

**Manuel de Validation**  
**Fascicule V2.02 : Dynamique linéaire des poutres**  
**Document : V2.02.014**

## **SDLL14 - Modes de vibration d'un coude de tuyauterie mince**

---

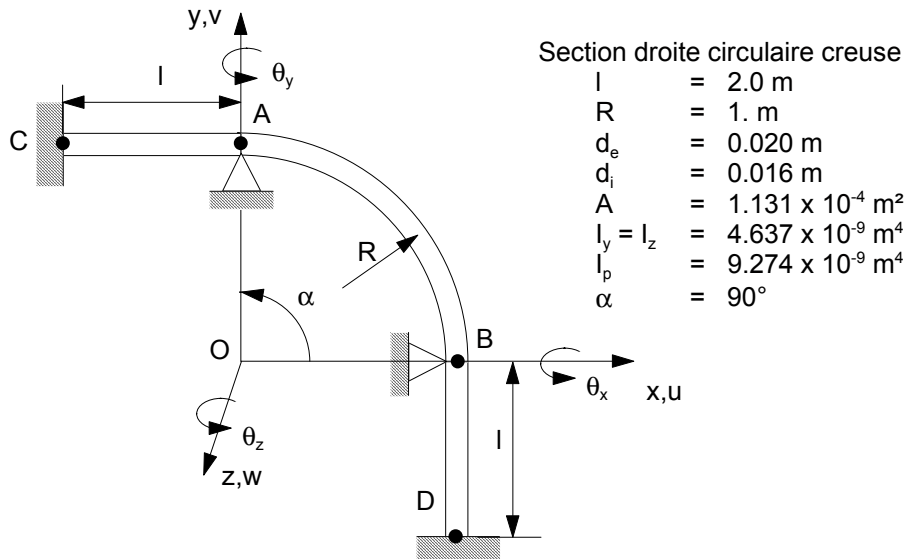
### **Résumé :**

Ce test consiste à rechercher les fréquences propres et les modes de vibration associés d'une tuyauterie coudée. Il permet de valider les modélisations éléments finis TUYAU (SEG3 et SEG4) et TUYAU\_6M (SEG4).

Les résultats obtenus sont comparés à une solution de référence analytique.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



### 1.2 Propriétés du matériau

Les propriétés du matériau constituant la plaque sont :

$E = 2.1 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$       Module d'Young  
 $\nu = 0.3$                       Coefficient de poisson  
 $\rho = 7800. \text{ Kg/m}^3$       Masse volumique

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

- C.L. :
  - sections en C et D encastrées
  - Point A : déplacements suivant y et z nuls
  - Point B : déplacements suivant x et z nuls

### 1.4 Conditions initiales

Sans objet

## 2 Solution de référence

### 2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

La méthode de Rayleigh appliquée à des éléments de poutre droite élancée et à un élément de poutre courbe mince permet de déterminer des paramètres tels que :

- flexion dans le plan :  $f_i = \frac{\lambda_i^2}{2\pi R^2} \sqrt{\frac{EI_z}{\rho A}}$   $i=1,2$  ;
- flexion transverse :  $f_i = \frac{\mu_i^2}{2\pi R^2} \sqrt{\frac{GI_p}{\rho A}}$   $i=1,2$  ;

Les valeurs  $\lambda_i^2$  et  $\mu_i^2$  sont tirées d'une abaque.

Cette formulation n'est utilisable que pour les tuyauterie très élancées :

- Elancement des parties droites supérieur à  $\frac{l}{d_e} > 20$
- Coude mince tel que  $\alpha R > 100 \sqrt{\frac{I_z}{A}}$  avec  $\alpha$ , angle au centre en radian. Il n'est pas nécessaire d'utiliser ici un coefficient de flexibilité du coude.

