FDLV102 - Masse ajoutée calculée sur un modèle généralisé

Résumé :

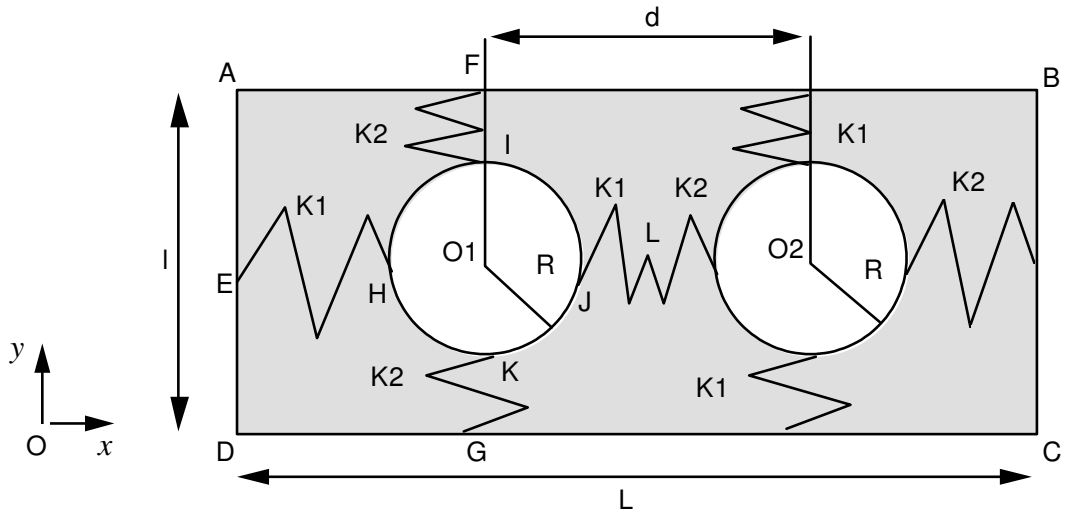
Ce test appartient au domaine de l'interaction fluide/structure, dans son aspect couplage inertiel : il s'agit de calculer une matrice de masse ajoutée, à partir d'un modèle généralisé issu d'un calcul par sous-structuration dynamique. On effectue une analyse modale sur le système couplé fluide/structure à partir d'un calcul par sous-structuration, et l'on compare le résultat avec un calcul modal en fluide direct. On teste ainsi, pour un problème fluide bidimensionnel, la possibilité de calculer les termes d'auto-masse ajoutée et de masse ajoutée de couplage entre sous-structures déduites entre elles par rotation et translation (ces sous-structures "déduites" n'étant pas maillées).

On a actuellement une seule modélisation, qui consiste à affecter au maillage fluide des éléments thermiques plans.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Rangée de cylindres à section circulaire reliés par des ressorts à un massif fixe :

longueur : $L = l_x = 2.0\,m$
largeur $l = l_y = 1.0\,m$
rayon des cylindres : $R = 0.25\,m$
distance entre centres des tubes : $d = 1.0\,m$

Coordonnées des points (en m) :

	$O1$	$O2$	A	B	C	D		
x	0.	1.00	–0.50	1.50	1.50	–0.50		
y	0.	0.	0.50	0.50	–0.50	–0.50		
	E	F	G	H	I	J	K	L
x	-0.50	0.	0.	–0.25	0.	0.25	0.	0.50
y	0.	0.50	-0.50	0.	0.25	0.	–0.25	0.

1.2 Propriétés des matériaux

Fluide : Eau

$$\rho_0 = 1000.0\,Kg.m^{-3}$$

Solide : Acier

$$\rho_S = 7800.0\,Kg.m^{-3} \qquad E = 2.\text{E}11\,Pa \qquad \nu = 0.3$$

Ressorts reliant le cylindre (sous-structure n°1 maillée) au massif :

Element discret du type `K_T_D_L` : $K_1 = (1.\text{E}7\ 1.1.\text{E}7)\,N/m$
$K_2 = (1.1.\text{E}8\ 1.\text{E}8)\,N/m$

1.3 Conditions aux limites et chargement

Sans objet pour le calcul de masse ajoutée.

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

1.4 Conditions initiales

Sans objet pour le calcul de masse ajoutée.

