

**CFA 2018
Le Havre**

Détermination des paramètres fluide équivalent d'un

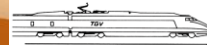


poroélastique à partir de mesures d'impédance basses fréquences



J.C. Le Roux, J.P. Dalmont

Les projets de ressourcement des compétences du CTTM sont réalisés avec le soutien financier de :



SYNDICAT MIXTE D'AMÉNAGEMENT
ET DE PROMOTION DE LA TECHNOPOLE DU MANS

www.cttm-lemans.com

Démarche (i)

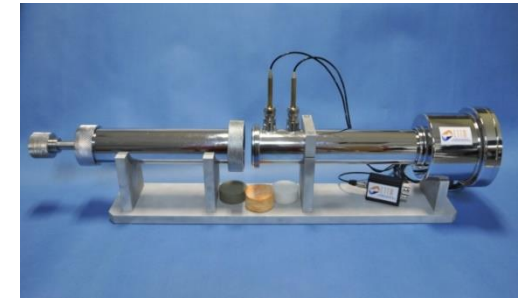
- Impédance d'un poroélastique d'épaisseur « d » (onde plane, incidence normale)

$$Z_p = -jZ_{eq} \cotan(k_{eq}d)$$

- Impédance caractéristique : $Z_{eq} = \sqrt{\rho_{eq}K_{eq}}$
- Nombre d'onde : $k_{eq} = \omega\sqrt{\rho_{eq}/K_{eq}}$
- Densité du matériau : ρ_{eq}
- Module de compressibilité : K_{eq}

- Approximation basses fréquences :

$$\cotan(k_{eq}d) = 1/(k_{eq}d) \quad \Rightarrow \quad Z_p = -j K_{eq}/(\omega d)$$



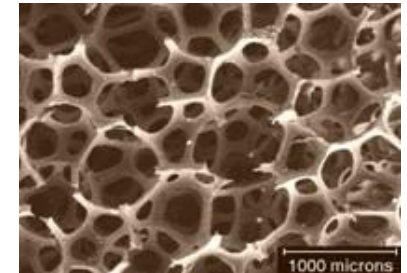
Démarche (ii)

- Modèle fluide équivalent d'un poroélastique (JCAL)

$$K_{eq} = \frac{\gamma P_0}{\phi} \left[\gamma - \frac{\gamma - 1}{1 + \frac{\omega'_0}{2j\omega} \sqrt{1 + \frac{j\omega\omega'_\infty}{\omega'_0{}^2}}} \right]^{-1}$$

$$\omega'_0 = \frac{2\phi v'}{k'_0} \quad \omega'_\infty = \frac{16v'}{\Lambda'_0} \quad v' = \mu\rho_0/Pr$$

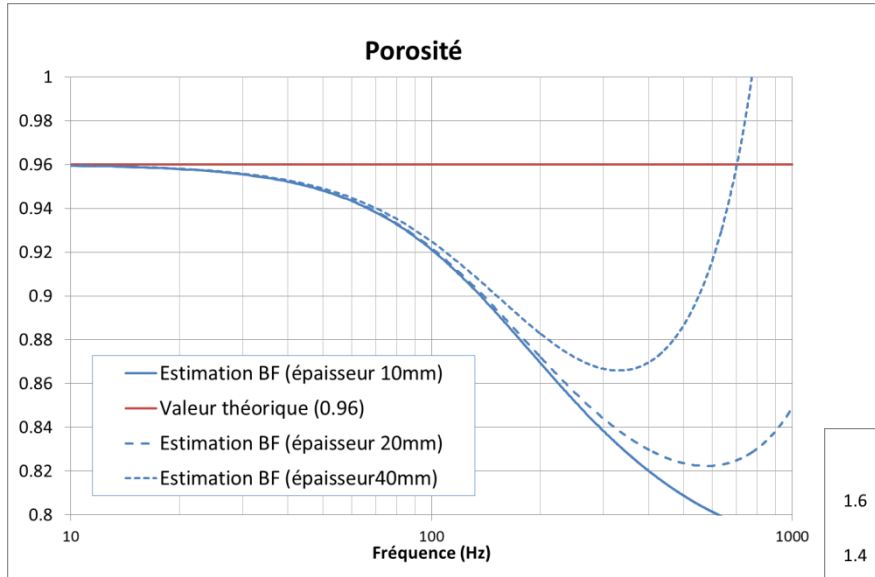
∅ porosité, k'_0 : perméabilité thermique



