

Identification de modes acoustiques pour les matériaux absorbants en aéronautique

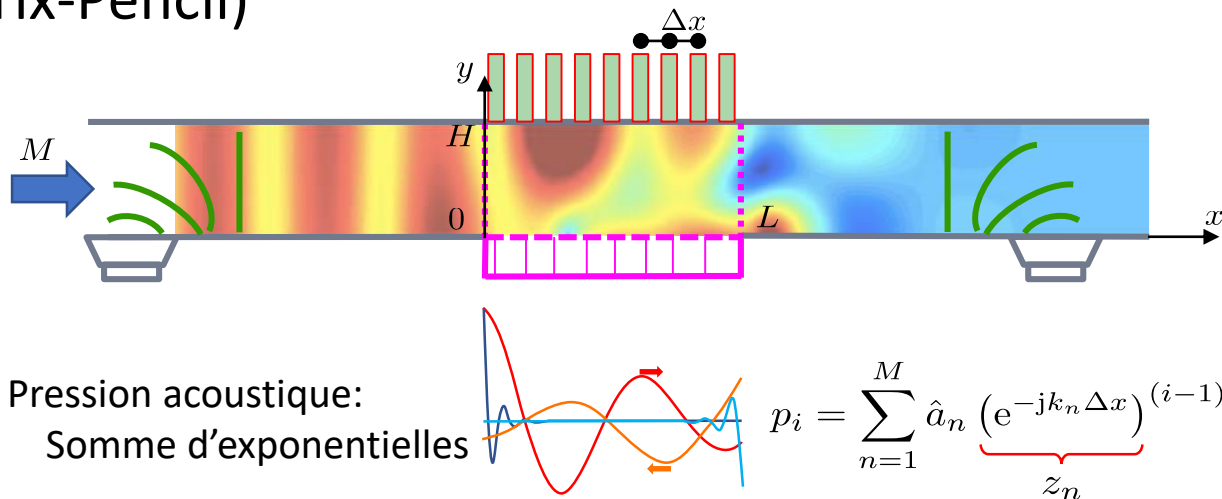
***R. Delalande^b, J. Golliard^{a,b},
T. Humbert^b, G. Gabard^b, Y. Aurégan^b***

^a Centre de Transfert de Technologie du Mans (CTTM)

^b Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans (LAUM UMR CNRS 6613)

Introduction

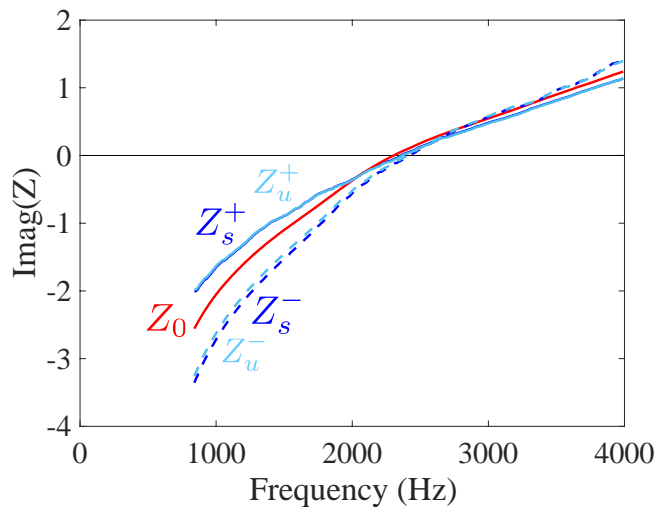
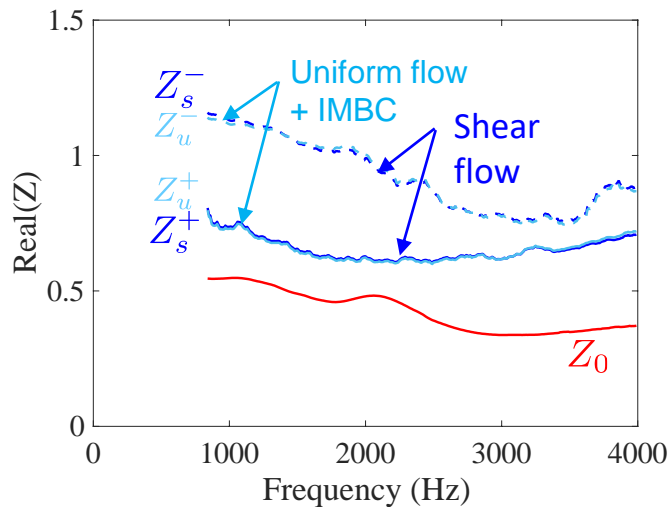
- La méthode K (ou K-T^[1]), est une **mesure directe du nombre d'onde** dans la veine traitée à partir de micros placés face au traitement
- Extraction du nombre d'onde par méthode de Prony (K-T ou Matrix-Pencil)



[1] R.Kumaresan et D.W.Tufts, *Estimating the Parameters of Exponentially Damped Sinusoids and Pole'-Zero Modeling in Noise*, Proceedings of the IEEE, 1982

Introduction

- À partir du nombre d'onde au dessus du traitement, on peut calculer l'impédance du traitement
- A permis de mettre en évidence que l'impédance n'est **pas une quantité bien définie** en présence d'écoulement^[2, 3]



[2] Y. Renou et Y. Aurégan, *Failure of the Ingard-Myers boundary condition for a lined duct: an experimental investigation*, JASA **130**(1), 2011

