

## FDLV102 - Masse ajoutée calculée sur un modèle généralisé

---

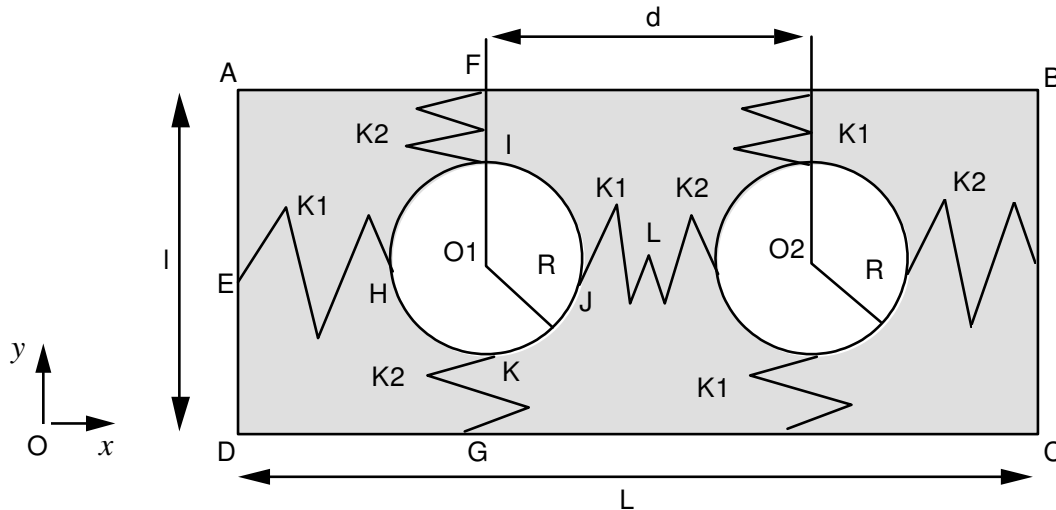
### Résumé :

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.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



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

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

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

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

Solide : Acier

$$\rho_s = 7800.0 \text{ Kg.m}^{-3} \quad E = 2.E11 \text{ Pa} \quad \nu = 0.3$$

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

Element discret du type  $K\_T\_D\_L$  :

$$K_1 = (1.E7 \ 1.E7) \text{ N/m}$$

$$K_2 = (1.1.E8 \ 1.E8) \text{ N/m}$$

### 1.3 Conditions aux limites et chargement

Sans objet pour le calcul de masse ajoutée.

## 1.4 Conditions initiales

Sans objet pour le calcul de masse ajoutée.

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

Ces modes peuvent être déterminés analytiquement [bib1].

Le calcul Code\_Aster fournit pour les fréquences propres en air :

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

#### 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) :

$m_{11} = 300.67 \text{ kg/m}$   $m_{12} = 0.001 \text{ kg/m}$   
 $m_{13} = 269.98 \text{ kg/m}$   $m_{14} = 0.009 \text{ kg/m}$   
 $m_{22} = 269.98 \text{ kg/m}$   $m_{23} = 0.009 \text{ kg/m}$   
 $m_{24} = 31.05 \text{ kg/m}$   $m_{33} = 301.71 \text{ kg/m}$   
 $m_{34} = -0.011 \text{ kg/m}$   $m_{44} = 269.86 \text{ kg/m}$

#### 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 :  $f'_1 = 15.8782 \text{ Hz}$  mode 2 :  $f'_2 = 16.7811 \text{ Hz}$   
mode 3 :  $f'_3 = 39.0389 \text{ Hz}$  mode 4 :  $f'_4 = 53.0488 \text{ Hz}$

### 2.2 Résultats de référence

Fréquences propres déterminées par Code\_Aster dans un calcul direct.

### 2.3 Références bibliographiques

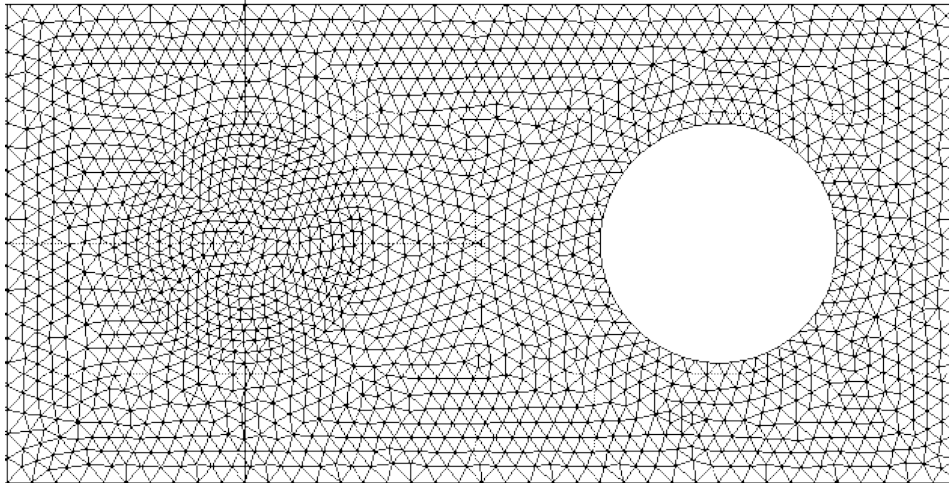
1. R. J GIBERT - Vibrations des Structures . Interactions avec des fluides. Eyrolles (1988).

## 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

---

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.))
```

## 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  $-90^\circ$ .
  - `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.
- Somme de la matrice de masse assemblée généralisée à la matrice de masse ajoutée : `COMB_MATR_ASSE` [U4.53.01]



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