### 2.2 Résultats de référence

- Quatre premières fréquences propres,
- Quatre premiers modes propres (2 modes transverses, 2 modes dans le plan).
  - Fréquence (mode transverse 1) 17.9 Hz
  - Fréquence (mode dans le plan 1) 24.8 Hz
  - Fréquence (mode transverse 2) 25.3 Hz
  - Fréquence (mode dans le plan 1) 27.0 Hz

### 2.3 Incertitudes sur la solution

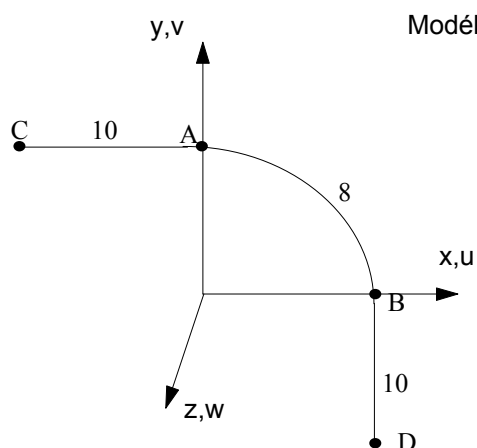
- $\pm 0.1\%$  pour la première fréquence propre transverse,
- $\pm 3\%$  pour les autres fréquences propres.

### 2.4 Références bibliographiques

- [1] VPCS : Guide de validation des progiciels de calcul de structures : « test SDLL14 », SFM, AFNOR technique.
- [2] R.D. Blevins, formulas for natural frequency and mode shape, New York, Van Nostrand, 1979, P. 215.

### 3 Modélisation A

#### 3.1 Caractéristiques de la modélisation



Modélisation TUYAU (SEG3)

Conditions aux limites :

Points C et D :

- DDL de Poutre :  $DX = DY = DZ = DRX = DRY = DRZ = 0$
- DDL de Coque :  $U_{lm} = V_{lm} = W_{lm} = 0$  (m=2,3)
- $U_{Om} = V_{Om} = W_{Om} = 0$  (m=2,3)
- $WI1 = WO1 = WO = 0$

Point A :

- DDL de Poutre :  $DY = DZ = 0$

Point B :

- DDL de Poutre :  $DX = DZ = 0$

#### 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 57

Nombre de mailles et types : 28 SEG3

#### 3.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Mot-clé facteur	Mot-clé
AFFE_MODELE	AFFE	MODELISATION='TUYAU'
AFFE_CARA_ELEM		POUTRE: (SECTION: 'CERCLE')
		ORIENTATION: (CARA: 'GENE_TUYAU'
		VALE : (X Y Z)
MACRO_MATR_ASSE	MATR_ASSE	OPTION='RIGI_MECA'
		OPTION='MASS_MECA'
MODE_ITER_SIMULT	CALC_FREQ	OPTION='PLUS_PETITE'

### 4 Résultats de la modélisation A

#### 4.1 Valeurs testées

Identification	Instants	Référence	Aster	% différence
Fréquence (Hz) Transverse 1		17.9	17.84	-0.308
Fréquence (Hz) dans le plan 1		24.8	24.82	0.083
Fréquence (Hz) Transverse 2		25.3	25.82	2.039
Fréquence (Hz) dans le plan 2		27.0	27.65	2.406

#### 4.2 Paramètres d'exécution

Version : NEW 5.04.20

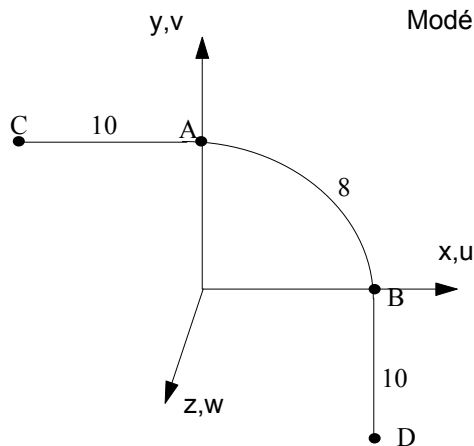
Machine : SGI-Origin2000 R12000

Encombrement mémoire : 16 mégaoctets

Temps CPU User : 13.36 secondes

## 5 Modélisation B

### 5.1 Caractéristiques de la modélisation



Modélisation TUYAU\_6M (SEG3)

Conditions aux limites :

Points C et D :

- DDL de Poutre :  $DX = DY = DZ = DRX = DRY = DRZ = 0$
- DDL de Coque :  $U_{lm} = V_{lm} = W_{lm} = 0$  (m=2,6)
- $U_{Om} = V_{Om} = W_{Om} = 0$  (m=2,6)
- $WI1 = WO1 = WO = 0$

Point A :

- DDL de Poutre :  $DY = DZ = 0$

Point B :