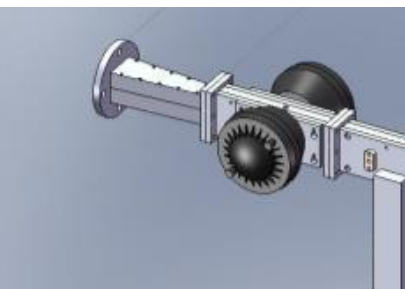
[3] E. Portier, X. Dai, Y. Aurégan, *Impedance of perforated and micro-perforated liners with grazing shear flow: Does the impedance make sense with flow?*, 20th workshop of the Aeroacoustics Specialists committee of the CEAS, Southampton, UK, Sept. 7-8, 2016

Introduction

CFA 2016

CTTM
CENTRE DE TRANSFERT DE TECHNOLOGIE DU MANS

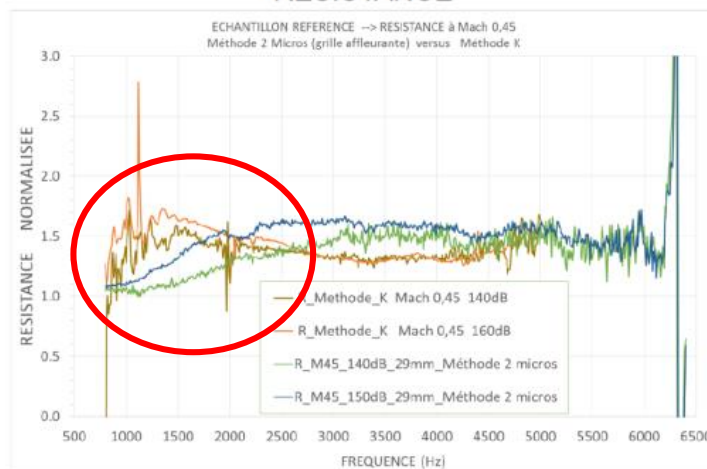
20, rue Tholés de Millet - Technopole univers



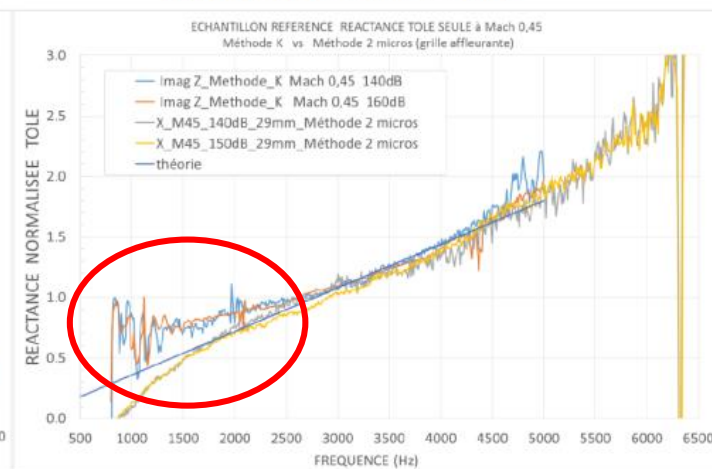
Résultats (iv)

Comparaison méthode « K » vs méthode 2 micros à Mach 0,45 :

RESISTANCE



REACTANCE TOLE SEULE



- Les 2 méthodes doivent être améliorées pour $f < 1600$ Hz
- Au-delà, bonne corrélation pour un nombre de Mach très élevé

Introduction

- À basses fréquences, la réactance présente un plateau et la résistance une bosse, qui ne peuvent être expliqués et ne sont pas observés avec les autres méthodes de mesure;
- Motivation pour nouveau travail sur les fondamentaux de la méthode:
 - Méthode d'extraction du nombre d'onde
 - Choix du meilleur "mode" extrait par K-T
 - Nombre/espacement des micros
 - ...

Problème analytique

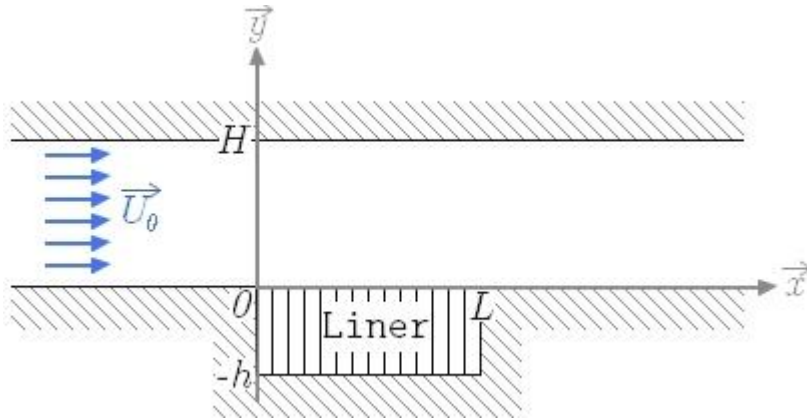


Figure 1 : Schéma du système (2D) étudié

Equation d'Onde Convectée :

$$\frac{1}{c_0^2} \cdot \frac{D_0^2 p}{Dt^2} - \Delta p = 0 \quad (1)$$

Conditions limites dans la zone d'intérêt :

$$\left. \frac{\partial y}{\partial p} \right|_{y=H} = 0 \quad (2a)$$

$$\left. \frac{\partial y}{\partial p} \right|_{y=0} = \frac{j \cdot k_0}{Z_R} \cdot p|_{y=0} \quad (2b)$$

Forme de la solution de l'équation d'onde :

$$p(x, y, t) = \sum_{n=0}^{+\infty} \Lambda_n \cdot \Phi_n(y) \cdot e^{-j \cdot k_{xn} \cdot x} \cdot e^{+j \cdot \omega \cdot t} \quad (3)$$

Relation entre nombres d'ondes acoustiques et impédance du liner :

$$Z_R = \frac{j \cdot (k_0 - M_0 \cdot k_{yn})^2}{k_0 \cdot k_{yn} \cdot \tan(k_{yn} \cdot H)} \quad \forall n \quad (4)$$

Méthode KT : en quelques mots ...

