	Nom - Fonction	Signature	Date
REDACTION	Jean Christophe LE ROUX Responsable de Pôle		26/07/2018
VERIFICATION	Jean Christophe LE ROUX Responsable de Pôle		26/07/2018

EVOLUTION

Indice / Révision	Pages créées ou modifiées	Nature de l'évolution	Date
1 / A	15	Création	26/07/2018

DIFFUSION

Nom	Société	Nbre de copie(s)	Date
M. Xavier Decalonne	NEWMAT SAS	1	26/07/2018
Zone d'Archivage	Pôle Acoustique	1	26/07/2018

TABLE DES MATIERES

1. VOTRE DEMANDE / VOTRE OBJECTIF	4
2. RESSOURCES	4
3. MATERIELS ET METHODES	4
4. DESCRIPTION DE L'ETUDE.....	4
4.1. Echantillons.....	4
4.2. Mesures	5
4.2.1. <i>Mesures de résistivité au passage de l'air</i>	<i>5</i>
4.2.2. <i>Mesures de la densité.....</i>	<i>6</i>
4.2.3. <i>Mesure du coefficient d'absorption au tube de Kundt.....</i>	<i>6</i>
4.3. Simulations.....	7
4.3.1. <i>Simulation excitation onde plane / incidence normale</i>	<i>7</i>
4.3.2. <i>Simulation pour une excitation type champ diffus.....</i>	<i>9</i>
ANNEXES	10
ANNEXE A : Description des méthodes de mesures	11

1. VOTRE DEMANDE / VOTRE OBJECTIF

L'objectif de l'étude est de caractériser un film résistif, puis d'en évaluer les performances acoustiques dans deux montages représentatifs d'une application.

2. RESSOURCES

Personnes présentes pendant les essais : JC LE ROUX

3. MATERIELS ET METHODES

La démarche proposée (utilisée lors d'une précédente affaire) est la suivante :

- Le film est monté sur un cadre métallique de manière à assurer une tension proche de celle utilisée en mise en œuvre réelle,
- Le film tendu est ensuite caractérisé. Trois essais sont effectués :
 - o mesure de la résistance au passage de l'air,
 - o mesure de l'absorption acoustique en onde plane d'incidence normale (tube de Kundt) avec un plenum de 100mm,
 - o mesure de la densité avec la tension appliquée.
- Un modèle de film résistif est ensuite employé pour simuler l'absorption acoustique en onde plane à partir des paramètres. La simulation permet d'ajuster les valeurs des paramètres en comparant les résultats avec les valeurs d'absorption obtenues.
- A partir des valeurs des paramètres recalées, une simulation de l'absorption acoustique en champ diffus est réalisée. Cette simulation permet d'évaluer les résultats qui pourraient être obtenus lors d'essais type « Alpha Sabine ».

Sur les échantillons livrés, la tension appliquée au film est nulle. Les essais décrits ci-avant ont par conséquent été réalisés sur des échantillons circulaires découpés sur les films fournis. Ceci permet de réaliser des mesures plus fiables car le montage des échantillons dans les bancs de mesure est mieux maîtrisé.

4. DESCRIPTION DE L'ETUDE

4.1. Echantillons

La société Newmat a fourni 3 échantillons au CTTM. Les échantillons A et B possèdent la bonne perforation. L'échantillon C a une perforation différente, et il est testé à titre informatif.

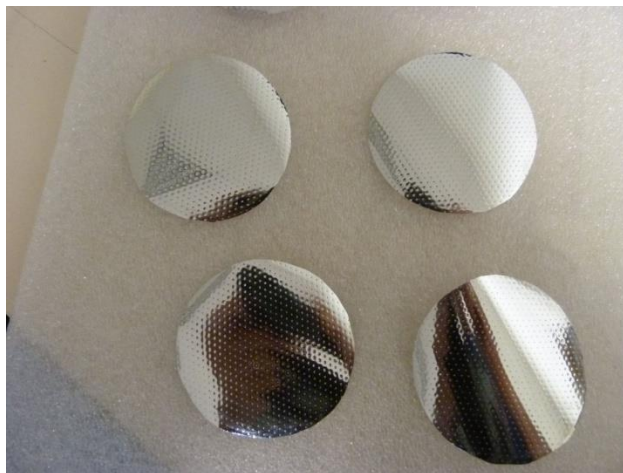


Figure 1 : échantillons fournis

4.2. Mesures

4.2.1. Mesures de résistivité au passage de l'air

La mesure de la résistivité au passage de l'air utilise le protocole décrit en Annexe.