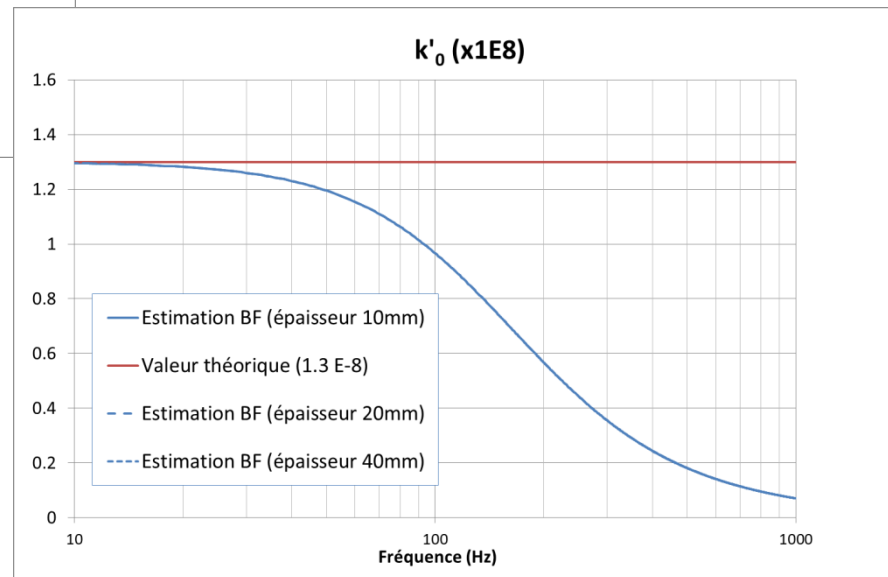
- $\lim_{\omega \rightarrow 0} (K_{eq}) = \frac{P_0}{\phi} \left[1 + j\omega \frac{\gamma-1}{\gamma} \frac{k'_0 Pr \rho_0}{\mu\phi} \right]$

$$\phi = \frac{P_0}{-\rho_0 \omega d \times \text{Imag}(Z_p)} \quad k'_0 = \frac{1}{\omega^2} \frac{P_0 \mu}{Pr \rho_0^2 c} \frac{\gamma}{(\gamma-1)} \frac{1}{d} \frac{\text{Reel}(Z_p)}{\text{Imag}(Z_p)}$$

Démarche (iii)



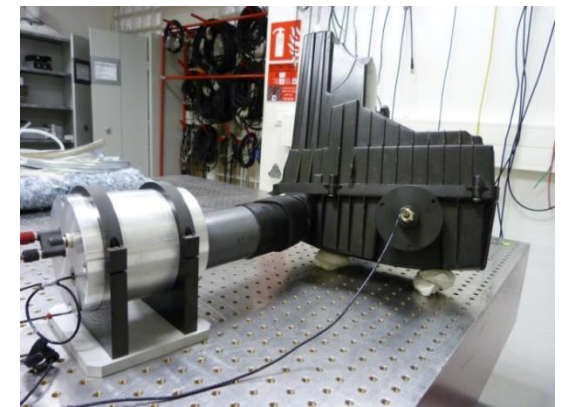
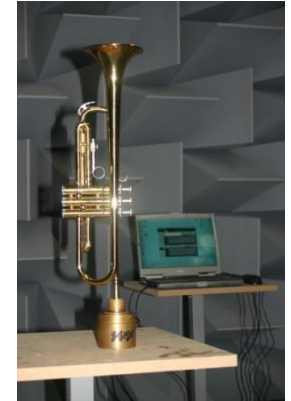
Matériau : mousse PU