- Lointain descendant de la **méthode de Prony**;
- Reconstruire une somme d'exponentielles amortis;
- Système d'équation de **prédictions linéaires inversé**;
- **Ordre élevé** pour le filtre de prédiction;
- **Décomposition en Valeurs Singulières tronquées**;

Etude Numérique : Plan de route

- Considère une **impédance connue** pour le liner :

$$Z = \frac{200}{f} - \frac{1.5.j}{\tan\left(\frac{2\pi.f.h}{c_0}\right)} \quad (5)$$

- Génère **champ acoustique** par méthode Raccordement Multi-Modale MMM ^[4];
- Relève quelques valeurs relever par des **microphones placés face au liner**;
- Applique la méthode KT sur ces valeurs pour extraire les **nombres d'ondes k_x** ;

[4] Y.Auregan, M.Leroux et V.Pagneux, *Measurement of Liner Impedance with Flow by an Inverse Methode*, AIAA paper 2004-2838, 2004

Etude numérique : nombres d'ondes

- 21 Microphones moins 1 à chaque extrémités;
- Méthode KT en **fixant 2 fonctions exponentielles / 2 modes**;

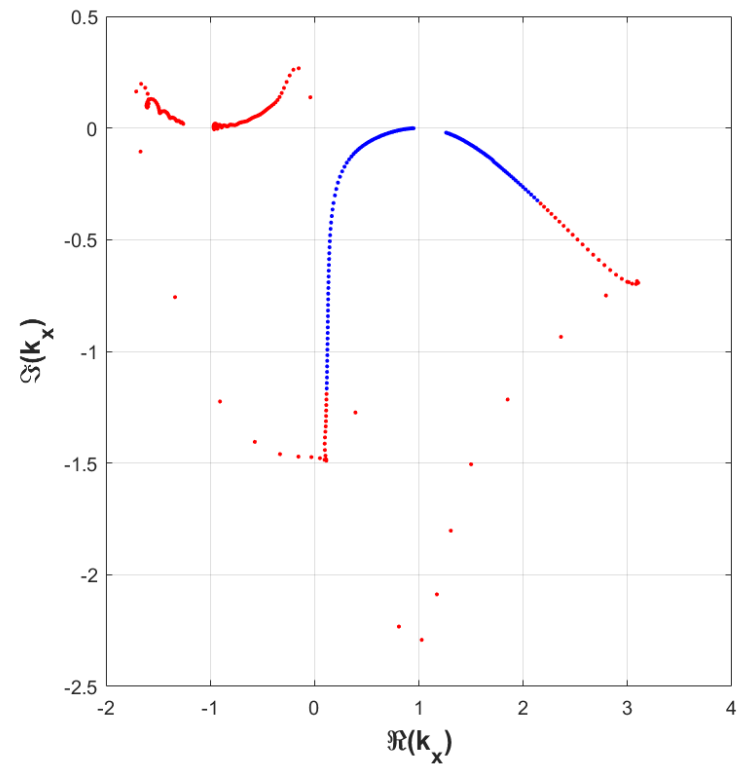
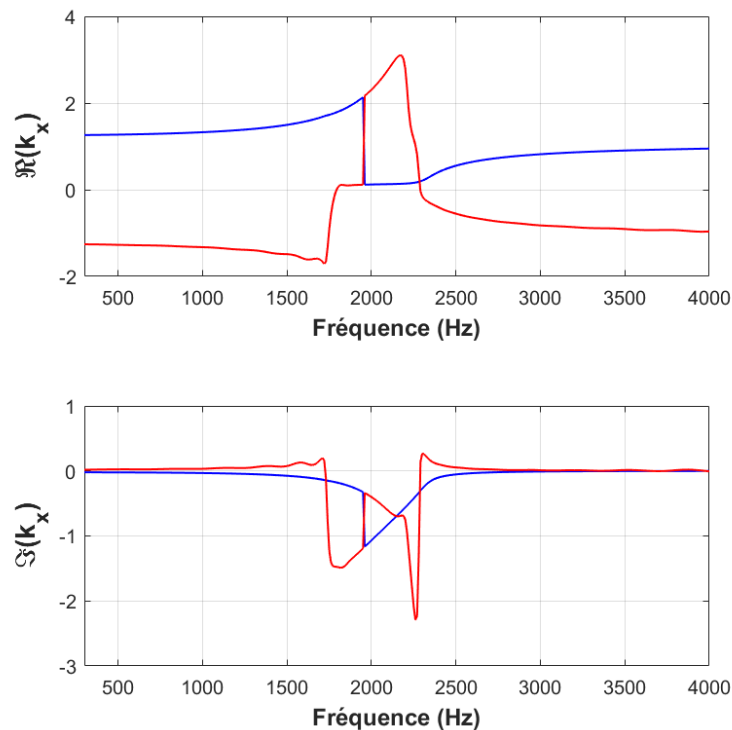