Pour pouvoir mesurer la résistivité au passage de l'air l'échantillon est inséré entre le conduit de sortie du résistivimètre et le porte échantillon (voir figure 2).



Figure 2 : montage dans le résistivimètre

Les résultats obtenus sont donnés en tableau 1 ci-dessous.

Les valeurs de résistivité des films A et B montrent une dispersion de l'ordre de 30%. La dispersion est présente sur les deux échantillons. Les valeurs de résistivité du film C sont effectivement nettement différentes.

Film	Echantillon	Epaisseur (mm)	Résistance spécifique (Rayls)	Résistivité (Rayls/m)
A	1	0.2	946	4 730 000
	2	0.2	1073	5 365 000
B	1	0.2	1074	5 368 000
	2	0.2	756	3 782 000
C	1	0.2	2348	11 741 000
	2	0.2	1972	9 858 000

Tableau 1 : résultats de la mesure de résistivité

Les valeurs moyennes sont données dans le tableau 2.

Film	Epaisseur (mm)	Résistivité (Rayls/m)
A/B	0.2	4 811 000
C	0.2	10 800 000

Tableau 2 : résultats de la mesure de résistivité

4.2.2. Mesures de la densité

Les résultats de la mesure de densité sont fournis dans le tableau ci-dessous.

Dimensions de l'échantillon de film (mm)	Epaisseur (mm)	Masse (g)	Masse surfacique (g/m ²)	Densité (kg/m ³)
4 x Ø 62mm	0.2	1.95	161	805

Tableau 3 : résultats de la mesure de densité

4.2.3. Mesure du coefficient d'absorption au tube de Kundt

Les essais sont réalisés sur un tube de Kundt de 45mm de diamètre. La gamme de fréquence couverte est de 200Hz – 4300Hz. Le protocole est décrit en Annexe.

Le film est inséré entre l'extrémité du tube à impédance et le porte échantillon (figure 3). Le porte échantillon est réglé pour créer un plénum de 100mm à l'arrière du film.

Deux mesures sur deux échantillons différents sont effectuées pour chaque film. Les résultats obtenus sont fournis en figure 4.

Aux basses fréquences, le coefficient d'absorption est chahuté en raison des modes de membrane. Au-delà, on obtient des courbes similaires lorsque les résistivités sont identiques. Les films A et B sont assez proches.

Avec un plénum de 100mm, le film « C » est moins bon.

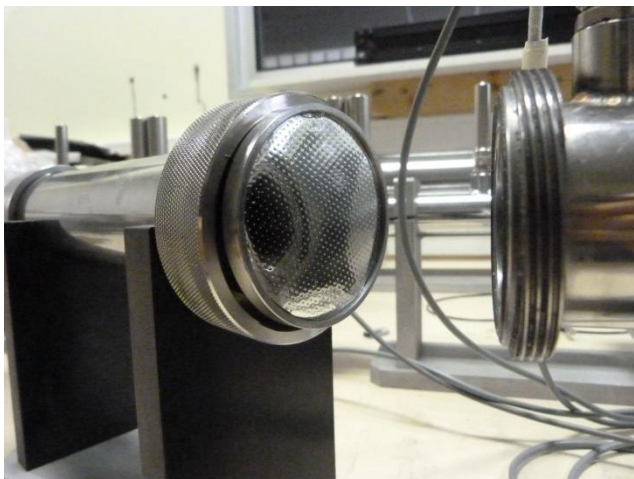


Figure 3 : Montage de l'échantillon lors de l'essai au tube de Kundt.

