

**Manuel de Validation****Fascicule V2.01 : Dynamique linéaire des systèmes discrets****Document V2.01.027**

# **SDLD27 - Système masse-ressort à 8 degrés de liberté avec amortisseur visqueux non proportionnel (analyse modale)**

**Résumé :**

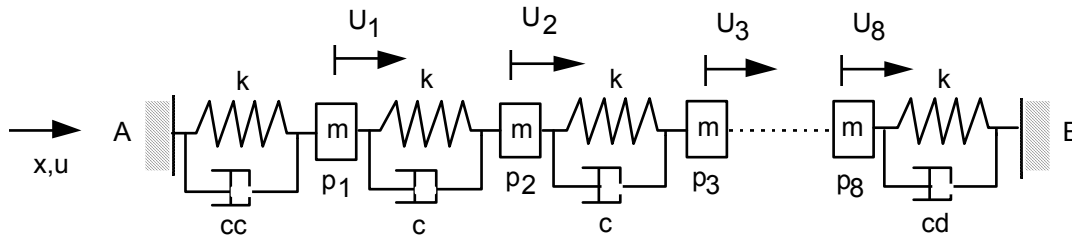
Ce problème bidimensionnel consiste à rechercher les fréquences, les modes de vibration et les amortissements d'une structure mécanique composée de masses, de ressorts et d'amortisseurs visqueux. Ce cas-test de Mécanique des Structures correspond à une analyse dynamique d'un modèle discret ayant un comportement linéaire.

Ce test permet une validation complète des options de modélisation discrète de rigidité, d'amortissement visqueux et de masse (sans éléments finis) offertes par la commande `AFFE_CARA_ELEM` [U4.42.01]. Cinq modélisations différentes sont proposées : la modélisation des éléments discrets est soit en translation, soit en translation/rotation et est écrite soit en repère global, soit en repère local. Par ailleurs, différentes fonctionnalités des commandes `MODE_ITER_INV` [U4.52.04] (recherche de valeurs propres par itération inverse), `MODE_ITER_SIMULT` [U4.52.03] (recherche de valeurs propres par la méthode de Lanczos) et `NORME_MODE` [U4.52.11] (définition de la norme d'un vecteur propre) sont testées pour ce problème quadratique.

Ce test fait référence à un test VPCS, mais il a été modifié. En effet, le test *Aster* oriente le système mécanique sur un axe  $3y = 4x$ , ce qui permet de valider l'entrée des données en repère local. Les résultats obtenus sont en bon accord avec les résultats de référence.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



Masses ponctuelles :

$$m_{P1} = m_{P2} = m_{P3} = \dots = m_{P8} = m$$

Raideurs de liaison :

$$k_{AP1} = k_{P1P2} = k_{P2P3} = \dots = k_{P8B} = k$$

Amortissement visqueux :

$$c_{P1P2} = c_{P2P3} = \dots = c_{P7P8} = c$$

$$c_{AP1} = cc$$

$$c_{P8B} = cd$$

### 1.2 Propriétés de matériaux

Ressort de translation élastique linéaire

$$k = 10^5 \text{ N/m}$$

Masse ponctuelle

$$m = 10 \text{ kg}$$

Amortisseurs visqueux unidirectionnels

$$c = 50 \text{ N/(m/s)}$$

$$cc = 250 \text{ N/(m/s)}$$

$$cd = 25 \text{ N/(m/s)}$$

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

Points A et B encastres : ( $u = 0$ ).

### 1.4 Conditions initiales

Sans objet pour l'analyse modale.

## 2 Solution de référence

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

La solution de référence est celle donnée dans la fiche SDLD27 du guide VPCS.

Le problème conduit à rechercher les valeurs propres et vecteurs propres du système dissipatif suivant :

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{u}} + \mathbf{C}\dot{\mathbf{u}} + \mathbf{K}\mathbf{u} = 0$$

avec  $\mathbf{M}$  matrice de masse,  $\mathbf{C}$  matrice d'amortissement,  $\mathbf{K}$  matrice de rigidité.

