

Manuel de Validation
Fascicule V8.21 : Acoustique modale
Document : V8.21.100

ADLV100 - Piston couplé à une colonne de fluide

Résumé :

Calcul en couplage fluide acoustique-structure du premier mode d'un système fluide1 - piston fluide 2.

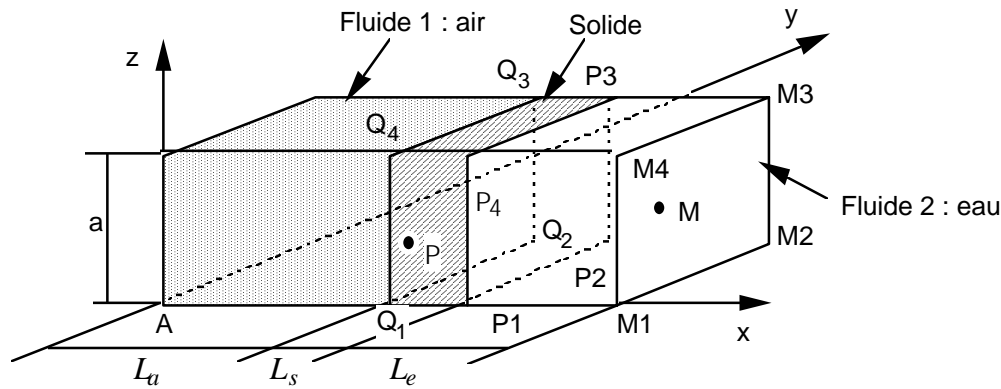
On teste les matrices de rigidité et de masse des éléments de type fluide et de type couplage fluide-structure.

On teste aussi la condition aux limites de type surface libre.

Quatorze modélisations sont testées.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



$$L_a = 0.075, L_s = 0.025, L_e = 0.05 \text{ m}$$

section carrée constante, $a = 0.05 \text{ m}$

ou section circulaire (dans le cas axisymétrique) constante de rayon $R = a = 0.05 \text{ m}$.

1.2 Propriétés des matériaux

solide : $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$

$$\rho_s = 7800 \text{ Kg/m}^3$$

$$\nu = 0.3$$

air : $c_a = 340 \text{ m/s}$

$$\rho_a = 1.2 \text{ Kg/m}^3$$

eau : $c_e = 1400 \text{ m/s}$

$$\rho_e = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

c = célérité du son

c = célérité du son dans le fluide

1.3 Conditions aux limites et chargement

- Pour tous les points M de la face (M1 M2 M3 M4) la pression et le potentiel de déplacement sont nuls (condition de type surface libre),
- pour les points P du solide, on bloque tous les ddl sauf la translation en x afin que ce solide se comporte comme un piston selon l'axe x.

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

Aux basses fréquences, les longueurs d'onde acoustique des mouvements envisagés sont grandes par rapport à la dimension caractéristique du volume fluide ($\omega L / c \ll 1$). Le problème est donc monodimensionnel selon l'axe x.

On montre [bib1] qu'un fluide léger comme l'air agit essentiellement comme une raideur ajoutée tandis qu'un fluide lourd se comporte uniquement comme une masse ajoutée. On peut donc calculer la première fréquence propre du système :

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \text{avec} \quad \begin{aligned} k &= k_{air} = \rho_a c_a^2 \frac{S}{L_a} \\ m &= m_s + m_e = \rho_s L_s S + \rho_e L_e S \end{aligned}$$

Soit,

$$\omega = \sqrt{\frac{\rho_a c_a^2}{L_a (\rho_s L_s + \rho_e L_e)}}$$

Remarque :

| La première pulsation propre ω du système vérifie bien $\omega L / c \ll 1$.

2.2 Références bibliographiques

- [1] GIBERT - Vibrations des Structures . Interactions avec les fluides. Sources d'excitation aléatoires - Collection de la Direction des Etudes et Recherches d'EDF.

4 Résultats de la modélisation A

4.1 Valeurs testées

Fréquence (Hz)		
Référence	Aster	Erreur (%)
13.8285	13.8277	< 0.01

4.2 Remarques

Calculs de modes effectués par :

```
MODE_ITER_SIMULT      OPTION : 'BANDE'  
LIST_FREQ (10., 20.)
```

On ne connaît pas la solution analytique du premier vecteur propre.

Contenu du fichier résultats :

Valeur de la première fréquence propre de vibration du système couplé.