Estimation correcte des valeurs :
mesure à des fréquences < 100Hz

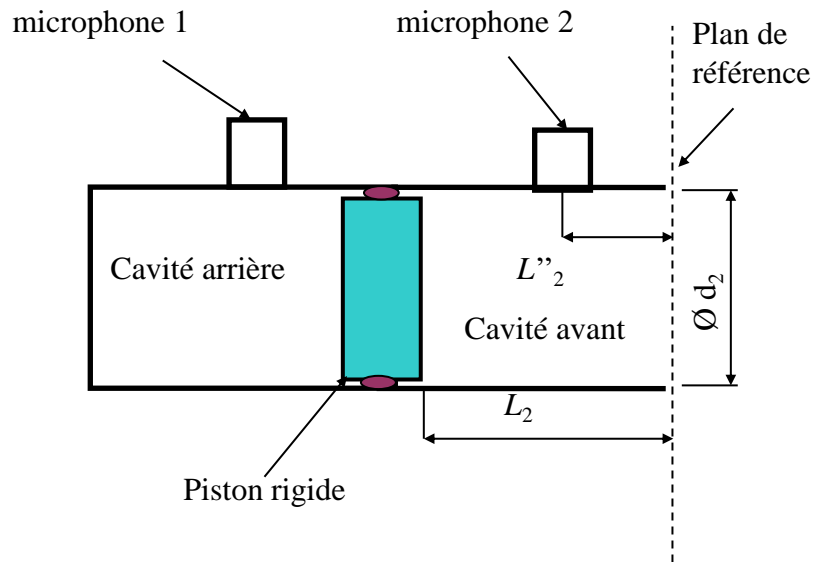
Capteur d'impédance

- Capteur en co-développement avec le LAUM
- Premier modèle : application acoustique musicale
- Poursuite des développements au CTTM pour élargir les champs d'application
 - Matériaux poroélastiques
 - Electroacoustique
 - Mesure de TL de silencieux
 - Contrôle qualité
 - ...
- Mesures très basses fréquences
 - Présentation à la journée TEOBF (Marseille, janv 2018)
 - **Application à la caractérisation des matériaux poroélastiques (stage Côme OLIVIER)**



Principe

Le capteur utilise une source de débit contrôlée



Au premier ordre

$$\frac{p_2}{p_1} = -jC\omega Z_{sensor}$$

(C est la compliance de la cavité arrière)

Modèle complet

$$Z_{sensor} = \frac{H_{21} / K - \beta}{1 - \delta H_{21} / K}$$

$$\beta = jZ_{c2} \tan(kL''_2)$$

$$\delta = j \tan(kL_2) / Z_{c2}$$

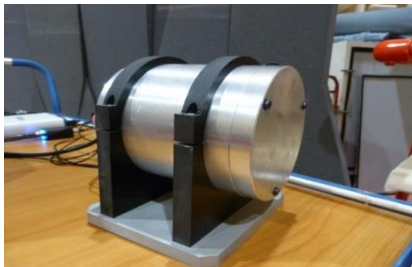
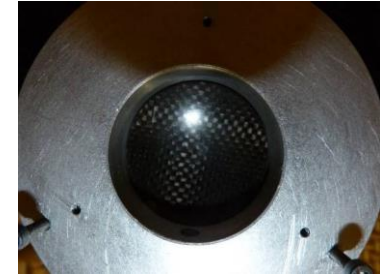
$$K = f(s_2/s_1)$$

(s_2 / s_1 rapport des sensibilité des microphones)

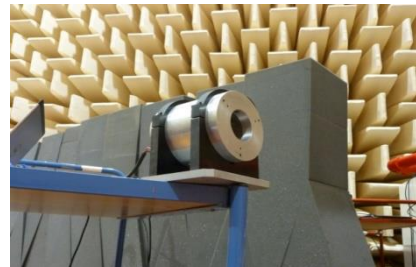
H_{21} fonction de transfert entre les deux signaux microphoniques