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

Calcul modal direct (sans sous-structuration dynamique)

Calcul des modes propres en air :

On calcule avec l'option 'BANDE' de l'opérateur CALC_MODES les 4 premières fréquences propres du système en air (système masse-ressort) :

mode 1 : vibration des deux cylindres en phase selon Ox
mode 2 : vibration du cylindre n°2 selon Oy (à droite)
mode 3 : vibration des deux cylindres en opposition de phase selon Ox
mode 4 : vibration du cylindre n°1 selon Oy (à gauche)

Ces modes peuvent être déterminés analytiquement [bib1].

Le calcul Code_Aster fournit pour les fréquences propres en air :

mode 1 : $f_1 = 17.3555\ Hz$ mode 2 : $f_2 = 18.2034\ Hz$
mode 3 : $f_3 = 42.6760\ Hz$ mode 4 : $f_4 = 57.5418\ Hz$

Calcul de la matrice de masse ajoutée sur base modale :

Sur cette base modale, on calcule la matrice de masse ajoutée d'ordre 4 avec l'opérateur CALC_MATR_AJOU [U4.55.10] option 'MASS_AJOU' mot-clé MODE_MECA (termes de la triangulaire inférieurs) :

$m11 = 300.67\ kg/m$ $m12 = 0.001\ kg/m$
$m13 = 269.98\ kg/m$ $m14 = 0.009\ kg/m$
$m22 = 269.98\ kg/m$ $m23 = 0.009\ kg/m$
$m24 = 31.05\ kg/m$ $m33 = 301.71\ kg/m$
$m34 = -0.011\ kg/m$ $m44 = 269.86\ kg/m$

Ajout de cette matrice à la matrice de masse généralisée :

On ajoute la matrice ainsi déterminée à la matrice de masse généralisée (opérateur COMB_MATR_ASSE [U4.53.01]) puis on calcule les fréquences propres de la structure immergée avec l'opérateur CALC_MODES option 'PLUS_PETITE' [U4.52.02].

Le calcul trouve les fréquences propres suivantes :

mode 1 : $f'_1 = 15.8782\ Hz$ mode 2 : $f'_2 = 16.7811\ Hz$
mode 3 : $f'_3 = 39.0389\ Hz$ mode 4 : $f'_4 = 53.0488\ Hz$

2.2 Résultats de référence

Fréquences propres déterminées par Code_Aster dans un calcul direct.

2.3 Références bibliographiques

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

1. R. J GIBERT - Vibrations des Structures . Interactions avec des fluides. Eyrolles (1988).

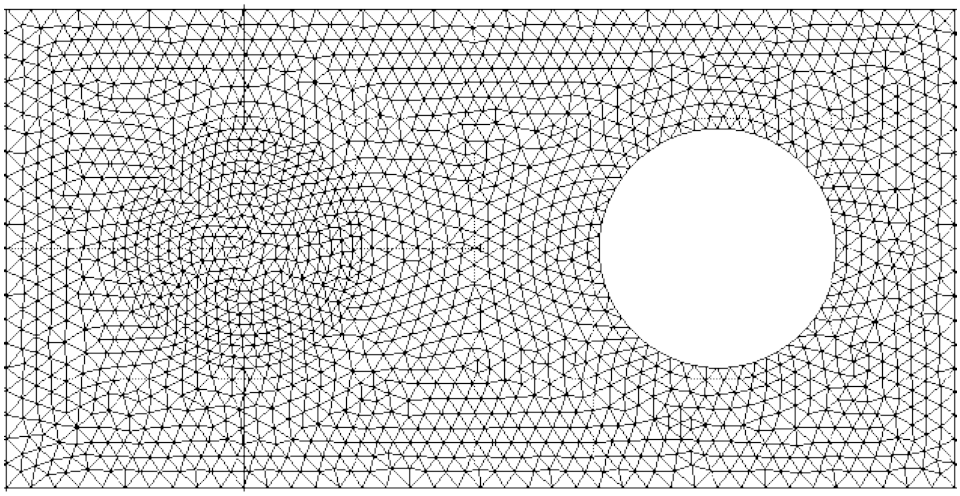
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Formulation thermique plane pour le fluide (TRIA3 et SEG2)

Formulation déformation plane et discrète pour le solide (TRIA3 et SEG2)



Découpage = 40 mailles TRIA3 selon l'axe des x
20 mailles TRIA3 selon l'axe des y
120 mailles SEG2 sur le contour des deux cylindres
4 mailles SEG2 sur le contour des deux cylindres représentant les mailles des ressorts