4.3 Paramètres d'exécution

Version :	3.05	Système :	UNICOS 8.0
Machine :	CRAY C90	Temps CPU user :	5.7 secondes
Encombrement mémoire :	8 mégamots		

6 Résultats de la modélisation B

6.1 Valeurs testées

Fréquence (Hz)		
Référence	Aster	Erreur (%)
13.8285	13.8277	< 0.01

6.2 Remarques

Calculs effectués par :

MODE_ITER_SIMULT OPTION : 'BANDE'
Freq (10., 20.)

On ne connaît pas la solution analytique du premier vecteur propre.

Contenu du fichier résultats :

Valeur de la première fréquence propre de vibration du système couplé.

6.3 Paramètres d'exécution

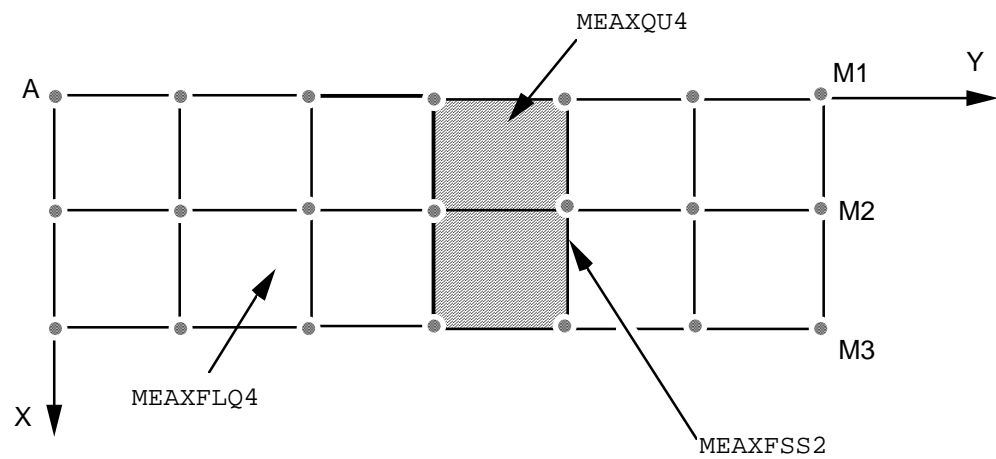
Version : 3.00.10
Machine : CRAY C90
Encombrement mémoire : 8 mégamots

Système : UNICOS 8.0
Temps CPU user : 2.9 secondes

7Modélisation C

7.1Caractéristiques de la modélisation

Eléments MEAXQU4, MEAXFLQ4, MEAXFSS2



Conditions aux limites :
en tous le nœuds de la face M
DDL_IMPO : (GROUP_NO : noeusurf PRES: 0. PHI:0.)
en tous les nœuds du piston
(GROUP_NO : noeupist DY: 0.)
Point M1 --> N019, M2 --> N020, M3 --> N021, A --> N01

7.2Fonctionnalités testées

Commandes				Clés
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	GROUP_NO		[U4.25.01]
DEFI_MATERIAU	ELAS			[U4.23.01]
	FLUIDE			
AFFE_MODELE	'MECANIQUE'	'AXIS_FLUIDE'	GROUP_MA	[U4.22.01]
		'AXIS_FLUI_STRU'		
		'AXIS'		
MODE_ITER_SIMULT	'BANDE'			[U4.52.01]

7.3Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 21
Nombre de mailles et types : 12 QUAD4, 4 SEG2

8 Résultats de la modélisation C

8.1 Valeurs testées

Fréquence (Hz)		
Référence	Aster	Erreur (%)
13.8285	13.8277	< 0.01

8.2 Remarques

Calculs effectués par :

```
MODE_ITER_SIMULT    OPTION : 'BANDE'  
FREQ (10., 20.)
```

On ne connaît pas la solution analytique du premier vecteur propre.

Contenu du fichier résultats :

Valeur de la première fréquence propre de vibration du système couplé.

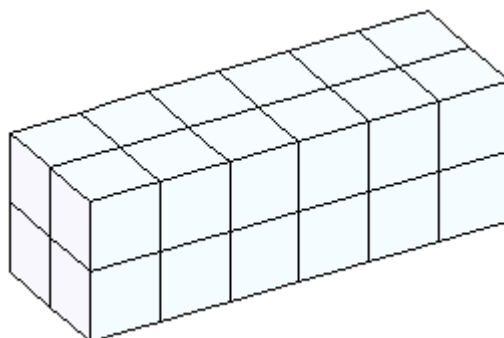
8.3 Paramètres d'exécution

Version :	3.02.04	Système :	UNICOS 8.0
Machine :	CRAY C90	Temps CPU user :	4.6 secondes
Encombrement mémoire :	4 mégamots		

9 Modélisation D

9.1 Caractéristiques de la modélisation

Eléments MECA_HEXA20, MEFL_HEXA20, MESF_QUAD8



Conditions aux limites :

en tous les nœuds de la face M

DDL_IMPO : (GROUP_NO : noeusurf PRES: 0. PHI:0.)

en tous les nœuds du piston

(GROUP_NO : noeupist DY: 0. DZ:0.)