Figure 2 : Valeurs fournies obtenues par la méthode KT

Etude numérique : impédances

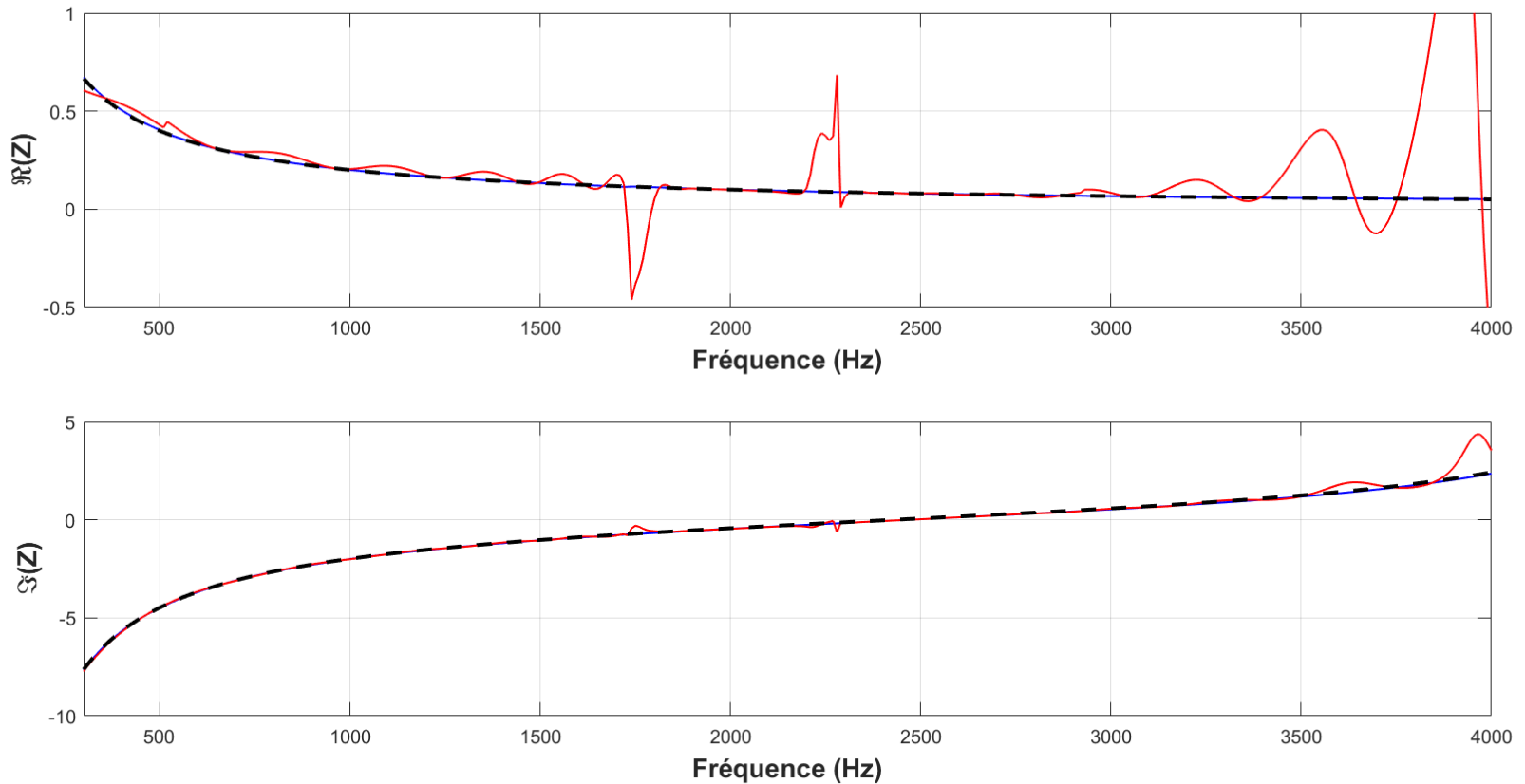


Figure 3 : Impédances calculées à partir des valeurs fournies obtenues par la méthode KT

- **Cas idéal et pourtant,** pas des impédances parfaites pour tous les 'modes' !

Etude numérique : ajout du bruit

- Bruit : **40% d'erreur** (RSB de 8 dB);
- Quel mode donne le meilleur résultat ? Critère de sélection !

