Modes localisés dans les structures périodiques

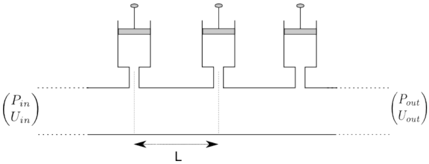
M1 Acoustique

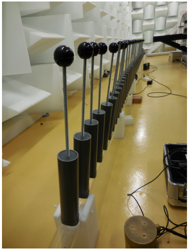
Alice Dinsenmeyer & Thomas Lechat
encadré par Olivier Richoux

18 mai 2015

Introduction

- But du projet : Mettre en évidence expérimentalement un mode localisé
- Contexte : Méta-matériaux, applications à l'acoustique non-linéaire





Réseau de résonateurs branchés en dérivation sur un guide d'onde. La terminaison est anéchoïque.

Formalisme matriciel

Une matrice de guide :

$$\begin{pmatrix} p(x_1) \\ v(x_1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cosh(kL) & \frac{j\omega\rho}{k}\sinh(kL) \\ \frac{k}{j\omega\rho}\sinh(kL) & \cosh(kL) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p(x_2) \\ v(x_2) \end{pmatrix}$$

Une matrice de résonateur :

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} P_e \\ U_e \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} \cos(kL_n) & jZ_n \sin(kL_n) \\ \frac{1}{Z_n}\sin(kL_n) & \cos(kL_n) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos(kL_c) & jZ_c \sin(kL_c) \\ \frac{1}{Z_c}\sin(kL_c) & \cos(kL_c) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_s \\ 0 \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} P_e \\ U_e \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} r_1 & r_2 \\ r_3 & r_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_1 \\ 0 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

La multiplication des 2 permet de décrire un réseau infini composé des 2 éléments.

Formalisme matriciel

Ajout des pertes viscothermiques : changement sur k et Z_c

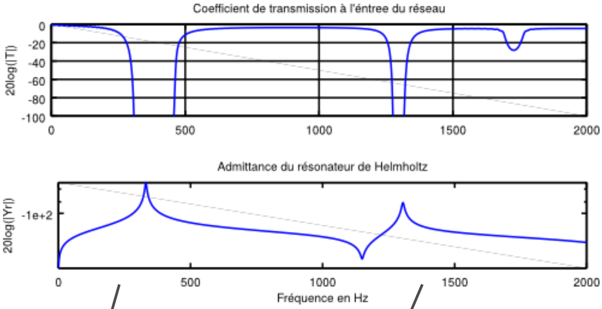
$$k = \frac{\omega}{c_0}\left(1 + \frac{\beta}{s}(1 + (\gamma - 1)/\chi\right)$$
$$Z_c = \frac{\rho c_0}{S}\left(1 + \frac{\beta}{s}(1 - (\gamma - 1)/\chi\right)$$

Dans ces expressions, on a :

- $s = R/\delta$ avec $\delta = \sqrt{\frac{2\mu}{\rho\omega}}$
- $\chi = \sqrt{P_r}$ ou P_r est le nombre de Prandtl
- $\beta = (1 - j)/\sqrt{2}$
- μ la viscosité de l'air

Bande interdites

Des bandes interdites sont crée par la périodicité du réseau et à cause des résonateurs.



...liée à la résonance du résonateur de Helmholtz

...liée à la résonance de la cavité du résonateur

...liée à la périodicité (bande de Bragg)

Ajout d'une singularitéEn ajoutant une **singularité** sur un des résonateurs

$\hookrightarrow$ création d'un mode localisé

Problématique

- Où placer cette singularité ?
- Comment choisir sa fréquence de résonance ?
- Comment l'observer expérimentalement ?

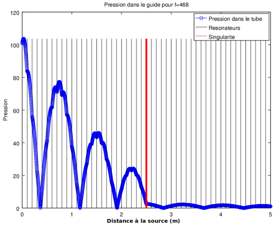
Influence de la position et de la fréquence de résonance du défaut

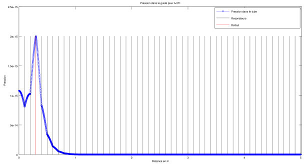
- Si la fréquence du défaut est en dehors d'une bande interdite, il agit comme un mur et l'onde ne ce propage pas au delà.
- Sinon on à alors une localisation de l'onde dans le réseau.

Dans le second cas, afin de voir apparaître le mode sur les coefficients de transmissions et réflexions, celui-ci doit se trouver au début du réseau ou que le réseau ai peut d'éléments.

Simulation de la pression dans le tube

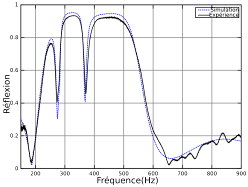
La pression dans le tube est simulé grâce au formalise matriciel en partant d'une sortie anéchoïque.





Changements sur les coefficients de réflexion et transmission

Dans une bonne configuration (un réseau de petite taille ou avec un défaut au début du réseau), on peut voir un pic émerger sur la transmission et la réflexion.



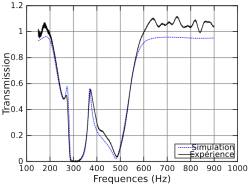
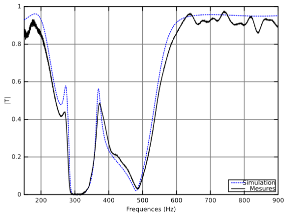
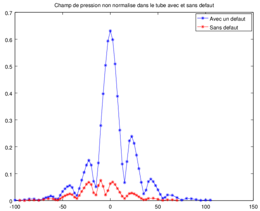


FIGURE : Réseau de 5 cellules avec une longueur de cavités de 16 *cm* pour les résonateurs et 8 *cm* pour le défaut. Celui-ci se trouve en 3ème position dans le réseau.

Mesure de la pression dans le tube

Un microphone est ensuite inséré dans le réseau pour mesurer la pression en tout point de celui-ci.

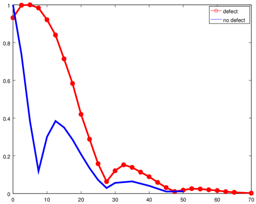


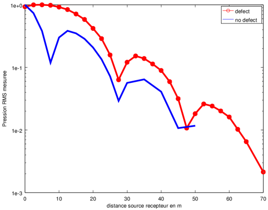


On a bien une localisation de la pression avec un fort niveau dans le réseau. Mais, problème de protocole de mesure : le réseau n'est plus symétrique a cause de la source.

Changement de géométrie du réseau

Ajout d'un 2ème résonateur comme défaut avec source au centre pour retrouver un système symétrique.





Même décroissance dans les 2 cas. Celle-ci correspond à la partie imaginaire de la constante de propagation dans le réseau. Le modèle théorique est cependant différent.

Conclusions

Notions abordées

- Acoustique non-linéaire : dispersion
- Réseaux acoustiques
- Modes localisés

Savoir-faire acquis

- Formalisme matriciel
- Simulations numériques
- Mesures de transmission

Outils utilisés

- Git
- Octave
- Capteur d'impédance CTTM