9.2 Fonctionnalités testées

Commandes			Clés
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	GROUP_NO	[U4.25.01]
DEFI_MATERIAU	ELAS		[U4.23.01]
	FLUIDE		
AFFE_MODELE	'MECANIQUE'	'3D_FLUIDE' GROUP_MA	[U4.22.01]
		'FLUI_STRU'	
		'3D'	
MODE_ITER_INV	'AJUSTE'	FREQ	[U4.52.01]

9.3 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 201

Nombre de mailles et types : 24 HEXA20, 8 QUAD8

10 Résultats de la modélisation D

10.1 Valeurs testées

Fréquence (Hz)		
Référence	Aster	Erreur (%)
13.8285	13.8277	-0.006

10.2 Remarques

Calculs de modes effectués par :

```
MODE_ITER_INV      option : 'AJUSTE'  
                  List_freq (10., 20.)
```

On ne connaît pas la solution analytique du premier vecteur propre.

Contenu du fichier résultats :

Valeur de la première fréquence propre de vibration du système couplé.

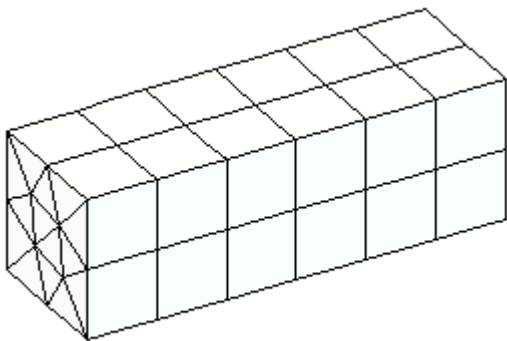
10.3 Paramètres d'exécution

Version .3.07		
Machine : CRAY C90		Système : UNICOS 8.0
Encombrement mémoire : 8 mégamots		Temps CPU user : 9.2 secondes

11 Modélisation E

11.1 Caractéristiques de la modélisation

Eléments MECA_PENTA15, MEFL_PENTA15, MESF_TRIA6



Conditions aux limites :
en tous le nœuds de la face M
DDL_IMPO : (GROUP_NO : noeusurf PRES: 0. PHI:0.)
en tous les nœuds du piston
(GROUP_NO : noeupist DY: 0. DZ:0.)

11.2 Fonctionnalités testées

Commandes				Clés
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	GROUP_NO		[U4.25.01]
DEFI_MATERIAU	ELAS			[U4.23.01]
	FLUIDE			
AFFE_MODELE	'MECANIQUE'	'3D_FLUIDE'	GROUP_MA	[U4.22.01]
		'FLUI_STRU'		
		'3D'		
MODE_ITER_INV	'AJUSTE'	FREQ		[U4.52.01]

11.3 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 331
Nombre de mailles et types : 84 PENTA15, 28 TRIA6

12 Résultats de la modélisation E

12.1 Valeurs testées

Fréquence (Hz)		
Référence	Aster	Erreur (%)
13.8285	13.8277	-0.006

12.2 Remarques

Calculs de modes effectués par :
MODE_ITER_INV option : 'AJUSTE'
List_freq (10., 20.)

On ne connaît pas la solution analytique du premier vecteur propre.

Contenu du fichier résultats :

Valeur de la première fréquence propre de vibration du système couplé.

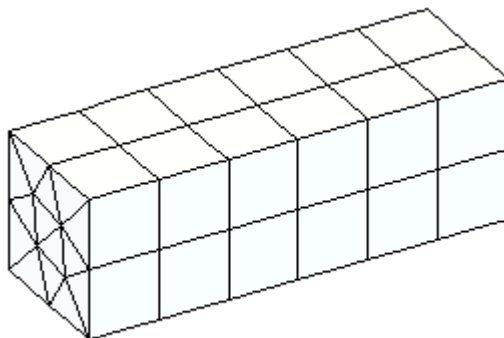
12.3 Paramètres d'exécution

Version .3.07		
Machine : CRAY C90		Système : UNICOS 8.0
Encombrement mémoire : 8 mégamots		Temps CPU user : 18.1 secondes

13 Modélisation F

13.1 Caractéristiques de la modélisation

Eléments MECA_PENTA6, MEFL_PENTA6, MESF_TRIA3



Conditions aux limites :
 en tous le nœuds de la face M

DDL_IMPO : (GROUP_NO : noeusurf PRES: 0. PHI:0.)

en tous les nœuds du piston

(GROUP_NO : noeupist DY: 0. DZ:0.)