- DDL de Poutre :  $DX = DZ = 0$

### 5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 57

Nombre de mailles et types : 28 SEG3

### 5.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Mot-clé facteur	Mot-clé
AFFE_MODELE	AFFE	MODELISATION='TUYAU_6M'
AFFE_CARA_ELEM		POUTRE: (SECTION: 'CERCLE') ORIENTATION: (CARA: 'GENE_TUYAU' VALE : (X Y Z)
MACRO_MATR_ASSE	MATR_ASSE	OPTION='RIGI_MECA' OPTION='MASS_MECA'
MODE_ITER_SIMULT	CALC_FREQ	OPTION='PLUS_PETITE'

## 6 Résultats de la modélisation B

### 6.1 Valeurs testées

Identification	Instants	Référence	Aster	% différence
Fréquence (Hz) Transverse 1		17.9	17.74	-0.914
Fréquence (Hz) dans le plan 1		24.8	24.67	-0.525
Fréquence (Hz) Transverse 2		25.3	25.66	1.439
Fréquence (Hz) dans le plan 2		27.0	27.49	1.800

### 6.2 Paramètres d'exécution

Version : NEW 5.04.20

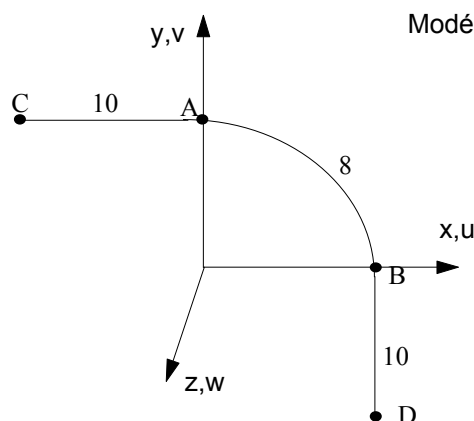
Machine : SGI-Origin2000 R12000

Encombrement mémoire : 16 mégaoctets

Temps CPU User : 42.82 secondes

## 7 Modélisation C

### 7.1 Caractéristiques de la modélisation



Modélisation TUYAU (SEG4)

Conditions aux limites :

Points C et D :

- DDL de Poutre :  $DX = DY = DZ = DRX = DRY = DRZ = 0$ - DDL de Coque :  $U_{lm} = V_{lm} = W_{lm} = 0$  (m=2,3) $U_{Om} = V_{Om} = W_{Om} = 0$  (m=2,3) $W_{I1} = W_{O1} = W_O = 0$ 

Point A :

- DDL de Poutre :  $DY = DZ = 0$ 

Point B :

- DDL de Poutre :  $DX = DZ = 0$ 

### 7.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 85

Nombre de mailles et types : 28 SEG4

### 7.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Mot-clé facteur	Mot-clé
CREA_MAILLAGE	MODI_MAILLE	OPTION: 'SEG3_4'
AFFE_MODELE	AFFE	MODELISATION= 'TUYAU'
AFFE_CARA_ELEM		POUTRE: (SECTION: 'CERCLE')
		ORIENTATION: (CARA: 'GENE_TUYAU'
		VALE : (X Y Z)
MACRO_MATR_ASSE	MATR_ASSE	OPTION= 'RIGI_MECA'
		OPTION= 'MASS_MECA'
MODE_ITER_SIMULT	CALC_FREQ	OPTION= 'PLUS_PETITE'

## 8 Résultats de la modélisation C

### 8.1 Valeurs testées

Identification	Instants	Référence	Aster	% différence
Fréquence (Hz) Transverse 1		17.9	17.66	-1.332
Fréquence (Hz) dans le plan 1		24.8	24.45	-1.400
Fréquence (Hz) Transverse 2		25.3	24.97	-1.322
Fréquence (Hz) dans le plan 2		27.0	26.75	-0.914

### 8.2 Remarques

Le maillage en SEG4 est obtenu à partir d'un maillage SEG3 avec la commande CREA\_MAILLAGE, MODI\_MAILLE avec l'option 'SEG3\_4'. Il est important que le nœud milieu du SEG3 soit bien au milieu, le Code\_Aster vérifie cette condition avec une tolérance.

### 8.3 Paramètres d'exécution

Version : NEW 5.04.20

Machine : SGI-Origin2000 R12000

Encombrement mémoire : 16 mégaoctets

Temps CPU User : 28.44 secondes

## 9 Synthèse des résultats

---

Les résultats obtenus avec les modélisation TUYAU (SEG3 et SEG4 )et TUYAU\_6M (SEG4) sont satisfaisants. L'écart maximum observé est inférieur à 2.1%.

Page laissée intentionnellement blanche.