Etalonnage

- 3 inconnues :
 - Longueurs L_2 et L_{22} (incertitude $\propto L_2$ aux BF)
 - Rapport des sensibilités des microphones
- Procédure d'étalonnage adaptée :
 - Calibration initiale (L_2 et L_{22}) : mesures avec 3 charges acoustiques différentes « non résonantes » aux basses fréquences
 - Calibration courante (s_2/s_1) : 1 seule mesure avec charge infinie



Impédance infinie



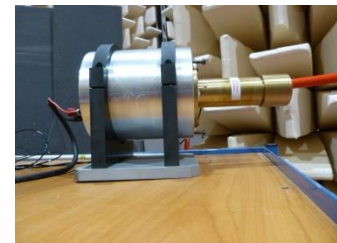
Impédance de rayonnement du conduit de sortie



Conduit fermé sans discontinuité

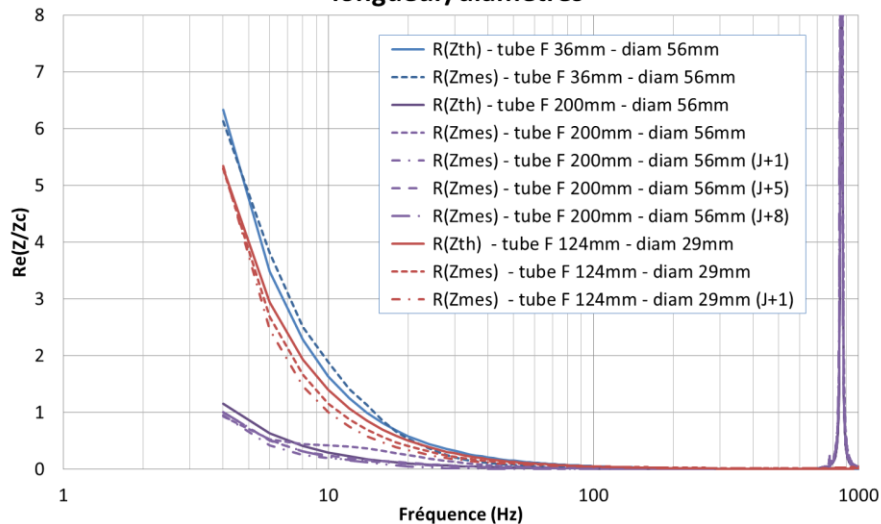
Validation (i)

- Charges acoustiques modélisables : calcul de l'erreur entre l'impédance mesurée et la valeur théorique
- Impédance déterminée à partir de valeurs de L_2 et L_{22} constantes
- Charges acoustiques sans discontinuité
 - Tube fermé de 200mm de long
 - Tube fermé de 36mm de long (longueur comparable à l'épaisseur d'un matériau poroélastique)
 - Tube ouvert de 245mm de long
- Charges acoustiques avec discontinuité
 - Tube fermé de 124mm de long et de 29mm de diamètre