On associe à ce problème dissipatif, le problème conservatif :  $\mathbf{K}\mathbf{u} + \mathbf{M}\ddot{\mathbf{u}} = 0$ . Sous forme harmonique, il s'écrit  $\mathbf{K} - \omega^2 \mathbf{M} = 0$ .

Soient  $\Lambda = [\omega_v^2]$  la matrice diagonale spectrale des valeurs propres de ce système conservatif et  $\phi = [\phi_v]$  la matrice correspondante des vecteurs propres.

Les  $\phi_v$  sont normalisés tels que :  $\phi^T \mathbf{M} \phi = \text{Id}$   $\phi^T \mathbf{K} \phi = \Lambda$ .

Les solutions du système dissipatif sont de la forme :

$$\mathbf{u} = \mathbf{u}_o e^{st} \text{ d'où } (\mathbf{M}s^2 + \mathbf{C}s + \mathbf{K})\mathbf{u}_o = 0.$$

On décompose  $\mathbf{u}_o$  dans la base des  $\phi_v$ . On a alors  $\mathbf{u}_o = \phi \mathbf{q}$ , d'où :

$$(\mathbf{I}s^2 + \gamma s + \Lambda)\mathbf{q} = 0 \text{ avec } \gamma = \phi^T \mathbf{C} \phi \text{ (matrice pleine)}$$

Ce problème aux valeurs propres est résolu par une méthode de puissance inverse en prenant pour estimation initiale  $s_v = j\omega_v$ .

### 2.2 Résultats de référence

Les 8 amortissements et fréquences propres du système, ainsi que le 1<sup>er</sup> et le 8<sup>ième</sup> mode (complexes).

### 2.3 Incertitude sur la solution

Solution semi-analytique.

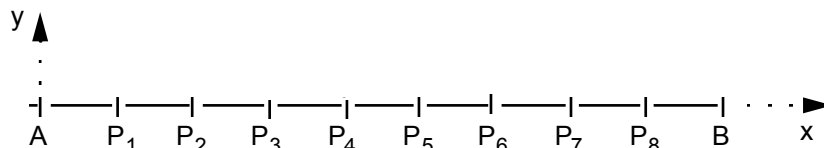
### 2.4 Références bibliographiques

- [1] J. PIRANDA - Notice d'utilisation du logiciel d'analyse modale MODAN - Version 0.2 (1990)  
Laboratoire de Mécanique Appliquée - Université de Franche-Comté - Besançon (France)
- [2] Guide VPCS. Complément Groupe Dynamique. Septembre 94

### 3 Modélisation A

#### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

Elément discret de rigidité en translation DIS\_T



Caractéristiques des éléments

DISCRET :

avec masses nodales

en tous les nœuds

M\_T\_D\_N

en repère absolu

(m = 10.)

matrices de rigidité

en toutes les mailles

M\_T\_D\_L

en repère absolu

(K<sub>x</sub> = 1.10<sup>5</sup>)

matrices d'amortissement

mailles internes

A\_T\_D\_L

en repère absolu

(C<sub>x</sub> = 50.)

maille initiale

A\_T\_D\_L

en repère absolu

(C<sub>x</sub> = 250.)

maille finale

A\_T\_D\_L

en repère absolu

(C<sub>x</sub> = 25.)

