

**Manuel de Validation**  
**Fascicule V8.01 : Fluide**  
**Document V8.01.102**

## **FDLV102 - Masse ajoutée calculée sur un modèle généralisé**

---

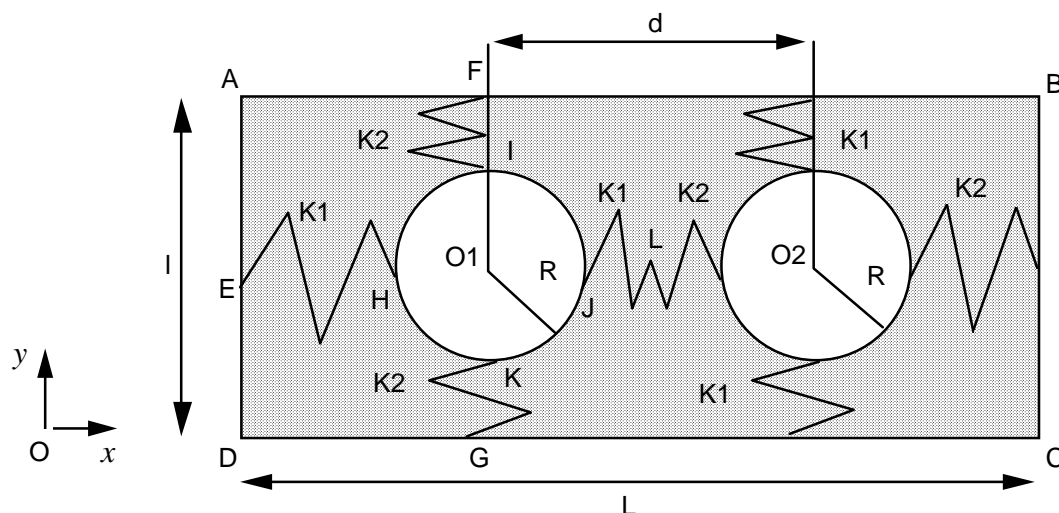
### **Résumé :**

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

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

**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 :  $K_1 = (1.E7 \quad 1. \quad 1.E7) \text{ N/m}$   
 $K_2 = (1. \quad 1.E8 \quad 1.E8) \text{ N/m}$

## 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 `MODE_ITER_SIMULT` 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 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 `MODE_ITER_SIMULT` option `PLUS_PETITE` [U4.52.01].

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 ASTER dans un calcul direct.

### 2.3 Références bibliographiques

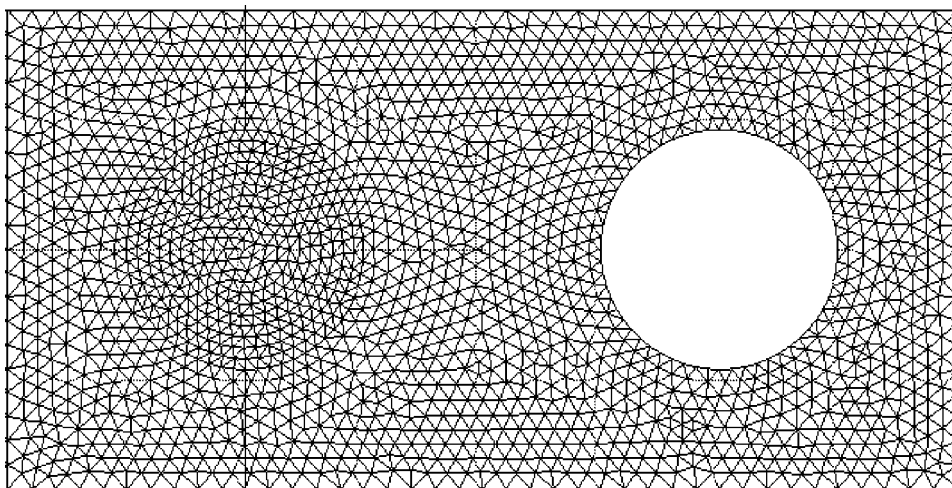
[1] R. J GIBERT - Vibrations des Structures . Interactions avec des fluides. Eyrolles (1988).

## 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 Fonctionnalités testées

Commandes			Clés
AFFE_MODELE	'THERMIQUE'	'PLAN'	[U4.22.01]
CALC_MATR_AJOU	OPTION 'MASS_AJOU'	MODELE_GENE DIST_REFE	[U4.55.10]
NUME_DDL_GENE	'PLEIN'	STOCKAGE	[U4.55.07]
MODE_ITER_SIMULT	'BANDE'	FREQ	[U4.52.01]
	concept matr_asse_gene_r		
COMB_MATR_ASSE	COMB_R concept matr_asse_gene_r		[U4.53.01]

## 4 Résultats de la modélisation A

### 4.1 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

### 4.2 Remarques

Calculs de modes effectués par :

MODE\_ITER\_SIMULT      option : 'bande'      List\_freq : (2. 70. )

### 4.3 Paramètres d'exécution

Version : 3.05.24

Machine : CRAY C98

Encombrement mémoire : 8 mégamots

Système : UNICOS 8.0  
Temps CPU user : 22 secondes

## 5 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 `MODE_ITER_SIMULT` [U4.52.02]
- 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.
- 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 : `MODE_ITER_SIMULT` [U4.52.02].