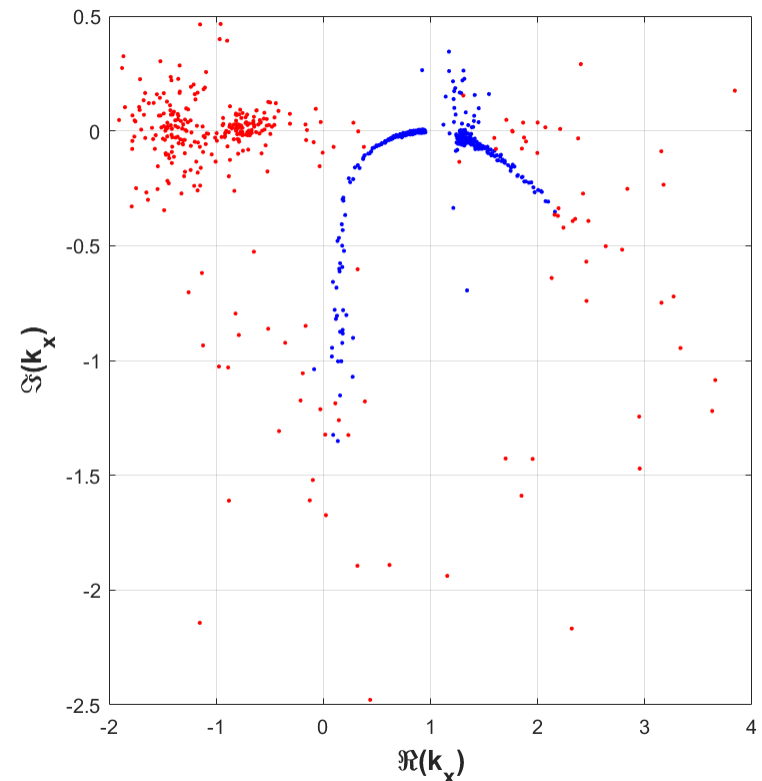
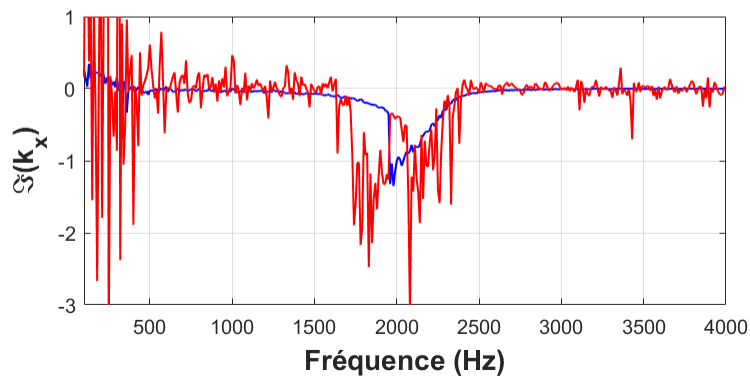
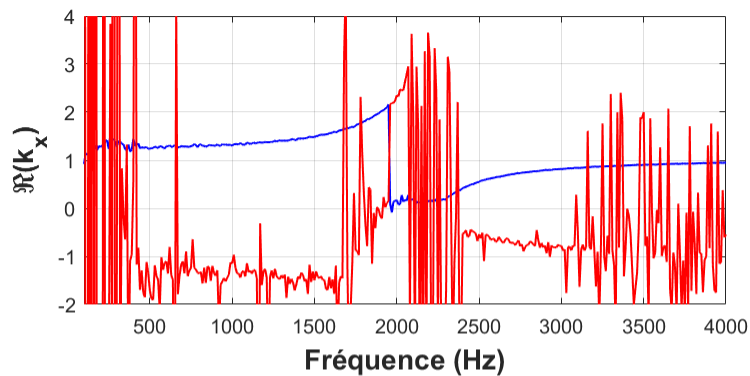


Figure 4 : Valeurs fournies obtenues par la méthode KT en présence de bruit

Etude numérique : critères

RSB 8 dB

- Double critère : **Mode indicent le moins amortis;**
- **Impédance bien reconstruite** exceptée aux basses fréquences;