Conditions limites :

DDL\_IMPO :

( TOUT : 'OUI' DY : 0. , DZ : 0. )

aux nœuds extrémités

( NŒUD : ( A B ) DX : 0. )

Noms des nœuds : A, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, ..., P<sub>8</sub>, B

#### 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds :

10

Nombre de mailles et types :

9 SEG2 et 8 POI1

#### 3.3 Fonctionnalités testées

##### Commandes

AFFE_CARA_ELEM	DISCRET	GROUP_MA	'K_T_D_L'
			'A_T_D_L'
		NOEUD	'M_T_D_N'
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	TOUT	
	LIAISON_DDL	NOEUD	
AFFE_MATERIAU	TOUT		
AFFE_MODELE	TOUT	'MECANIQUE'	'DIS_T'
	GROUP_NO		'DIS_T'
DEFI_MATERIAU	ELAS		
MODE_ITER_SIMULT	METHODE	'TRI_DIAG'	
	CALC_FREQ	OPTION	'PLUS_PETITE'
		NMAX_FREQ	
NORM_MODE	NORME	MASS_GENE	

## 4 Résultats de la modélisation A

### 4.1 Valeurs testées

Fréquence	Référence	Aster	% Différence
Ordre du mode propre 1	5.53	5.529	-0.015
Ordre du mode propre 2	10.90	10.896	-0.037
Ordre du mode propre 3	15.93	15.927	-0.019
Ordre du mode propre 4	20.45	20.452	-0.011
Ordre du mode propre 5	24.34	24.336	-0.019
Ordre du mode propre 6	27.49	27.486	-0.019
Ordre du mode propre 7	29.84	29.835	-0.01
Ordre du mode propre 8	31.29	31.295	0.015

Amortissement	Référence	Aster	% Différence
Ordre du mode propre 1	1.521e-2	1.5209e-2	-0.007
Ordre du mode propre 2	2.877e-2	2.8757e-2	-0.043
Ordre du mode propre 3	3.960e-2	3.9565e-2	-0.09
Ordre du mode propre 4	4.709e-2	4.7034e-2	-0.119
Ordre du mode propre 5	5.098e-2	5.0917e-2	-0.1240
Ordre du mode propre 6	5.183e-2	5.1770e-2	-0.126
Ordre du mode propre 7	5.115e-2	5.1084e-2	-0.128
Ordre du mode propre 8	5.036e-2	5.0296e-2	-0.126

Nature du mode propre	Point	Mode propre Référence en 10 <sup>-3</sup> Partie réelle Partie imaginaire	Mode propre Aster Partie réelle Partie imaginaire	% Différence
Translation 1 (D <sub>y</sub> ) Φ <sub>1</sub>	P1	4.07, -4.56	4.0735, -4.5552	0.096
	P2	7.97, -8.28	7.9652, -8.2846	0.058
	P3	10.9, -11.0	10.882, -11.026	0.205
	P4	12.5, -12.5	12.468, -12.541	0.315
	P5	12.5, -12.4	12.594, -12.398	0.168
	P6	11.1, -10.9	11.058, -10.865	0.349
	P7	8.24, -8.04	8.2355, -8.0376	0.045
	P8	4.41, -4.25	4.4055, -4.2529	0.088
Translation 8 (D <sub>y</sub> ) Φ <sub>8</sub>	P1	2.23, -1.14	2.2336, -1.1391	0.15
	P2	-3.71, 2.98	-3.7107, 2.9759	0.087
	P3	4.75, -4.41	4.7547, -4.4145	0.101
	P4	-5.25, 5.27	-5.2487, 5.2688	0.024
	P5	5.14, -5.43	5.1389, -5.4291	0.019
	P6	-4.44, 4.88	-4.4401, 4.8766	0.052
	P7	3.23, -3.69	3.2340, -3.6852	0.128
	P8	-1.66, 2.01	-1.6596, 2.0121	0.081

Mode propre normé à la masse modale unitaire :  $\phi_i^t \mathbf{C} \phi_i + 2 \lambda_i \phi_i^t \mathbf{M} \phi_i = 1$

$\lambda$  : est la valeur propre associée à l'amortissement et à la fréquence propre.