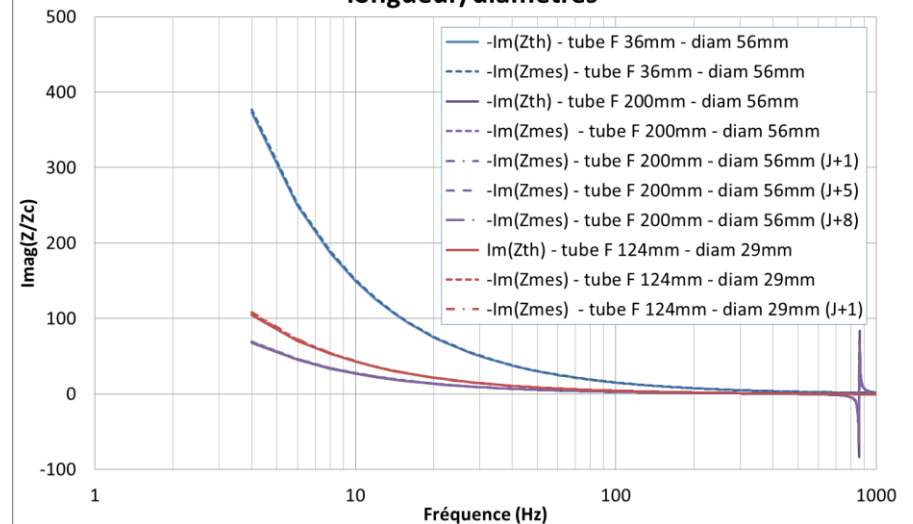


Validation (ii)