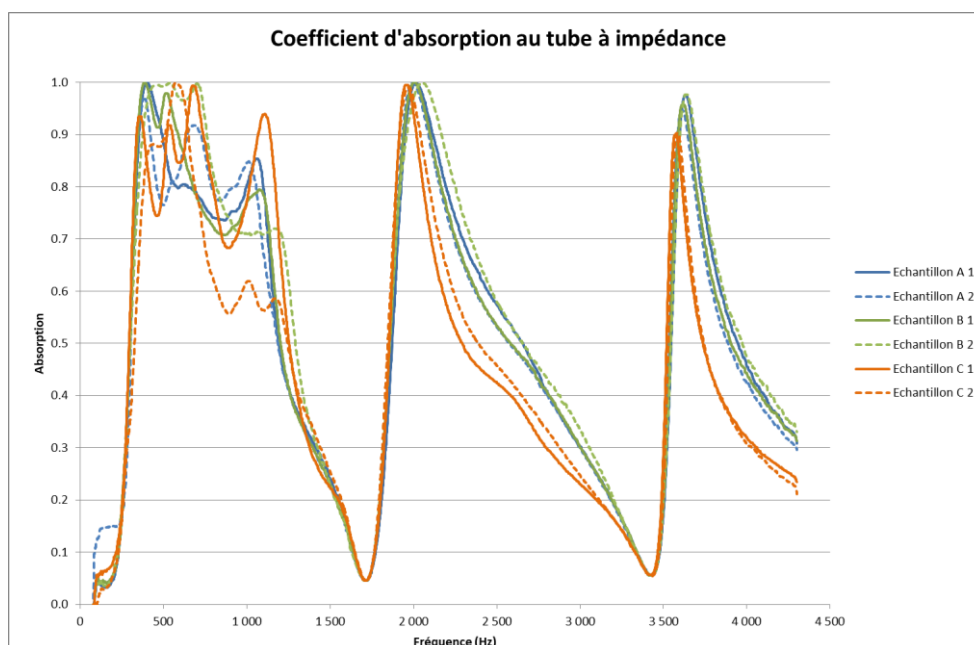


Figure 4 : coefficients d'absorption mesurés.

4.3. Simulations

4.3.1. Simulation excitation onde plane / incidence normale

L'objectif de cette première phase de simulation est d'obtenir les paramètres caractéristiques réels associés aux échantillons testés.

Un film résistif est décrit par un modèle simplifié à quatre paramètres :

- La résistivité et l'épaisseur associée,
- La porosité,
- La densité.

La porosité ne peut être déterminée expérimentalement. La valeur est donc ajustée en recalant la courbe d'absorption simulée sur les courbes expérimentales.

Les valeurs des paramètres obtenues après recalage sont données dans le tableau 4 ci-dessous. La comparaison entre la courbe d'absorption simulée et les valeurs mesurées (courbe moyenne) est présentée en figure 5.

L'accord avec la courbe moyenne est bon. En particulier, la valeur de la résistivité n'a pas été modifiée (ceci est sans doute dû au mode de montage de l'échantillon qui permet de limiter les fuites en périphérie).

La valeur de la densité a été légèrement augmentée.

Les écarts qui apparaissent aux basses fréquences, sont dus à un comportement vibratoire du film (ce phénomène n'est pas pris en compte dans le modèle).

	Résistivité (Rayls/m)	Epaisseur (mm)	Densité (kg/m ³)	Porosité
Valeur mesurée	4 800 000	0.2	805	-
Valeur ajustée	4 800 000	0.2	1000	0.0045

