

## FDLV102 - Masse ajoutée calculée sur un modèle généralisé

---

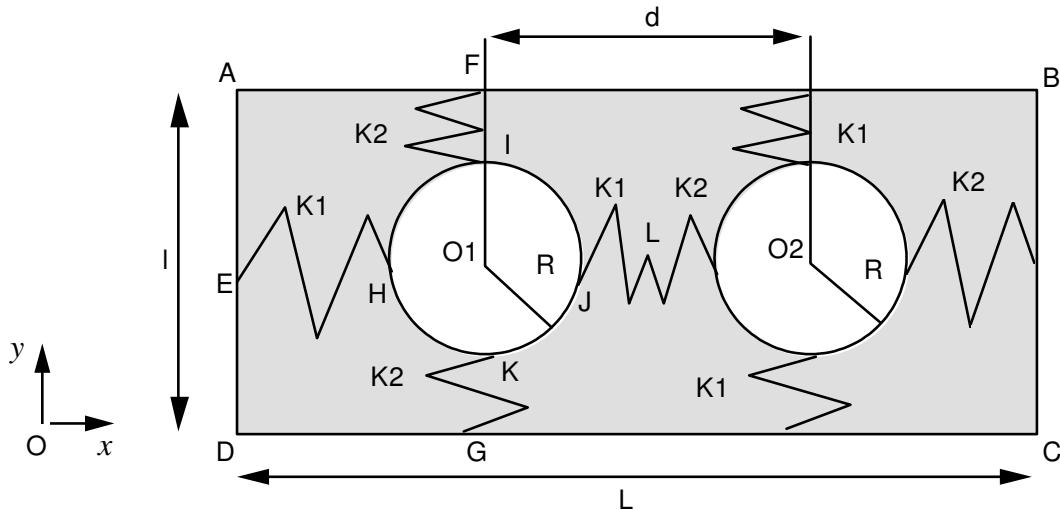
### Résumé :

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  $\text{m}$ ) :

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

### 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  $K\_T\_D\_L$  :  $K_1 = (1.E7 1.1.E7) \text{ N/m}$   
 $K_2 = (1.1.E8 1.E8) \text{ N/m}$

### 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 $Ox$               |
| 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 : | $f_1 = 17.3555 \text{ Hz}$ | 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

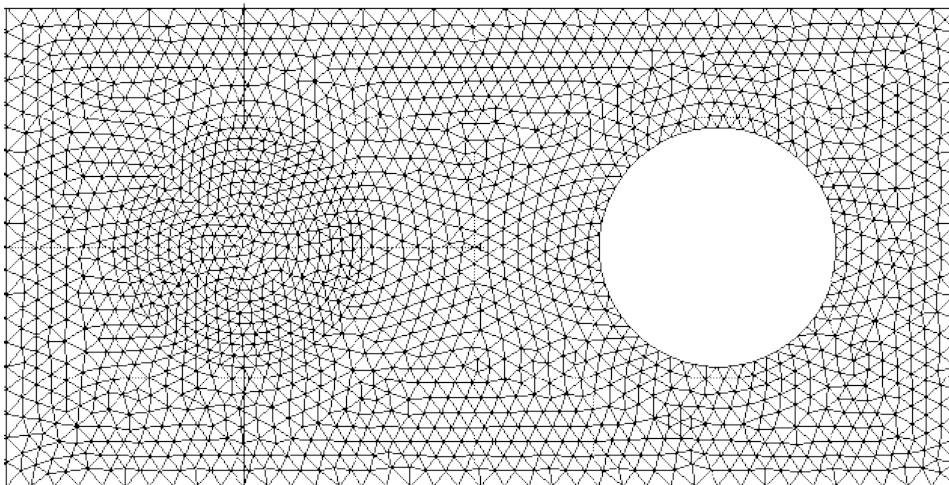
1. R. J GIBERT - Vibrations des Structures . Interactions avec des fluides. Eyrolles (1988).

## 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<br>calcul direct | Aster<br>calcul avec<br>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>i</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 constraint : déplacement unitaire sur  $PBLOC2=L$

*BAMO2* : deux modes dynamiques et un mode constraint : 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\_structre\_1 : *CYLINDR0* : correspond au cylindre de gauche (maillé)

Sous\_structre\_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]

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