Re(Z/Zc) pour des tubes fermés de différentes longueur/diamètres

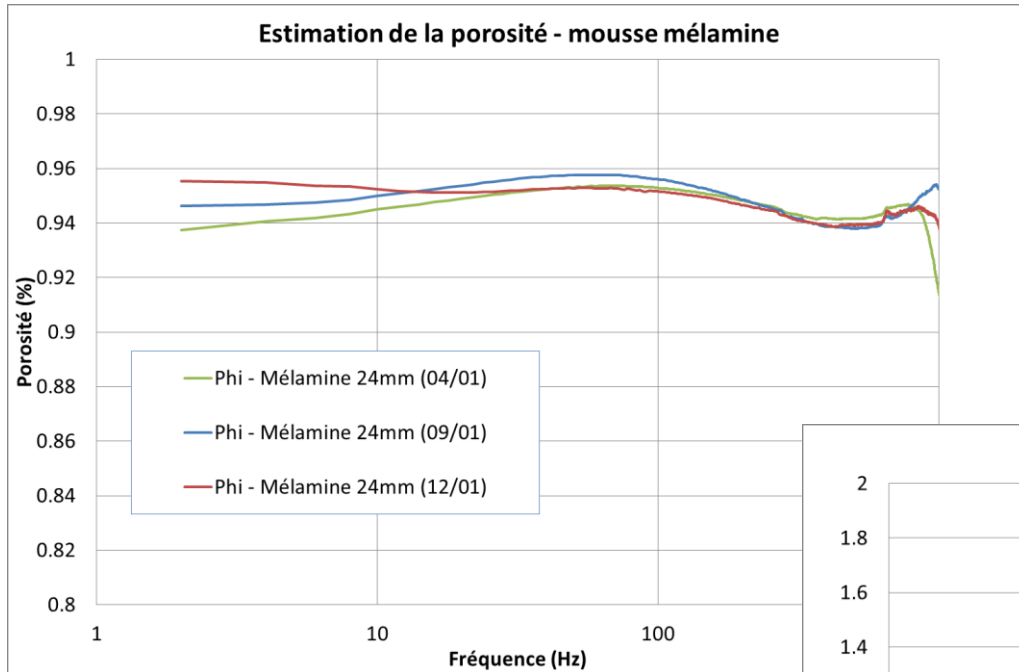


Im(Z/Zc) pour des tubes fermés de différentes longueur/diamètres

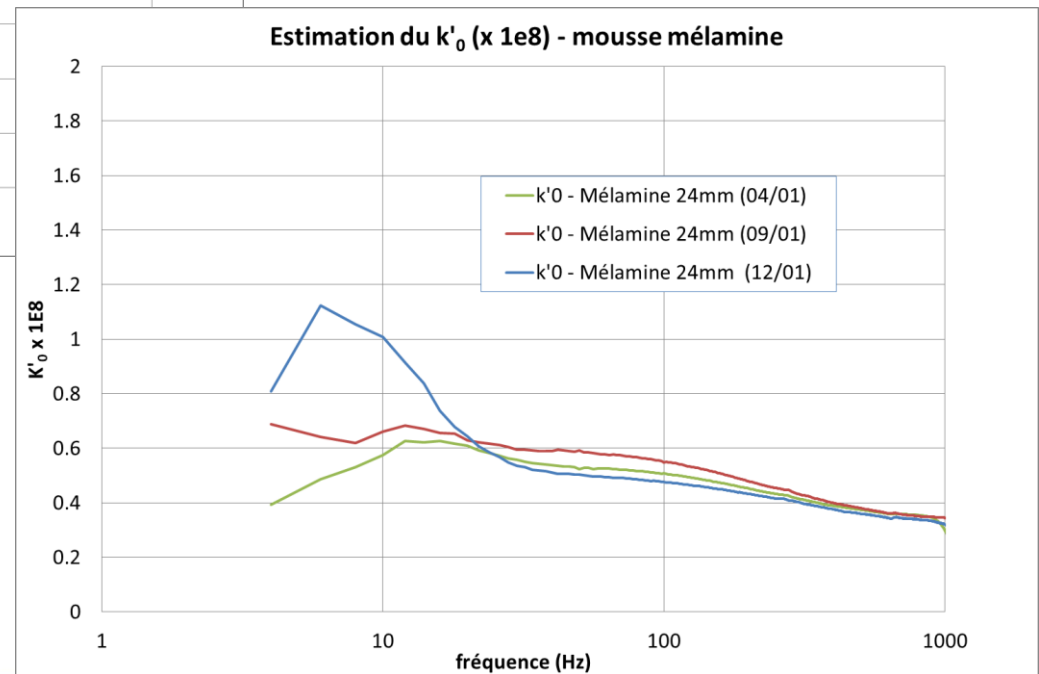