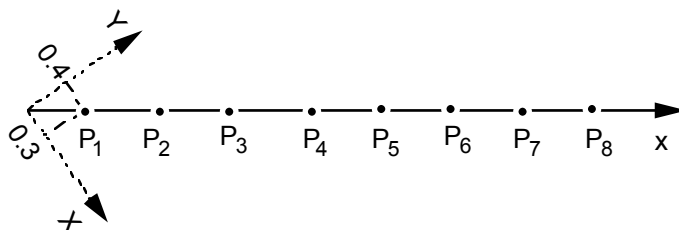
### 4.2 Contenu du fichier résultats

Les 8 amortissements et fréquences propres, ainsi que les vecteurs propres associés.

## 5 Modélisation B

### 5.1 Caractéristiques de la modélisation

Elément discret de rigidité en translation DIS\_T



Caractéristiques des éléments

ORIENTATION : en tous les nœuds avec un angle  $\alpha = 53.130102^\circ$

DISCRET :

avec masses nodales

en tous les nœuds M\_T\_D\_N en repère absolu (m = 10.)

matrices de rigidité

en toutes les mailles K\_T\_D\_L en repère local ( $K_x = 1.10^5$ )

aux nœuds extrémités K\_T\_D\_N en repère local ( $K_x = 1.10^5$ )

matrices d'amortissement

mailles internes A\_T\_D\_L en repère local ( $C_x = 50.$ )

maille initiale A\_T\_D\_N en repère local ( $C_x = 250.$ )

maille finale A\_T\_D\_N en repère local ( $C_x = 25.$ )

Conditions limites :

DDL\_IMPO : ( TOUT : 'OUI' DZ : 0. )

LIAISON\_DDL : ( telle que  $3D_y = 4D_x$  en tous les nœuds )

Noms des nœuds : P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, ..., P<sub>8</sub>

### 5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 8

Nombre de mailles et types : 7 SEG2

Les points P<sub>1</sub> et P<sub>8</sub> sont reliés à un point fictif fixe par des ressorts nodaux (K\_T\_D\_N, A\_T\_D\_N) ce qui permet de ne pas modéliser les nœuds A et B.

### 5.3 Fonctionnalités testées

#### Commandes

AFFE_CARA_ELEM	DISCRET	GROUP_MA	'K_T_D_L'
			'A_T_D_L'
		NOEUD	'K_T_D_N'
			'A_T_D_N'
		GROUP_NO	'M_T_D_N'
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	TOUT	
	LIAISON_DDL	NOEUD	
AFFE_MATERIAU	TOUT		
AFFE_MODELE	TOUT	'MECANIQUE'	'DIS_T'
	GROUP_NO		'DIS_T'
DEFI_MATERIAU	ELAS		
MODE_ITER_INV	CALC_FREQ	OPTION	'AJUSTE'
		FREQ	
NORM_MODE	NORME	MASS_GENE	

## 6 Résultats de la modélisation B

### 6.1 Valeurs testées

Fréquence	Référence	Aster	% Différence
Ordre du mode propre 1	5.53	5.529	0.015
Ordre du mode propre 2	10.90	10.897	0.025
Ordre du mode propre 3	15.93	15.934	0.026
Ordre du mode propre 4	20.45	20.469	0.093
Ordre du mode propre 5	24.34	24.360	0.082
Ordre du mode propre 6	27.49	27.510	0.075
Ordre du mode propre 7	29.84	29.849	0.030
Ordre du mode propre 8	31.29	31.298	0.028

Amortissement	Référence	Aster	% Différence
Ordre du mode propre 1	1.521e-2	1.5208e-2	-0.007
Ordre du mode propre 2	2.877e-2	2.8743e-2	-0.093
Ordre du mode propre 3	3.960e-2	3.9497e-2	-0.259
Ordre du mode propre 4	4.709e-2	4.6910e-2	-0.381
Ordre du mode propre 5	5.098e-2	5.0792e-2	-0.369
Ordre du mode propre 6	5.183e-2	5.1689e-2	-0.270
Ordre du mode propre 7	5.115e-2	5.1056e-2	-0.184
Ordre du mode propre 8	5.036e-2	5.0290e-2	-0.139