Tableau 4 : valeurs des paramètres recalés

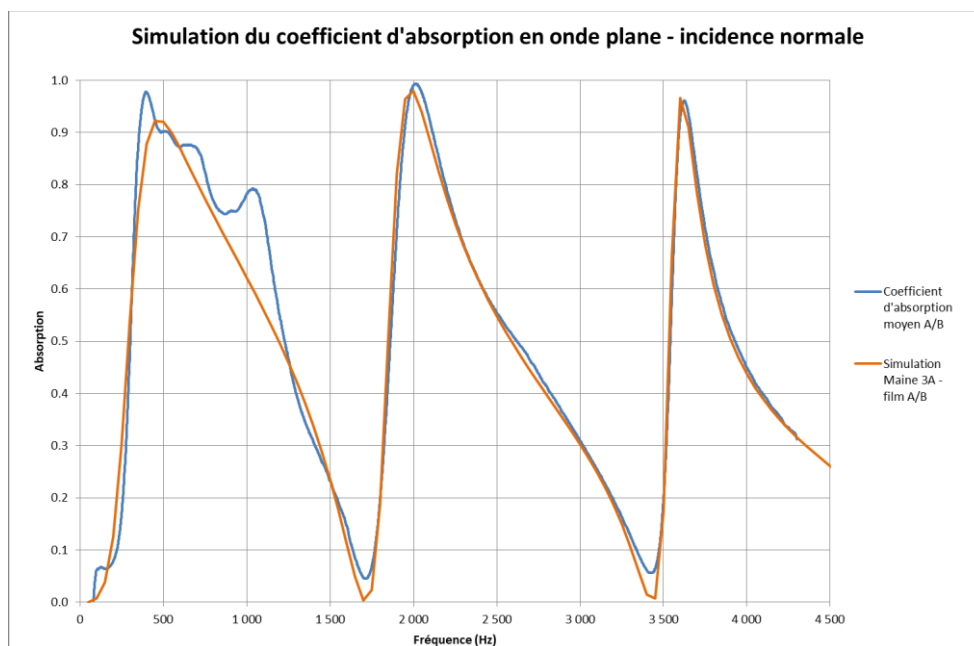


Figure 5 : comparaison entre le coefficient d'absorption simulé et les courbes d'absorption moyennes mesurées.

4.3.2. Simulation pour une excitation type champ diffus

A partir des paramètres du film ajustés, la simulation du coefficient d'absorption en champ diffus est effectuée pour deux configurations :

- Film + plenum de 100mm
- Film + plenum 50mm comprenant une laine de roche de 40mm au fond.

Les paramètres pris pour la laine de roche sont : résistivité $50000 \text{ N.m}^{-4}.\text{s}$, soit une densité de l'ordre de 80kg/m^3 . C'est cette laine qui donne les meilleures performances.

Le paramètre α_w est estimé pour ces deux configurations. Les résultats donnés en figure 6.

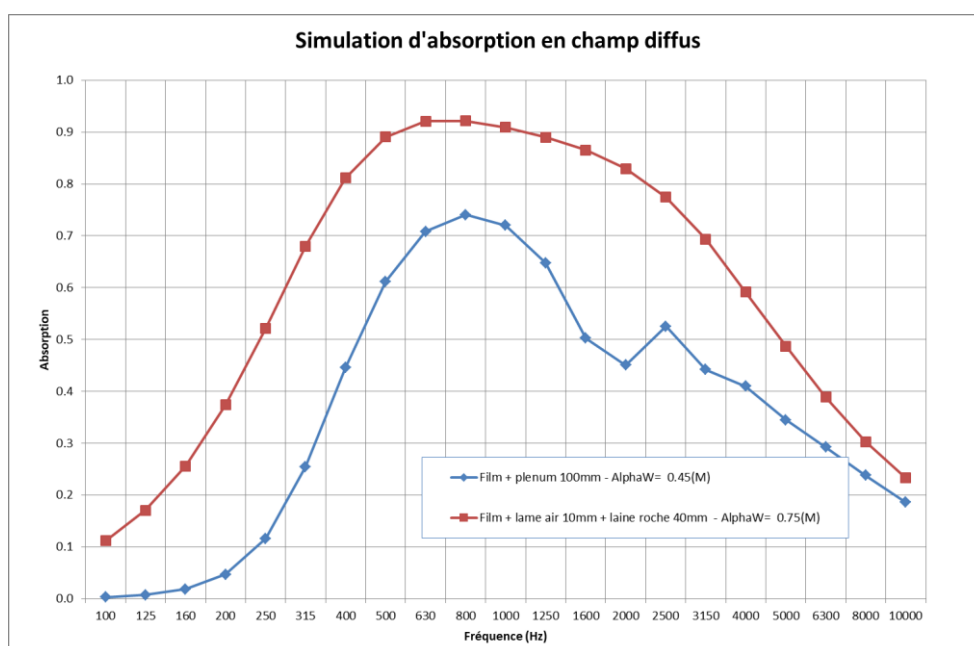


Figure 6 : simulation du coefficient d'absorption en champ diffus

ANNEXES

ANNEXE A : DESCRIPTION DES METHODES DE MESURES**MESURE DU COEFFICIENT D'ABSORPTION AU TUBE DE KUNDT****Principe de la mesure**