Très bon accord obtenu, y compris aux très basses fréquences

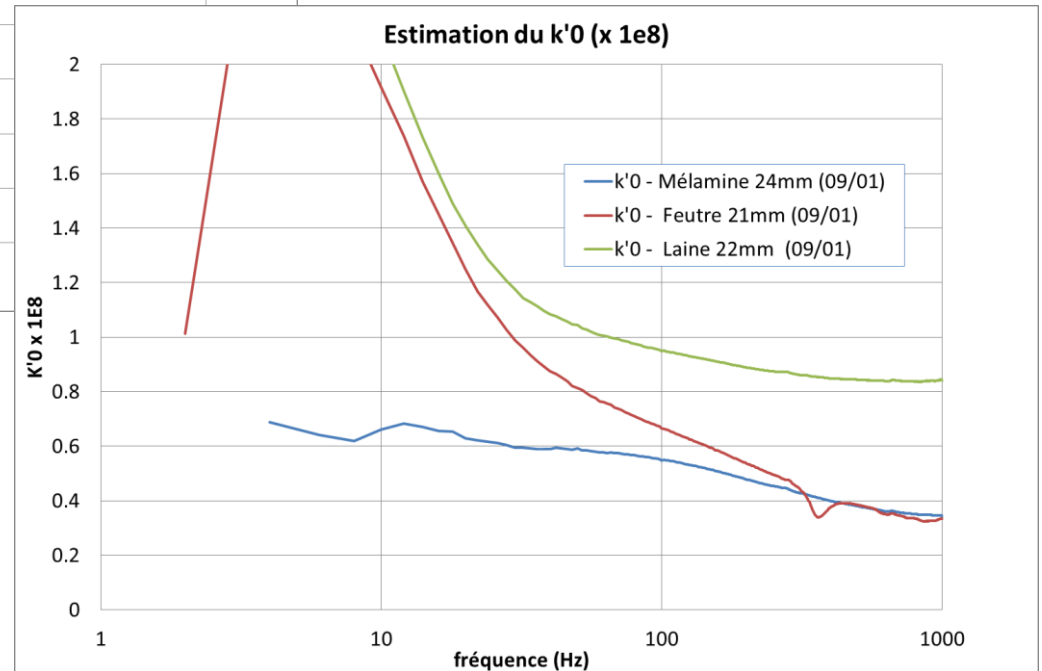
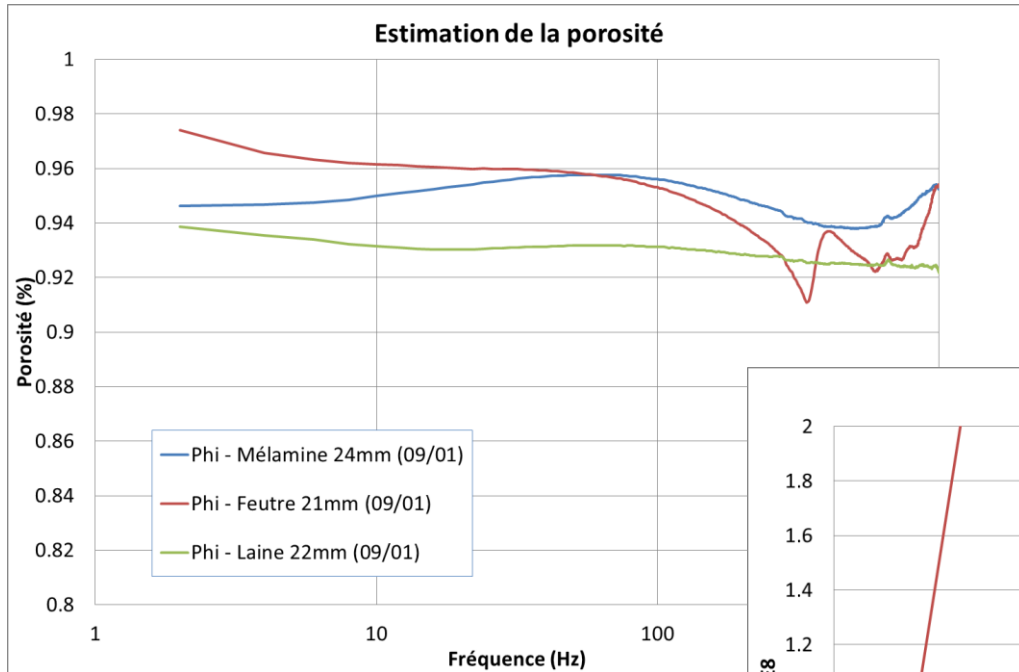
Application aux poroélastiques (i)



