FDLV104 - Calcul de masse ajoutée sur modèle généralisé 3D

Résumé :

Ce test du domaine des fluides (couplage fluide/structure) valide le calcul de masse ajoutée sur un modèle généralisé de type 3D, à savoir deux sphères couplées par un fluide incompressible.

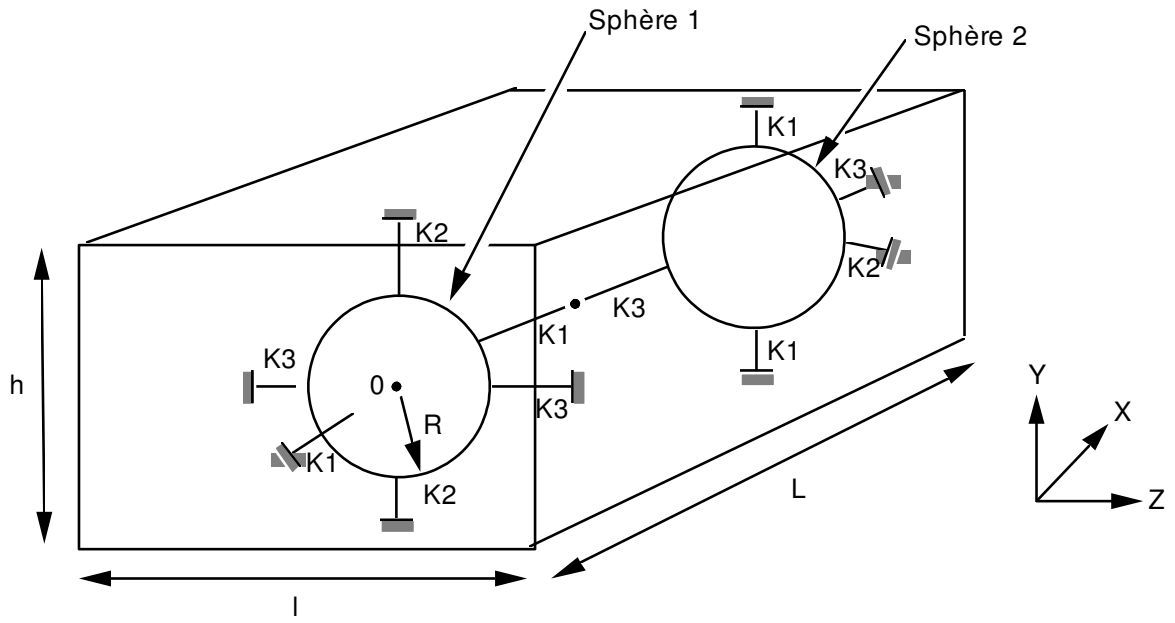
Par une analyse modale effectuée par sous-structuration dynamique, on obtient les modes couplés des deux sphères à cause de la présence du fluide. Les fréquences propres sont comparées à celles déterminées par un calcul direct.

On obtient les fréquences propres à moins de 3% près.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Longueur :	$L=4\,m$
largeur :	$l=2\,m$
hauteur :	$h=2\,m$
Epaisseur des coques :	$e=10^{-3}\,m$
Rayon des sphères :	$R=0.5\,m$

1.2 Propriétés des matériaux

Structure : acier - matériau élastique

$E=2.10^{11}\,Pa$
$\nu=0.3$
$\rho_s=7800\,kg/m^3$

Les ressorts ont pour raideurs respectives :

$K1=10^6\,N/m$ $K2=10^5\,N/m$ $K3=10^7\,N/m$

Fluide : eau - matériau thermique équivalent

$\lambda=1.$

la chaleur spécifique joue le rôle de masse volumique du fluide : $\rho_f=1000\,kg/m^3$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Côté structure : les degrés de liberté de rotation DRX, DRY, DRZ de la sphère 1 sont bloqués :

```
DRX : 0.0     DRY : 0.0     DRZ : 0.0
```

Côté fluide : on impose une pression (i.e. température) nulle en un nœud du maillage fluide.

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 utilise un calcul modal direct pour obtenir les fréquences propres modifiées par le fluide autour des sphères.

Les deux sphères se déduisent par une translation de vecteur de composantes $(2,0.,0.)$ et pour une rotation d'analyses nautiques $(90.,0.,90.)$ ce qui permet d'envisager de construire un modèle généralisé sur la 1ère sphère. On pourra effectuer le même calcul modal avec couplage fluide/structure en utilisant la sous-structuration dynamique. Le calcul **direct** avec prise en compte de masse ajoutée conduit aux fréquences propres du système immergé suivantes :

$$\begin{aligned} f_1 &= 3.1172\ Hz \\ f_2 &= 3.1183\ Hz \\ f_3 &= 9.2727\ Hz \\ f_4 &= 9.8267\ Hz \\ f_5 &= 22.4400\ Hz \\ f_6 &= 30.3295\ Hz \end{aligned}$$

2.2 Résultats de référence

Calcul modal direct par *Code_Aster*.

2.3 Incertitude sur la solution

Les incertitudes sur la solution sont liées à la discrétisation de l'interface fluide/structure et à l'invariance du maillage par rotation d'angles nautiques $(90°,0°,90°)$.

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 :

  336 éléments de coques DKT modélisant la sphère 1,
  6 éléments discrets de type K_TR_L (modélisation DIS_TR) modélisant les six ressorts reliant la sphère 1 au massif,

- côté fluide :

  672 THER_FACE3 éléments thermiques modélisant l'interface fluide/structure,
  39 445 THER_TETRA4 éléments thermiques modélisant le fluide.

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de mailles et types : 672 mailles TRIA3, 39 445 TETRA4, 6 SEG2

3.3 Valeurs testées

Identification	Hz
	Référence
Mode n°1	3.1172
Mode n°2	3.1183
Mode n°3	9.2727
Mode n°4	9.8267
Mode n°5	22.4400
Mode n°6	30.3295

3.4 Remarques

L'écart sur les deux dernières fréquences propres s'explique par une non-symétrie du maillage de l'interface fluide/structure (thermique) par rapport à celui de la première. Le **maillage** de l'interface fluide/structure (éléments thermiques) de la seconde sphère ne se déduit pas exactement de celui de la première par rotation d'angles nautiques de $90°, 0°, 90°$.

4 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus par le calcul par sous-structuration dynamique montrent une parfaite concordance avec le calcul direct. Néanmoins, pour avoir cet accord, il faut veiller à ce que les maillages des interfaces fluide/structure (éléments thermiques) des sous-structures qui se répètent à l'intérieur du maillage fluide se déduisent parfaitement par les rotations d'angle nautique définies dans DEFI_MODELE_GENE.

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