Nature du mode propre	Point	Mode propre Référence en 10 <sup>-3</sup> Partie réelle Partie imaginaire	Mode propre Aster Partie réelle Partie imaginaire	% Différence
Translation 1 (D <sub>y</sub> ) Φ <sub>1</sub>	P1	-2.442, 2.736	-2.4440, 2.7331	0.0963
	P2	-4.782, 4.968	-4.7791, 4.9707	0.0577
	P3	-6.54, 6.6	-6.5293, 6.6158	0.2048
	P4	-7.5, 7.5	-7.4801, 7.4725	0.3155
	P5	-7.5, 7.44	-7.5177, 7.4388	0.1679
	P6	-6.66, 6.54	-6.6351, 6.5189	0.3491
	P7	-4.944, 4.824	-4.9413, 4.8226	0.0445
	P8	-2.646, 2.55	-2.6433, 2.5518	0.0877
Translation 8 (D <sub>y</sub> ) Φ <sub>8</sub>	P1	-1.338, 0.684	-1.2892, 0.7585	5.9257
	P2	-2.226, 1.788	-2.2318, 1.7719	0.5976
	P3	-2.85, 2.646	-2.8521, 2.6475	0.0659
	P4	-3.15, 3.162	-3.1509, 3.1548	0.1615
	P5	-3.084, 3.258	-3.0841, 3.2532	0.1064
	P6	-2.664, 2.928	-2.6657, 2.9208	0.1855
	P7	-1.938, 2.214	-1.9401, 2.2089	0.1851
	P8	-0.996, 1.206	-1.0061, 1.1985	0.8025

Mode propre normé à la masse modale unitaire :  $\phi_i^t \mathbf{C} \phi_i + 2 \lambda_i \phi_i^t \mathbf{M} \phi_i = 1$

$\lambda$  : est la valeur propre associée à l'amortissement et à la fréquence propre.

### 6.2 Contenu du fichier résultats

Les 8 amortissements et fréquences propres, ainsi que les vecteurs propres associés.





## 8 Résultats de la modélisation C

### 8.1 Valeurs testées

Fréquence	Référence	Aster	% Différence
Ordre du mode propre 1	5.53	5.529	-0.015
Ordre du mode propre 2	10.90	10.897	-0.025
Ordre du mode propre 3	15.93	15.934	0.026
Ordre du mode propre 4	20.45	20.469	0.0931
Ordre du mode propre 5	24.34	24.360	0.082
Ordre du mode propre 6	27.49	27.510	0.074
Ordre du mode propre 7	29.84	29.849	0.032
Ordre du mode propre 8	31.29	31.298	0.027

Amortissement	Référence	Aster	% Différence
Ordre du mode propre 1	1.521e-2	1.5208e-2	-0.007
Ordre du mode propre 2	2.877e-2	2.8743e-2	-0.093
Ordre du mode propre 3	3.960e-2	3.9497e-2	-0.26
Ordre du mode propre 4	4.709e-2	4.6911e-2	-0.379
Ordre du mode propre 5	5.098e-2	5.0790e-2	-0.373
Ordre du mode propre 6	5.183e-2	5.1691e-2	-0.269
Ordre du mode propre 7	5.115e-2	5.1062e-2	-0.171
Ordre du mode propre 8	5.036e-2	5.0283e-2	-0.151