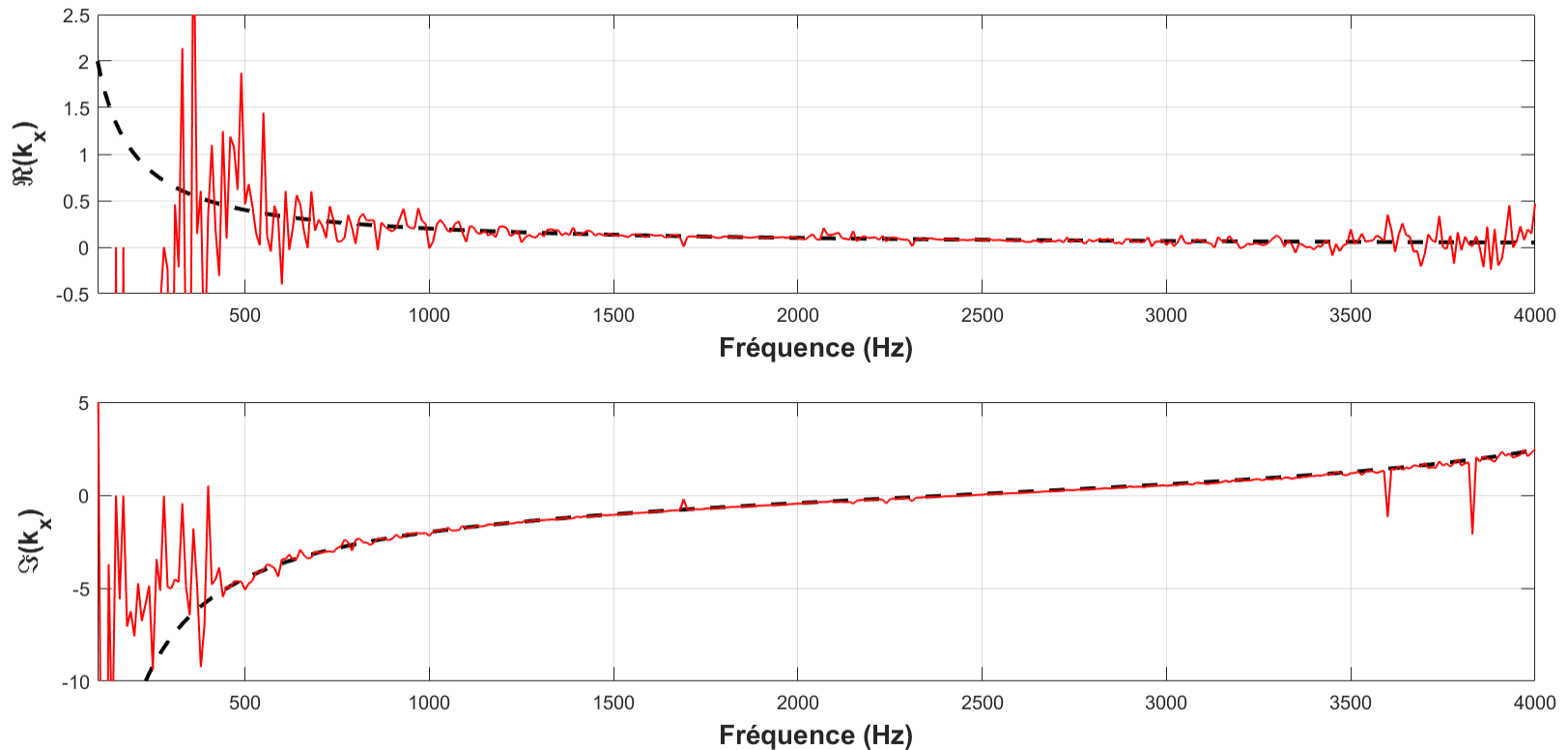


Figure 5 : Impédance en présence de bruit à partir de 2 modes fournis par la méthode KT

Etude numérique : Influence du bruit

- **1000 réalisations** avec **40% d'erreurs** sur les valeurs données par les microphones;
- Impédance en 'demandant' 2 modes à l'algorithme KT;

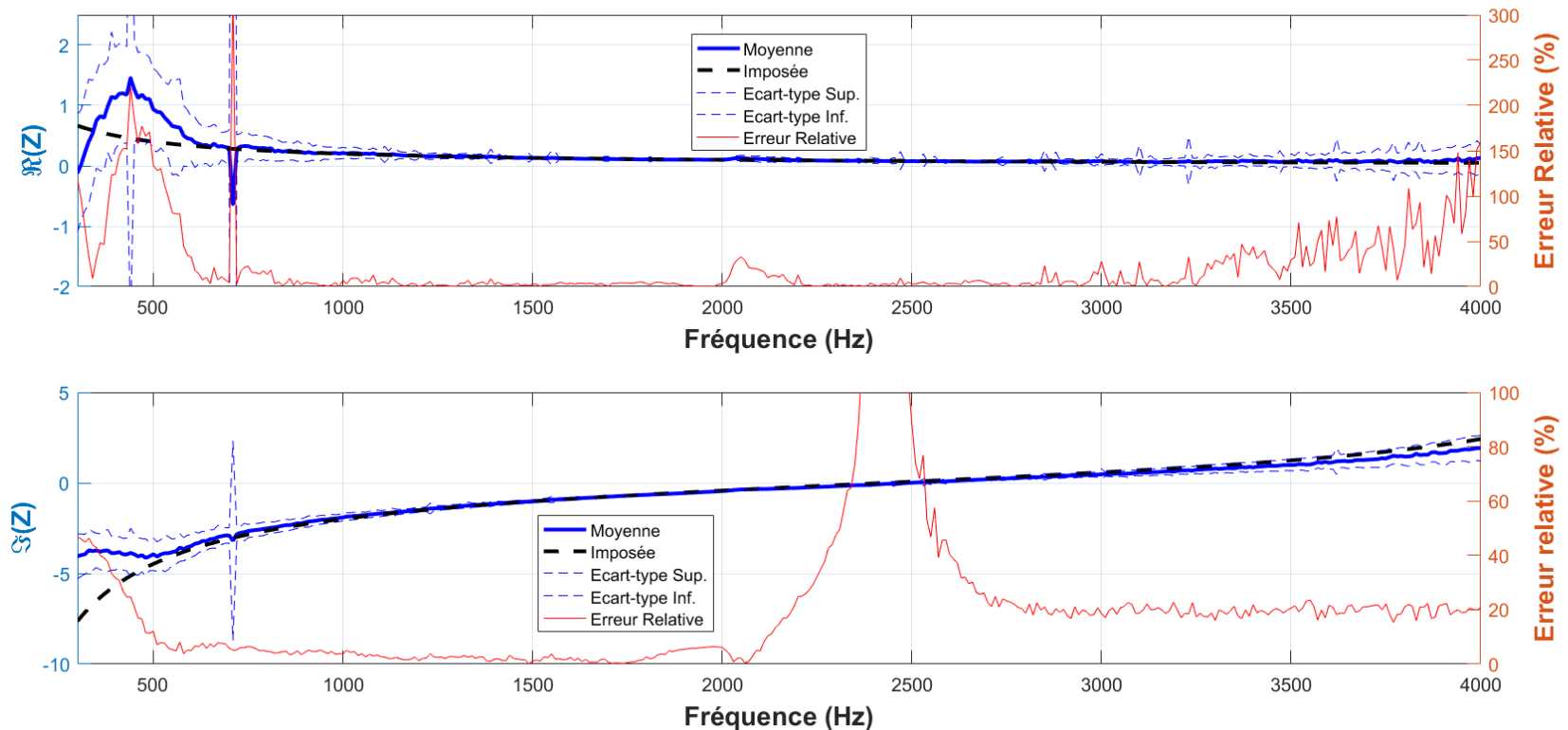


Figure 6 : Valeur moyenne et écart-type de l'impédance en présence de bruit à partir de 2 modes fournis par la méthode KT