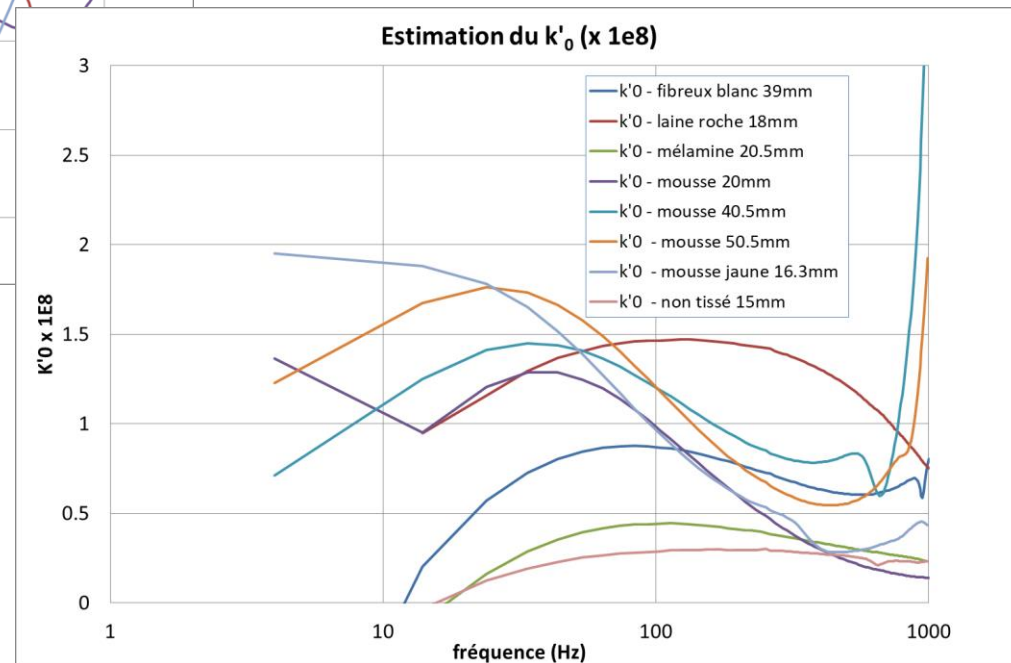
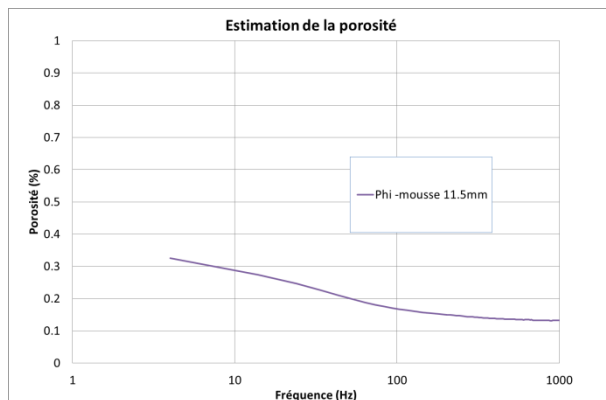
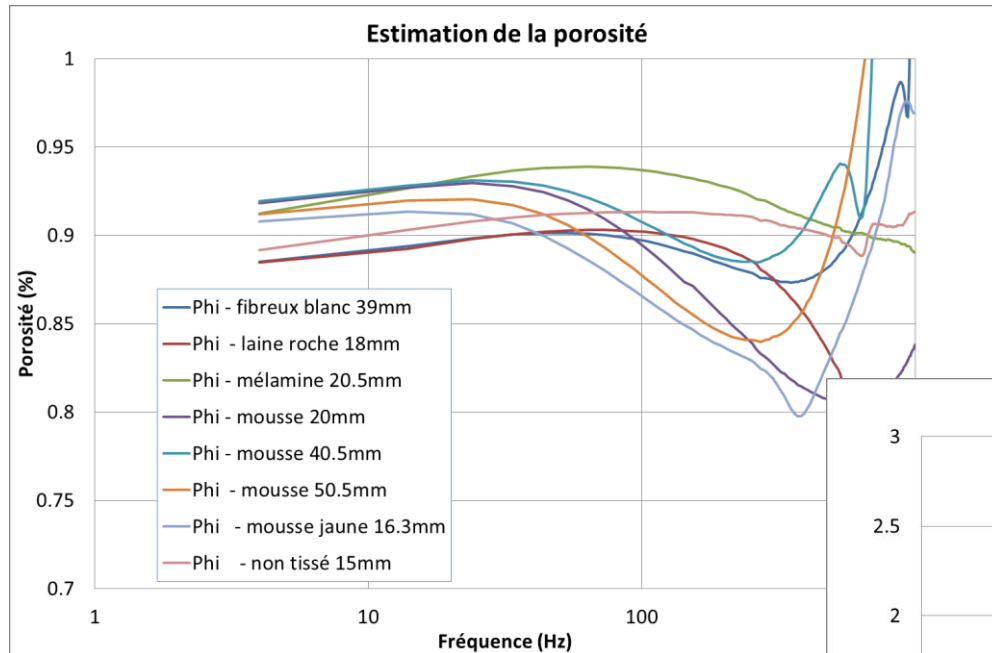
Matériau : mousse mélamine
24mm d'épaisseur



Application aux poroélastiques (ii)



Application aux poroélastiques (iii)



Conclusions/perspectives

- Premiers résultats encourageants
 - Mesure de la porosité de volume
 - Estimation directe du k'_0
- Poursuite des travaux
 - Avec un capteur « amélioré »
 - En utilisant d'autres charges acoustiques : mesure directe d'autres paramètres