Nature du mode propre	Point	Mode propre Référence en 10 <sup>-3</sup> Partie réelle Partie imaginaire	Mode propre Aster Partie réelle Partie imaginaire	% Différence
Translation 1 (D <sub>Y</sub> ) Φ <sub>1</sub>	P1	-2.442 , 2.736	-2.4441, 2.7331	0.096
	P2	-4.782 , 4.968	-4.7791, 4.9707	0.058
	P3	-6.54 , 6.6	-6.5293, 6.6158	0.205
	P4	-7.5 , 7.5	-7.5481, 7.4725	0.315
	P5	-7.5 , 7.44	-7.5177, 7.4388	0.168
	P6	-6.66 , 6.54	-6.6351, 6.5189	0.349
	P7	-4.944 , 4.824	-4.9413, 4.8226	0.044
	P8	-2.646 , 2.55	-2.6433, 2.5518	0.088
Translation 8 (D <sub>Y</sub> ) Φ <sub>8</sub>	P1	-1.338 , 0.684	-1.2889, 0.7533	5.651
	P2	-2.226 , 1.788	-2.2326, 1.7638	0.879
	P3	-2.85 , 2.646	-2.8538, 2.6402	0.178
	P4	-3.15 , 3.162	-3.1525, 3.1519	0.233
	P5	-3.084 , 3.258	-3.0846, 3.2560	0.046
	P6	-2.664 , 2.928	-2.6650, 2.9280	0.027
	P7	-1.938 , 2.214	-1.9388, 2.2171	0.11
	P8	-0.996 , 1.206	-1.0050, 1.2038	0.594

Mode propre normé à la masse modale unitaire :  $\phi_i^t \mathbf{C} \phi_i + 2 \lambda_i \phi_i^t \mathbf{M} \phi_i = 1$

$\lambda$  est la valeur propre associée à l'amortissement et à la fréquence propre.

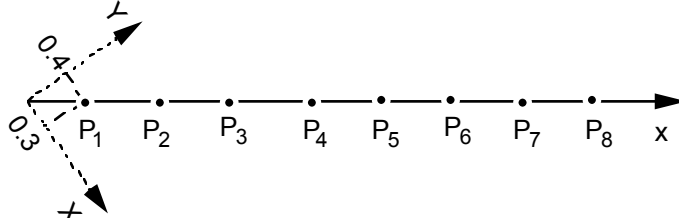
### 8.2 Contenu du fichier résultats

Les 8 amortissements et fréquences propres, ainsi que les vecteurs propres associés.

## 9 Modélisation D

### 9.1 Caractéristiques de la modélisation

Transposition du test de référence au cas des degrés de liberté de rotation (ressort de torsion + inertie) en utilisant l'élément discret de rigidité en translation/rotation.



#### Caractéristiques des éléments

ORIENTATION : en tous les nœuds avec un angle  $\alpha = 53.130102^\circ$

DISCRET :

avec masses nodales

en tous les nœuds

M\_TR\_D\_N

en repère local

(m = 10.)

matrices de rigidité

en toutes les mailles

K\_TR\_D\_L

en repère local

(KR<sub>x</sub> = 1.10<sup>5</sup>)

aux nœuds extrémités

K\_TR\_D\_N

en repère local

(KR<sub>x</sub> = 1.10<sup>5</sup>)

matrices d'amortissement

en toutes les mailles

A\_TR\_D\_L

en repère local

(CR<sub>x</sub> = 50.)

au nœud initial

A\_TR\_D\_N

en repère local

(CR<sub>x</sub> = 250.)

au nœud final

A\_TR\_D\_N

en repère local

(CR<sub>x</sub> = 25.)

#### Conditions limites :

DDL\_IMPO : ( TOUT: 'OUI' DX: 0., DY: 0., DZ: 0., DRZ: 0. )

LIAISON\_DDL : (telle que 3DR<sub>y</sub>=4DR<sub>x</sub> en tous les nœuds)

Noms des nœuds : P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, ..., P<sub>8</sub>

### 9.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 8

Nombre de mailles et types : 7 SEG2

Les nœuds P<sub>1</sub> et P<sub>8</sub> sont reliés à un nœud fictif fixe par des ressorts nodaux (K\_TR\_N, A\_TR\_N).

