FDLV103 - Sphères concentriques séparées par un fluide incompressible

Résumé :

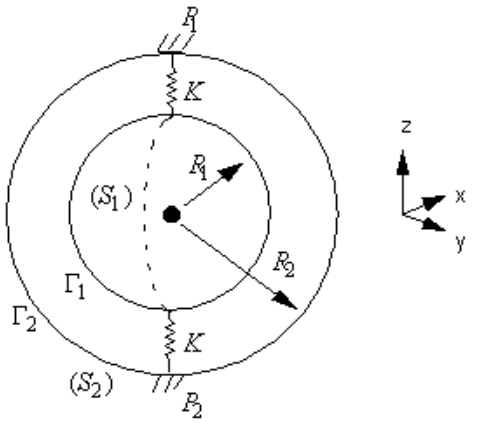
Ce test concerne le domaine des fluides dans l'aspect couplage inertiel. On réalise une analyse modale d'une sphère rigide reliée au massif par des ressorts et plongée dans un volume de fluide incompressible de forme sphérique.

Le test valide le calcul de masse ajoutée en 3D ainsi que le calcul modal pour un système fluide-structure couplé en 3D.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



La sphère intérieure (S_1) a un rayon $R_1=0.35\,m$.
La sphère intérieure (S_2) a un rayon $R_2=0.45\,m$.

1.2 Propriétés de matériaux

La sphère intérieure (S_1) est en acier :

$$\rho_s=7\,800\,kg/m^3$$
$$E=2.110^{11}\,Pa$$
$$\nu=0.3$$

Le fluide remplissant le volume compris entre (S_1) et (S_2) est de l'eau de densité $\rho_f=1\,000\ kg/m^3$ (caractéristiques thermiques équivalentes : $\lambda=1$, $\rho_f C_p=1\,000$).

On passe pour modéliser le fluide par une modélisation thermique 3D.

1.3 Conditions aux limites et chargements

On suppose une température nulle en un point du maillage fluide.

On encastre les ressorts au niveau du massif aux points P_1 et P_2 .

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 se base sur un résultat analytique [bib1] :

Dans le cas de deux sphères concentriques immergées dans un même fluide, on montre que la masse ajoutée induite par le fluide confiné sur la sphère interne (S_1) vaut :

$$m_a = \frac{2}{3}\rho_f \pi \left[\frac{1+2\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3}{1-\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3} \right] R_1^3$$

Si on suppose que la sphère n'a qu'un seul degré de liberté suivant Oz, le mode propre de translation de la sphère (S_1) suivant Oz est donné par :

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{2K}{m+m_a}}$$

Application numérique :

$K = 10^5\, N/m$

$m = 12\, kg$

$m_a = 329.17\, kg$

$F = 3.8534\, Hz$

2.2 Références bibliographiques

1. R.D. BLEVINS, "Formulas for natural frequency and mode shape", Ed. KRIEGER

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation comprend :

- côté structure :

  2 éléments discrets de type K_TR_L (maille SEG2)
  1316 éléments de coques de type DKT (maille TRIA3)

- côté fluide :

  1316 éléments thermiques de face de type 3D (maille TRIA3)
  14454 éléments thermiques de volume de type 3D (maille TETRA4)

Les noeuds de la coque interne sont bloqués selon tous leurs degrés de liberté de rotation, ainsi que leurs deux degrés de liberté de translation DX et DY (GROUP_NO: NOINT).

Les ressorts sont encastrés au massif aux points $P1$ et $P2$ (GROUP_NO: ENCAST).

Les coques sont d'épaisseur $1\ mm$.

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de mailles et types : 2632 TRIA3, 2 SEG2, 14454 TETRA4.

3.3 Valeurs testées

Identification	Référence
Ordre du mode propre : 1	3.8534

4 Synthèse des résultats

On retrouve bien les valeurs des résultats analytiques.

Le petit écart observé sur la masse ajoutée peut provenir :

- d'une discrétisation non assez fine de la surface de la sphère,
- ou bien d'une discrétisation pas assez fine du volume fluide.

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