La mesure d'absorption du matériau est réalisée en conditions d'ondes planes dans un tube à ondes stationnaires (tube de Kundt) avec la technique classique des deux microphones. Le coefficient d'absorption α dépend de la fonction de transfert H_{12} mesurée entre les deux microphones espacés d'une distance s et du nombre d'onde k :

$$\alpha = 1 - \left| \frac{H_{12} - e^{-jks}}{e^{jks} - H_{12}} \right|^2$$

Le CTTM dispose de différents diamètres de tube permettant de s'adapter à la gamme de fréquences souhaitée. Ainsi il est possible de réaliser des mesures jusqu'à 6 kHz, en bandes fines ou 1/3 d'octave. Le tube de Kundt utilisé dans cette étude a un diamètre de 45 mm et une gamme de fréquence allant de 200 Hz à 4,3 kHz.

Dimension des échantillons

Les échantillons sont de forme cylindrique, découpés au diamètre du tube à ondes stationnaires.

Références de la procédure d'essai

La procédure de mesure du coefficient d'absorption en incidence normale (tube de Kundt) interne au CTTM s'appuie sur la norme ISO 10534-2.

MESURE DES PARAMETRES CARACTERISTIQUES

1- Contexte

Tous les paramètres poroélastiques sont concernés par ces mesures. Il s'agit d'une part des paramètres dits de couplage : la résistivité, la porosité, la tortuosité et les longueurs caractéristiques; d'autre part des paramètres mécaniques : module d'Young, facteur de perte, masse volumique.

La détermination du coefficient de Poisson suppose qu'on mesure le déplacement latéral pour une déformation longitudinale. Cela est assez difficile car les déplacements sont très petits. D'autre part, la déformation du cube ou cylindre est complexe car les faces supérieure et inférieure ne glissent pas et l'échantillon n'est pas suffisamment "élancé" pour qu'on ait une zone "loin" des bords. L'expérience de ce type de mesure a montré que les résultats ne sont pas suffisamment pertinents pour pouvoir être exploités dans une modélisation.

2- Hypothèses

Les matériaux décrits par la théorie de Biot-Allard sont constitués d'un squelette (phase solide) immergé dans un fluide (phase fluide = air) pouvant librement circuler dans le matériau (porosité ouverte). La description de la géométrie complexe du squelette est faite de façon statistique sur un volume d'homogénéisation englobant un ensemble de plusieurs pores. Les longueurs des ondes se propageant dans le matériau (trois ondes : une onde longitudinale se propageant principalement dans le squelette, une onde longitudinale se propageant principalement dans le fluide et une onde de cisaillement) doivent être grandes devant le volume d'homogénéisation. Les variables décrivant le mouvement des deux phases (déplacement ou pression) sont donc des quantités moyennées. On suppose enfin que le comportement est linéaire (petites déformations).

3- Principes de mesures

3.1- Méthode ultrasonore pour les mesures de porosité, tortuosité et longueurs caractéristiques

Le banc ultrasonore du CTTM permet de mesurer la tortuosité, les longueurs caractéristiques et la porosité des matériaux. Le principe de la mesure est basé sur l'utilisation de capteurs ultrasonores à bandes étroites fonctionnant autour de 40 kHz. On utilise deux montages différents en fonction des paramètres que l'on cherche à mesurer. Pour la tortuosité et les longueurs caractéristiques, on utilise un montage en transmission. Pour la porosité, un montage en réflexion.



Figure 1 : Présentation du banc

La première mesure se fait en transmission comme le montre la Figure .

