AHLV302 – Guide d'onde anéchoïque à entrée vibro-absorbante

Résumé :

L'objectif de ce cas-test est de calculer les champs de pression dans un guide d'onde à sortie anéchoïque et dont l'excitation acoustique est fournie par une condition aux limites de vitesse imposée sur un panneau absorbant défini dans la section d'entrée.

Ce test utilise les éléments finis vibro-acoustiques :
- modélisation A : `3D_FLUIDE` ;
- modélisation B : `2D_FLUIDE` ;
- modélisation C : `AXIS_FLUIDE` .

Une solution analytique exacte existe. Ce cas-test permet donc de valider les fonctionnalités de définition de propriétés matérielles pour un fluide non-amorti, de définition de conditions aux limites en vitesse et d'impédance ainsi que les outils de création et d'assemblage des matrices de masse, de raideur et d'amortissement acoustique. D'autre part, il permet la validation du calcul de pression acoustique.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

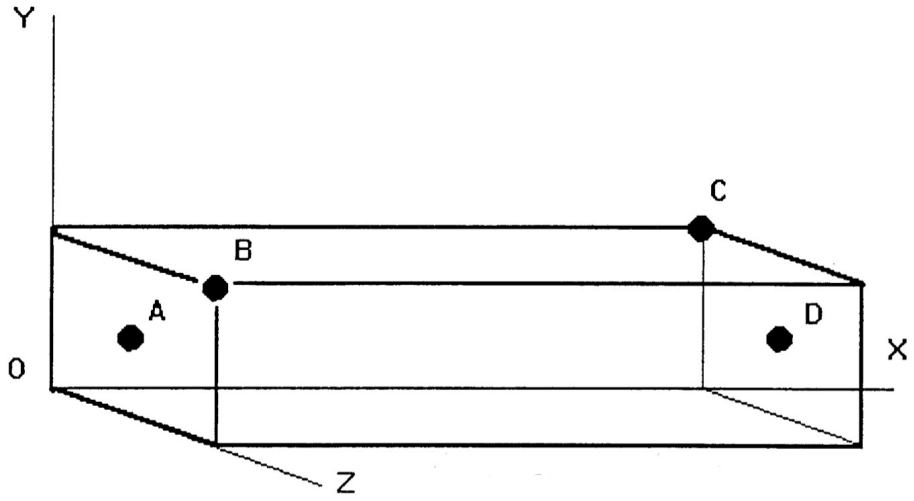


Figure 1.1 Géométrie du problème et système de chargement

Cavité parallélipipédique :

- longueur : $L=l_x=1.0\,m$
- hauteur : $h=l_y=0.1\,m$
- largeur : $l=l_z=0.2\,m$

Coordonnées des points :

- A : $x=0.$, $y=0.05$, $z=0.1$
- B : $x=0.$, $y=0.1$, $z=0.2$
- C : $x=1.$, $y=0.1$, $z=0.0$
- D : $x=1.$, $y=0.05$, $z=0.1$

1.2 Propriétés du matériau

Les propriétés matérielles sont celles de l'air :

$c=340\,\mathrm{m.s^{-1}}$	Vitesse du son
$\rho=1.2\,\mathrm{kg.m^{-3}}$	Densité

1.3 Conditions aux limites et chargements

Vitesse uniforme unitaire et impédance :

Section d'entrée $x=0$	$V_n=-1\,\mathrm{m.s^{-1}}$ à 500 Hz $Z_n=-1000\,\mathrm{kg.m^{-2}.s}$
Section d'entrée $x=1$	$Z_n=-408\,\mathrm{kg.m^{-2}.s}$

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

Le champ de pression p vérifie l'équation de Helmholtz selon l'axe x :

$$\frac{d^2 p}{dx^2}+k^2 p=0\ ,\ x\in[0,L]$$

En $x=0$, on retrouve des conditions aux limites de vitesse V_n^s et d'impédance Z_{n0} imposées :

$$p(x=0)=Z_{n0}\left(V_n(x=0)-V_n^s\right)$$

ce qui donne en termes d'admittance imposée :

$$V_n(x=0)=V_n^s+A_{n0}\,p(x=0)$$

En $x=L$, l'impédance Z_{nL} (ou son inverse, l'admittance A_{nL}) est imposée :

$$\frac{-\frac{dp}{dx}}{-i\rho\omega}=A_n\,p$$

La pression dans le guide d'onde a la forme suivante :