13.2 Fonctionnalités testées

Commandes				Clés
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	GROUP_NO		[U4.25.01]
DEFI_MATERIAU	ELAS			[U4.23.01]
	FLUIDE			
AFFE_MODELE	'MECANIQUE'	'3D_FLUIDE'	GROUP_MA	[U4.22.01]
		'FLUI_STRU'		
		'3D'		
MODE_ITER_INV	'AJUSTE'	FREQ		[U4.52.01]

13.3 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 84

Nombre de mailles et types : 84 PENTA6, 28 TRIA3

14 Résultats de la modélisation F

14.1 Valeurs testées

Fréquence (Hz)		
Référence	Aster	Erreur (%)
13.8285	13.8277	-0.006

14.2 Remarques

Calculs de modes effectués par :
MODE_ITER_INV option : 'AJUSTE'
List_freq (10., 20.)

On ne connaît pas la solution analytique du premier vecteur propre.

Contenu du fichier résultats :

Valeur de la première fréquence propre de vibration du système couplé.

14.3 Paramètres d'exécution

Version .3.07		
Machine : CRAY C90		Système : UNICOS 8.0
Encombrement mémoire : 8 mégamots		Temps CPU user : 6.1 secondes

16 Résultats de la modélisation G

16.1 Valeurs testées

Fréquence (Hz)		
Référence	Aster	Erreur (%)
13.8285	13.8277	-0.006

16.2 Remarques

Calculs de modes effectués par :
MODE_ITER_INV option : 'AJUSTE'
List_freq (10., 20.)

On ne connaît pas la solution analytique du premier vecteur propre.

Contenu du fichier résultats :

Valeur de la première fréquence propre de vibration du système couplé.

16.3 Paramètres d'exécution

Version .3.07			
Machine : CRAY C90		Système :	UNICOS 8.0
Encombrement mémoire :	8 mégamots	Temps CPU user :	19.0 secondes

18 Résultats de la modélisation H

18.1 Valeurs testées

Fréquence (Hz)		
Référence	Aster	Erreur (%)
13.8285	13.8277	-0.006

18.2 Remarques

Calculs de modes effectués par :
MODE_ITER_INV option : 'AJUSTE'
List_freq (10., 20.)

On ne connaît pas la solution analytique du premier vecteur propre.

Contenu du fichier résultats :

Valeur de la première fréquence propre de vibration du système couplé.

18.3 Paramètres d'exécution

Version .3.07		
Machine : CRAY C90		Système : UNICOS 8.0
Encombrement mémoire : 8 mégamots		Temps CPU user : 5.5 secondes

20 Résultats de la modélisation I

20.1 Valeurs testées

Fréquence (Hz)		
Référence	Aster	Erreur (%)
13.8285	13.8277	-0.006

20.2 Remarques

Calculs effectués par :

MODE_ITER_INV option : 'AJUSTE'
Freq (10., 20.)

On ne connaît pas la solution analytique du premier vecteur propre.

Contenu du fichier résultats :

Valeur de la première fréquence propre de vibration du système couplé.

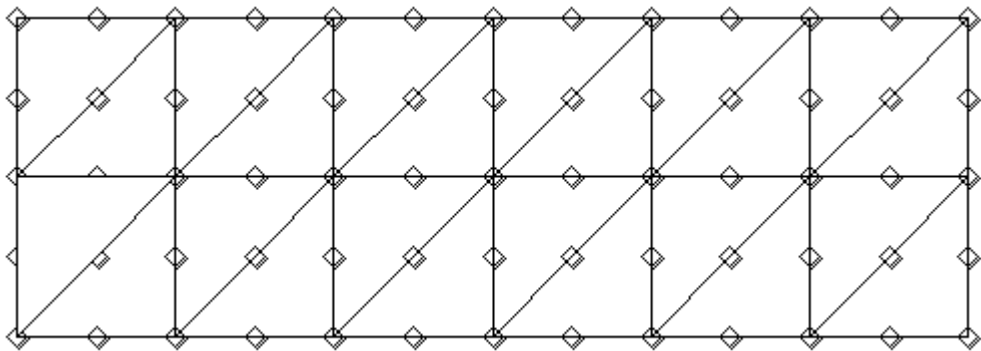
20.3 Paramètres d'exécution

Version : 3.07
Machine : CRAY C90 Système : UNICOS 8.0
Encombrement mémoire : 8 mégamots Temps CPU user : 4.7 secondes

21Modélisation J

21.1Caractéristiques de la modélisation

Eléments MEDPTR6, MEFLTR6, MEFSSE3



Conditions aux limites :
en tous le nœuds de la face M
DDL_IMPO : (GROUP_NO : noeusurf PRES: 0. PHI:0.)
en tous les nœuds du piston
(GROUP_NO : noeupist DY: 0.)