Etude expérimentale : Dispositif Expérimental

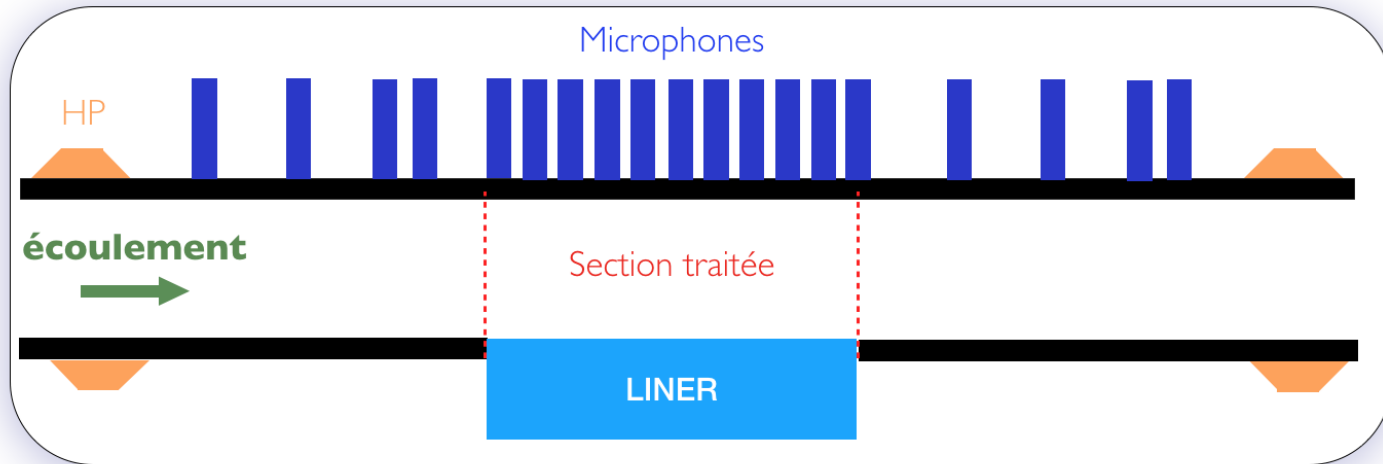


Figure 7 : Schéma du banc de mesures expérimentales

- Thermocouple
- Excitation acoustique en amont ou en aval
- Plaque micro retournable
- Sonde Pitot
- Liner sur 20 cm
- Section : 4 x 5 cm²

➡ 22 points de mesure face au traitement

➡ $dx = 1 \text{ cm}$

Etude expérimentale : Liner et données

- Sans écoulement;

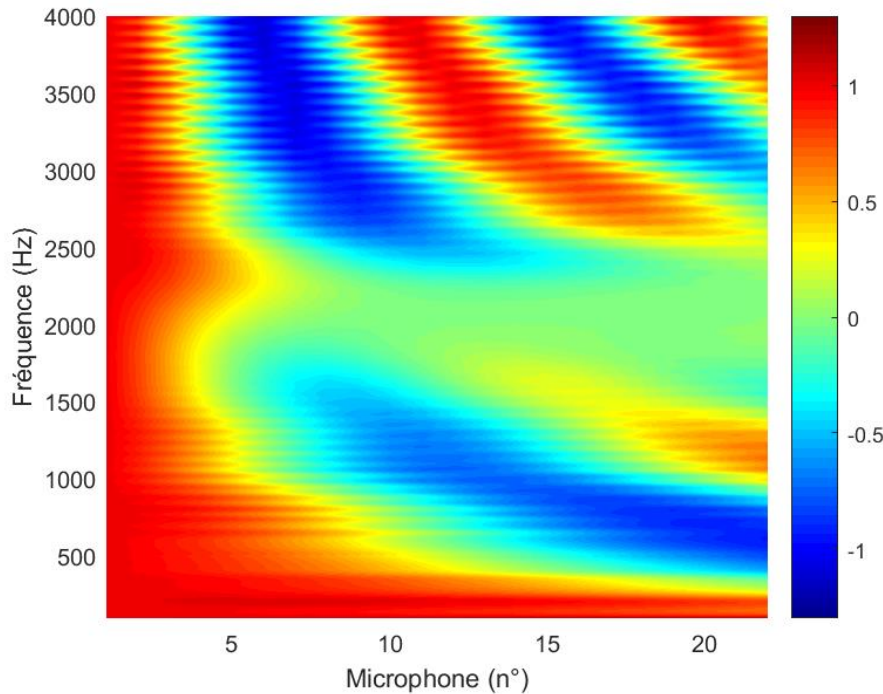


Figure 8 : Pressions adimensionalisées relevées par les 22 microphones pour une propagation « upstream »