$$p(x)=C_1\mathrm{e}^{-ikx}+C_2\mathrm{e}^{ikx}$$

Ainsi, on peut exprimer la dérivée de la pression :

$$\frac{dp(x)}{dx}=-ikC_1\mathrm{e}^{-ikx}+ikC_2\mathrm{e}^{ikx}$$

Les conditions aux limites en $x=0$ permettent d'écrire :

$$-ikC_1+ikC_2=-i\rho\omega V_n^s-i\rho\omega A_{n0}(C_1+C_2)$$

La condition aux limites en $x=L$ permet d'écrire :

$$ikC_1\mathrm{e}^{-ikL}-ikC_2\mathrm{e}^{ikL}=-i\rho\omega A_{nL}\left(C_1\mathrm{e}^{-ikL}+C_2\mathrm{e}^{ikL}\right)$$

Ces deux dernières relations permettent d'écrire un système d'équations dont la résolution permet de déterminer les constantes C_1 et C_2 et donc la pression et vitesse particulaire en n'importe quel point du guide d'onde.
Par souci de simplicité, l'expression analytique des coefficients C_1 et C_2 n'est pas renseignée ici.

2.2 Résultats de référence

On calcule la pression aux points A , B , C et D .

2.3 Incertitude sur la solution

Solution analytique.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation A

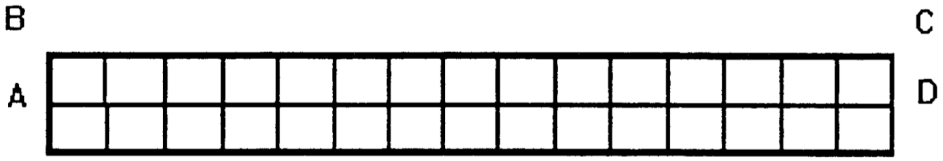


Figure 3.1. Maillage de la modélisation A

Modélisation 3D_FLUIDE

Découpage : 15 éléments suivant l'axe x ;
2 éléments suivant l'axe y ;
2 éléments suivant l'axe z.

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 471
Nombre de mailles et types : 60 HEXA20 et 8 QUAD8

3.3 Grandeurs testées et résultats

Position	Valeur de référence	Tolérance (%)
A	−289.77+0. i	0.1
B	−289.77+0. i	0.1
C	284.14−53.246 i	0.3
D	284.84−53.246 i	0.3

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation B

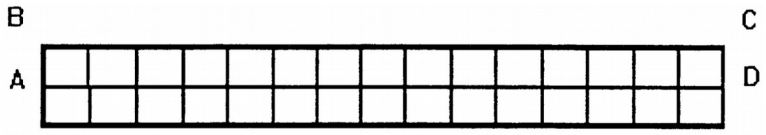


Figure 4.1. Maillage de la modélisation B

Modélisation 2D_FLUIDE

Découpage : 15 éléments suivant l'axe x ;
2 éléments suivant l'axe y.

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 125
Nombre de mailles et types : 30 QUAD8 et 4 SEG3

4.3 Grandeurs testées et résultats

Position	Valeur référence	Tolérance (%)
A	$-289.77+0.\ \mathrm{i}$	0.1
B	$-289.77+0.\ \mathrm{i}$	0.1
C	$284.14-53.246\ \mathrm{i}$	0.3
D	$284.84-53.246\ \mathrm{i}$	0.3

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation C

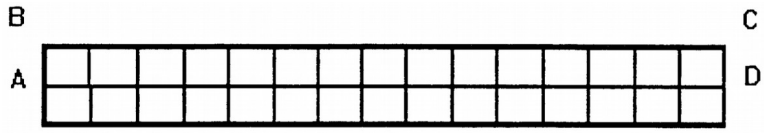


Figure 5.1. Maillage de la modélisation C

Modélisation AXIS_FLUIDE

Découpage : 15 éléments suivant l'axe x ;
2 éléments suivant l'axe y.

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 125
Nombre de mailles et types : 30 QUAD8 et 4 SEG3

5.3 Grandeurs testées et résultats

Position	Valeur référence	Tolérance (%)
A	$-289.77+0.\ i$	0.1
B	$-289.77+0.\ i$	0.1
C	$284.14-53.246\ i$	0.3
D	$284.84-53.246\ i$	0.3

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

6 Synthèse des résultats

Les résultats sont satisfaisants et identiques pour les trois modélisations.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)