21.2Fonctionnalités testées

Commandes				Clés
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	GROUP_NO		[U4.25.01]
DEFI_MATERIAU	ELAS			[U4.23.01]
	FLUIDE			
AFFE_MODELE	'MECANIQUE'	'2D_FLUIDE'	GROUP_MA	[U4.22.01]
		'2D_FLUI_STRU'		
		'D_PLAN'		
MODE_ITER_INV	'AJUSTE'			[U4.52.01]

21.3Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 65
Nombre de mailles et types : 24 TRIA6 , 4 SEG3

22 Résultats de la modélisation J

22.1 Valeurs testées

Fréquence (Hz)		
Référence	Aster	Erreur (%)
13.8285	13.8277	-0.006

22.2 Remarques

Calculs effectués par :

MODE_ITER_INV option : 'AJUSTE'
Freq (10., 20.)

On ne connaît pas la solution analytique du premier vecteur propre.

Contenu du fichier résultats :

Valeur de la première fréquence propre de vibration du système couplé.

22.3 Paramètres d'exécution

Version : 3.07		
Machine : CRAY C90		Système : UNICOS 8.0
Encombrement mémoire : 8 mégamots		Temps CPU user : 4.9 secondes

24 Résultats de la modélisation K

24.1 Valeurs testées

Fréquence (Hz)		
Référence	Aster	Erreur (%)
13.8285	13.8277	-0.006

24.2 Remarques

Calculs effectués par :

MODE_ITER_INV option : 'AJUSTE'
Freq (10., 20.)

On ne connaît pas la solution analytique du premier vecteur propre.

Contenu du fichier résultats :

Valeur de la première fréquence propre de vibration du système couplé.

24.3 Paramètres d'exécution

Version : 3.07
Machine : CRAY C90
Encombrement mémoire : 8 mégamots

Système : UNICOS 8.0
Temps CPU user : 4.4 secondes

26 Résultats de la modélisation L

26.1 Valeurs testées

Fréquence (Hz)		
Référence	Aster	Erreur (%)
13.8285	13.8277	-0.006

26.2 Remarques

```
MODE_ITER_INV      option : 'AJUSTE'  
                    Freq (10., 20.)
```

On ne connaît pas la solution analytique du premier vecteur propre.

Contenu du fichier résultats :

Valeur de la première fréquence propre de vibration du système couplé.

26.3 Paramètres d'exécution

Version :	3.07		
Machine :	CRAY C90	Système :	UNICOS 8.0
Encombrement mémoire :	4 mégamots	Temps CPU user :	4.7 secondes

28 Résultats de la modélisation M

28.1 Valeurs testées

Fréquence (Hz)		
Référence	Aster	Erreur (%)
13.8285	13.8277	-0.006

28.2 Remarques

```
MODE_ITER_INV      option : 'AJUSTE'  
                    Freq (10., 20.)
```

On ne connaît pas la solution analytique du premier vecteur propre.

Contenu du fichier résultats :

Valeur de la première fréquence propre de vibration du système couplé.

28.3 Paramètres d'exécution

Version :	3.07	Système :	UNICOS 8.0
Machine :	CRAY C90	Temps CPU user :	4.9 secondes
Encombrement mémoire :	4 mégamots		

30 Résultats de la modélisation N

30.1 Valeurs testées

Fréquence (Hz)		
Référence	Aster	Erreur (%)
13.8285	13.8277	-0.006

30.2 Remarques

```
MODE_ITER_INV      option : 'AJUSTE'  
                    Freq (10., 20.)
```

On ne connaît pas la solution analytique du premier vecteur propre.

Contenu du fichier résultats :

Valeur de la première fréquence propre de vibration du système couplé.

30.3 Paramètres d'exécution

Version :	3.07		
Machine :	CRAY C90	Système :	UNICOS 8.0
Encombrement mémoire :	4 mégamots	Temps CPU user :	4.4 secondes

31 Synthèse des résultats

La valeur de la fréquence modale obtenue avec le *Code_Aster* est satisfaisante puisque, avec une discrétisation modérée, elle est égale à 0,01% près à la solution théorique, quel que soit le type de modélisation.