FDLV105 - Masse ajoutée sur piston axisymétrique couplé à une colonne de fluide incompressible

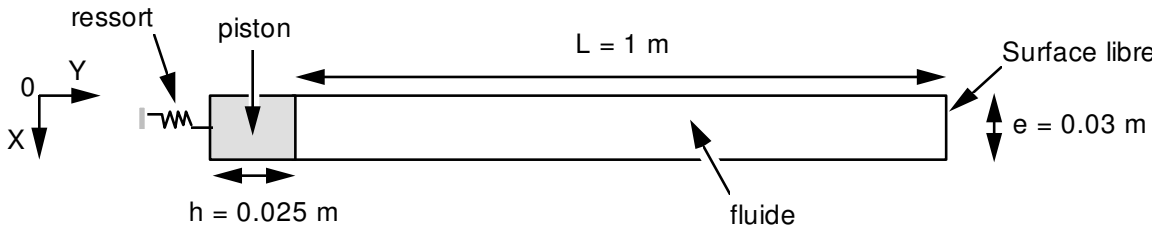
Résumé :

Ce test du domaine des fluides met en œuvre une analyse modale sur un système couplé structure fluide incompressible de type piston colonne de fluide avec surface libre. Le piston et le fluide sont modélisés respectivement par des éléments mécaniques et thermiques **axisymétriques**. On valide ainsi le calcul de masse ajoutée en configuration axisymétrique.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Le système est constitué d'un piston circulaire vibrant au contact d'une colonne de fluide annulaire terminée par une surface libre :

Longueur : $1\,m$
largeur : $0.03\,m$
hauteur : $0.025\,m$

l'axe de révolution est l'axe OY du repère. OX désigne l'axe radial.

1.2 Propriétés des matériaux

Structure : acier - matériau élastique

$E=2.10^{13}\,Pa$
$\nu=0.3$
$\rho_s=7800\,kg/m^3$

Le ressort a une raideur par radian de $K=\frac{10^5}{2\pi}\,N/m/rad$

Fluide : matériau thermique équivalent

$\lambda=1.$
$\rho_f C_p=1000.$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Côté structure : le degré de liberté DX de tous les nœuds de la structure est bloqué : `DX : 0.0`

Côté fluide : on impose une pression (i.e. température) nulle sur les nœuds de la surface libre.

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

On résout le problème couplé suivant analytiquement :

$$\begin{cases} m\,\ddot{y}+k\,y=F \\ \dfrac{\partial^2 p}{\partial y^2}=0 \\ \left(\dfrac{\partial p}{\partial y}\right)=\rho_f\,\ddot{y} \end{cases}$$

avec

F force de pression hydrodynamique sur le piston

P pression hydrodynamique dans le fluide

$m\,,k$: masse et raideur du piston par radian

Le champ de pression hydrodynamique dans le fluide s'écrit :

$$p=-\rho_f\,\ddot{y}(y-l)$$

d'où la force de pression s'exerçant sur le piston :

$$F=\int_0^e p\,\boldsymbol{n}\,r\,dr=-\rho_f\,\ddot{y}\,l\,\frac{e^2}{2}$$

la masse ajoutée par radian vaut : $m_a=\rho_f\,l\,\dfrac{e^2}{2}$

le mode propre du système couplé vaut : $f=\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{k}{m+m_a}}=27{,}25\ Hz$

2.2 Résultats de référence

Analytique.

2.3 Références bibliographique

1. GIBERT R.J. : Vibrations des structures, Eyrolles (1988).

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

- Côté structure :
  8 éléments mécaniques axisymétriques MEAXQU4,
  1 élément ponctuel de type K_T_N modélisant le ressort,
- côté fluide :
  380 éléments thermiques axisymétriques THAXQU4 modélisant le fluide,
  8 éléments thermiques axisymétriques THAXSE2 modélisant l'interface fluide/structure.

3.2 Caractéristiques du maillage

Côté structure :	8 mailles QUAD4 1maille POI1	Côté fluide :	8 mailles SEG2 320 mailles QUAD4
Nombre de mailles :	337		

3.3 Valeurs testées

Identification	Hz
	Référence
Mode n°1	27.25

4 Synthèse des résultats

Le calcul de masse ajoutée sur des éléments axisymétriques est très bien effectué. On notera cependant que les quantités calculées sont des masses ajoutées par radian (divisées par 2π).

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