Conditions aux limites :

```
DDL_IMPO: (GROUP_NO: PBLOC1 DX: 0. DY: 0. DZ: 0.)
DDL_IMPO: (GROUP_NO: PBLOC2 DX: 0. DY: 0. DZ: 0.)
DDL_IMPO: (GROUP_NO: PBLOC3 DX: 0. DY: 0. DZ: 0.)
DDL_IMPO: (GROUP_NO: PBLOC4 DX: 0. DY: 0. DZ: 0.)
```

Nom des nœuds : $E = PBLOC1$ $L = PBLOC2$
$F = PBLOC3$ $G = PBLOC4$

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 1 881
Nombre de mailles et types : 3 580 TRIA3, 124 SEG2

3.3 Valeurs testées

Identification	Référence calcul direct	*Aster* calcul avec sous-structuration	% différence
Ordre du mode propre i : 1	15.8782	15.8782	+0.0000
Ordre du mode propre i : 2	16.7811	16.7815	+0.00002
Ordre du mode propre i : 3	39.0389	39.0289	–0.0002

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

Ordre du mode propre i : 4	53.0488	53.0586	–0.0002

3.4 Remarques

Calculs de modes effectués par :

```
CALC_MODES
              OPTION='BANDE',
              CALC_FREQ=_F(FREQ=(2.,70.))
```


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

4 Rappel

Déroulement du calcul de masse ajoutée par synthèse modale

- Calcul des modes propres de la sous-structure 1 (cylindre de gauche maillé) avec interfaces bloquées par CALC_MODES

- Définition de deux interfaces dynamiques type CRAIG-BAMPTON (déplacement unitaire imposé) :

  'EST' : correspond au point $PBLOC2=L$
  'SUD' : correspond au point $PBLOC4=G$

- Définitions de 2 bases modales associées à ces interfaces : opérateur DEFI_INTERF_DYNA [U4.55.03] :

  $BAMO1$: deux modes dynamiques et un mode contraint : déplacement unitaire sur $PBLOC2=L$
  $BAMO2$: deux modes dynamiques et un mode contraint : déplacement unitaire sur $PBLOC4=G$

- Définitions de 2 macro-éléments associés à ces bases modales : opérateur MACR_ELEM_DYNA [U4.55.05]

- Définition du modèle généralisé : opérateur DEFI_MODELE_GENE [U4.55.06] :

  Sous_structure_1 : $CYLINDR0$: correspond au cylindre de gauche (maillé)
  Sous_structure_2 : $CYLINDR1$: correspond au cylindre de droite (non maillé)
  Cette deuxième sous-structure est déduite de la première par rotation de -90°.
  ANGL_NAUT : (-90.,0.,0.)
  Liaison : EST et SUD
  Cette définition des deux sous-structures permet à DEFI_MODELE_GENE de calculer la translation entre les deux sous-structures.

- Création d'un profil ligne de ciel plein à partir du modèle généralisé défini : opérateur NUME_DDL_GENE [U4.55.07]

- Assemblage des matrices de raideur et de masse généralisées : opérateur ASSE_MATR_GENE [U4.55.08]

- Calcul de la matrice de masse ajoutée à partir du Modèle Généralisé défini :

  Les bases modales attachées à chacune des deux sous-structures définissent des champs aux nœuds de déplacement à l'emplacement de la 1ère sous-structure dans le maillage. L'opérateur CALC_MATR_AJOU [U4.55.10] transporte le champ aux nœuds correspondant à la base modale de la deuxième sous-structure via la translation et la rotation définies plus haut pour l'affecter à l'emplacement de la deuxième sous-structure dans le maillage. Le calcul de la masse ajoutée s'effectue donc suite à ce déplacement de champ aux nœuds : on peut ainsi calculer la masse ajoutée sur la 1ère sous-structure, la masse ajoutée sur la seconde sous-structure ainsi que le terme de couplage entre les deux sous-structures, compte tenu de l'environnement fluide de chacune des sous-structures.

- Sommation de la matrice de masse assemblée généralisée à la matrice de masse ajoutée : COMB_MATR_ASSE [U4.53.01]

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

- Calcul des modes propres de la structure globale immergée : CALC_MODES [U4.52.02].

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