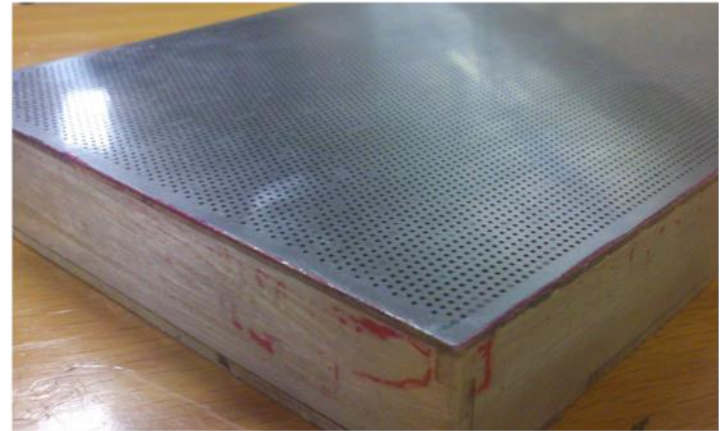


Figure 9 : Photographie du liner acoustique utilisé

Etude expérimentale : données exploitées

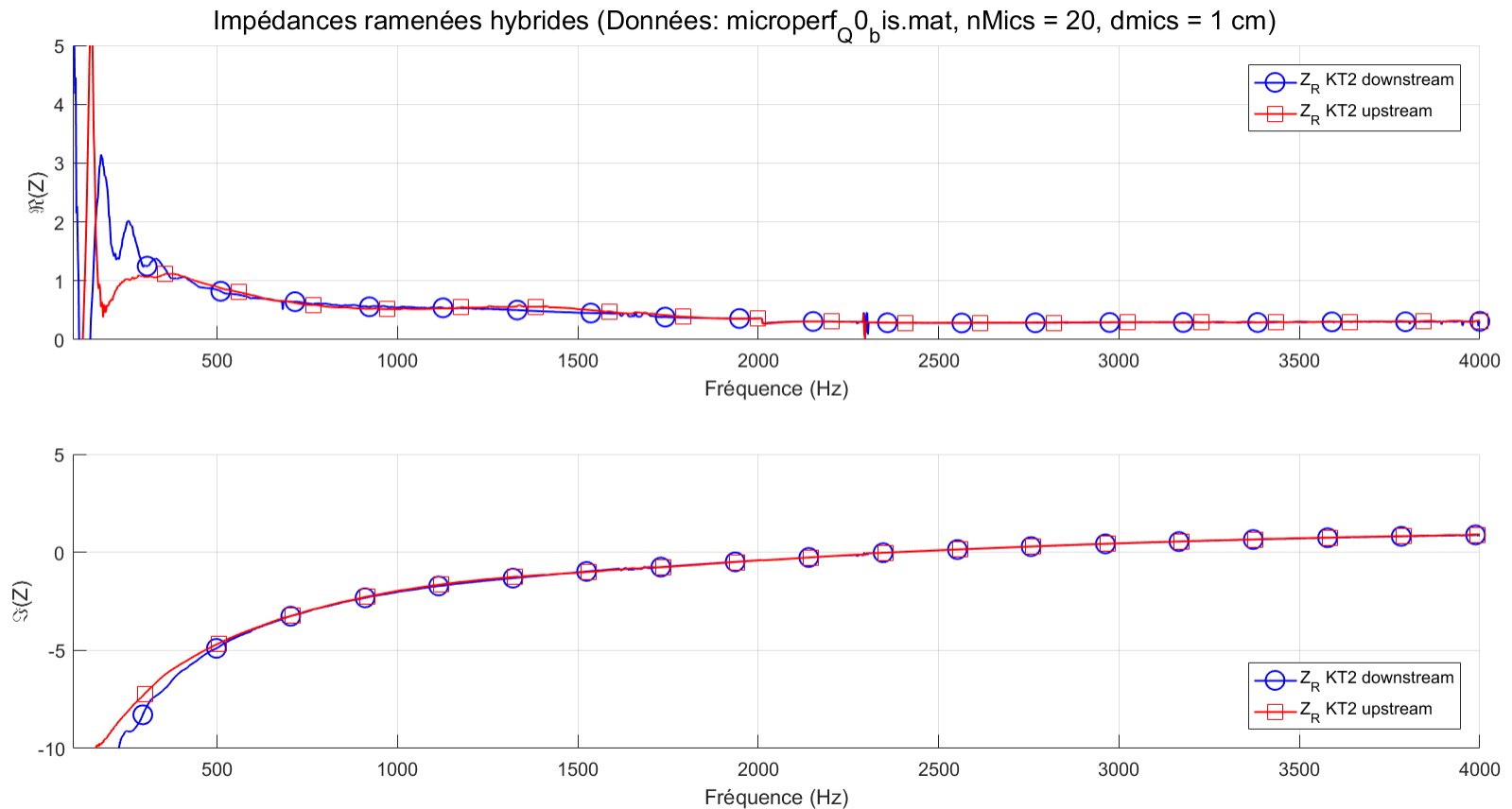


Figure 10 : Impédance calculée à partir de données expérimentales traitées par la méthode KT

Conclusion

- KT permet de reconstituer les nombres d'ondes de modes acoustiques;
- Double critère est définis pour choisir le mode donnant les meilleurs résultats;
- Numériquement en présence de bruit et expérimentalement, critères amélioire les résultats;
- Un problème persiste aux basses fréquences;

Perspective

- Travailler sur les basses fréquences, notamment via le nombre de microphones et la taille du liner;
- Comparaison des résultats obtenus avec ceux fournis par une méthode Matrix Pencil;
- Améliorer les résultats avec la reconstructions de plus de modes par la méthode KT ?
- Complexifier le problème avec l'ajout d'un écoulement;

Merci de votre attention !