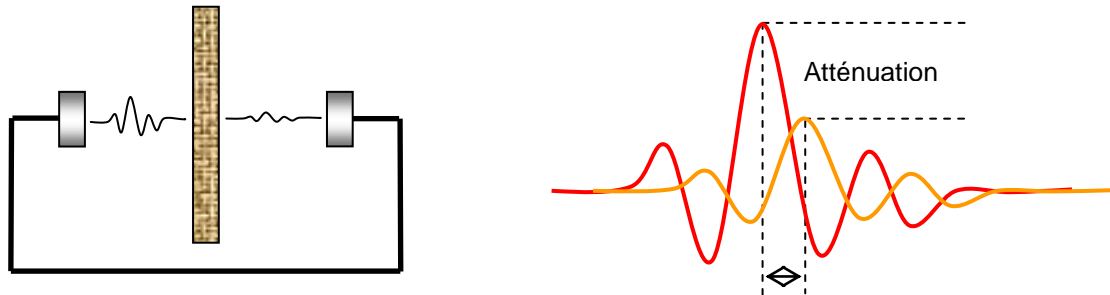


Figure 2 : représentation schématique du montage en transmission

On place une plaque de matériau entre deux transducteurs ultrasonores. L'un sert d'émetteur, l'autre de récepteur. Les signaux utilisés sont des sinus de quelques périodes modulés en amplitude par une forme exponentielle (type burst). On compare le signal mesuré en présence du matériau avec une mesure de référence sans matériau.

En présence du matériau, l'onde acoustique est atténuée et subit également un retard car la vitesse de propagation dans le matériau est inférieure à celle dans l'air. L'atténuation permet de calculer le coefficient de transmission et le retard donne la vitesse de phase. En utilisant le modèle du fluide équivalent et plus particulièrement son approximation en hautes fréquences, ces deux grandeurs permettent de calculer la tortuosité et les longueurs caractéristiques visqueuse et thermique.

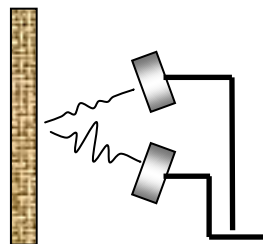


Figure 3 : représentation schématique du montage en réflexion

Pour mesurer le coefficient de réflexion, on compare le signal reçu avec matériau (cf. Figure 3) au signal réfléchi par une plaque rigide. Cette mesure est particulièrement sensible aux variations de porosité du matériau. En effet, l'énergie acoustique renvoyée par la plaque lors de la réflexion à la première interface air-matériau est liée à la conservation du débit acoustique. Ce débit acoustique est proportionnel au rapport entre la surface d'air et la surface du squelette vu par l'onde lorsqu'elle rencontre la plaque. Ce rapport est égal à la porosité. On estime donc la porosité en fonction des propriétés en surface du matériau. C'est pourquoi il est important de tester les échantillons sur les deux faces et en plusieurs points.

3.2- Méthode de mesure de Résistivité σ (norme NF EN 29053)

La résistivité (ou la perméabilité visqueuse) est obtenue en mesurant la différence de pression Δp aux bornes d'un échantillon traversé par un débit d'air stabilisé Q_v .

$$\sigma = \frac{\Delta p S}{Q_v l}$$

S et l sont respectivement la surface et la longueur de l'échantillon.



Figure 4 : résistivimètre

3.3- Méthode de mesure du Module d'Young et du facteur de perte

Ils sont mesurés sur un banc vibrant basse fréquence (10 Hz à 100 Hz), afin de limiter les déplacements de l'air dans le matériau. Suivant l'épaisseur du matériau, on peut exercer une contrainte en compression ou en flexion. Le module d'Young est déduit du rapport force/déplacement, le facteur de perte est déduit du déphasage entre ces deux grandeurs.



Figure 5 : modulomètre

Lorsque le matériau est comprimé entre un pot vibrant et un bâti rigide, la contrainte appliquée comprend une composante statique et une composante dynamique en sinus glissant. La mesure est effectuée pour plusieurs valeurs de compression statique (de 0 à 5% environ).

4- Dimensions des échantillons

Les mesures de la tortuosité et des longueurs caractéristiques sont effectuées sur les plaques A4 (plusieurs mesures par plaque).

Les mesures de résistivité et porosité sont effectuées sur des échantillons cylindriques de diamètre 45 mm (3 échantillons par matériau).

La mesure du module d'Young et du facteur de perte est effectuée sur les mêmes échantillons.