### 9.3 Fonctionnalités testées

#### Commandes

AFFE_CARA_ELEM	DISCRET	GROUP_MA	'K_TR_D_L'
			'A_TR_D_L'
		NOEUD	'K_TR_D_N'
			'A_TR_D_N'
		GROUP_NO	'M_TR_D_N'
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	TOUT	
	LIAISON_DDL	NOEUD	
AFFE_MATERIAU	TOUT		
AFFE_MODELE	TOUT	'MECANIQUE'	'DIS_TR'
	GROUP_NO		'DIS_TR'
DEFI_MATERIAU	ELAS		
MODE_ITER_INV	CALC_FREQ	OPTION	'PROCHE'
		FREQ	
NORM_MODE	NORME	MASS_GENE	

### 9.4 Contenu du fichier résultats

Résultats obtenus avec :

CALC\_FREQ: (LIST\_FREQ: (6., 10., 15., 19., 24., 29., 29., 31.))

CALC\_MODE: (NMAX\_MODE: 75)

## 10 Résultats de la modélisation D

### 10.1 Valeurs testées

Fréquence	Référence	Aster	% Différence
Ordre du mode propre 1	5.53	5.529	-0.015
Ordre du mode propre 2	10.90	10.897	-0.025
Ordre du mode propre 3	15.93	15.934	0.027
Ordre du mode propre 4	20.45	20.469	0.095
Ordre du mode propre 5	24.34	24.359	0.079
Ordre du mode propre 6	27.49	27.512	0.082
Ordre du mode propre 7	29.84	29.853	0.042
Ordre du mode propre 8	31.29	31.293	0.013

Amortissement	Référence	Aster	% Différence
Ordre du mode propre 1	1.521e-2	1.5210e-2	0.003
Ordre du mode propre 2	2.877e-2	2.8747e-2	-0.079
Ordre du mode propre 3	3.960e-2	3.9525e-2	-0.189
Ordre du mode propre 4	4.709e-2	4.6924e-2	-0.352
Ordre du mode propre 5	5.098e-2	5.0899e-2	-0.159
Ordre du mode propre 6	5.183e-2	5.1550e-2	-0.539
Ordre du mode propre 7	5.115e-2	5.1180e-2	-0.059
Ordre du mode propre 8	5.036e-2	5.0160e-2	-0.396

Nature du mode propre	Point	Mode propre Référence en 10 <sup>-3</sup> Partie réelle Partie imaginaire	Mode propre Aster Partie réelle Partie imaginaire	% Différence
Rotation 1 (DR <sub>x</sub> ) Φ <sub>1</sub>	P1	-2.442 , 2.736	-2.4438, 2.7338	0.076
	P2	-4.782 , 4.968	-4.7789, 4.9712	0.064
	P3	-6.54 , 6.6	-6.5293, 6.6160	0.207
	P4	-7.5 , 7.5	-7.4810, 7.4724	0.316
	P5	-7.5 , 7.44	-7.5177, 7.4387	0.169
	P6	-6.66 , 6.54	-6.6352, 6.5187	0.350
	P7	-4.944 , 4.824	-4.9414, 4.8227	0.045
	P8	-2.646 , 2.55	-2.6434, 2.5515	0.082
Rotation 8 (DR <sub>x</sub> ) Φ <sub>8</sub>	P1	-1.338 , 0.684	-1.2674, 0.6692	4.799
	P2	-2.226 , 1.788	-2.2225, 1.6307	5.509
	P3	-2.85 , 2.646	-2.8626, 2.5198	3.261
	P4	-3.15 , 3.162	-3.1703, 3.1001	1.458
	P5	-3.084 , 3.258	-3.1022, 3.2965	0.949
	P6	-2.664 , 2.928	-2.6763, 3.0414	2.883
	P7	-1.938 , 2.214	-1.9423, 2.3489	4.590
	P8	-0.996 , 1.206	-1.0038, 1.2906	5.437

Mode propre normé à la masse modale unitaire :  $\phi_i^t \mathbf{C} \phi_i + 2 \lambda_i \phi_i^t \mathbf{M} \phi_i = 1$

$\lambda$  est la valeur propre associée à l'amortissement et à la fréquence propre.

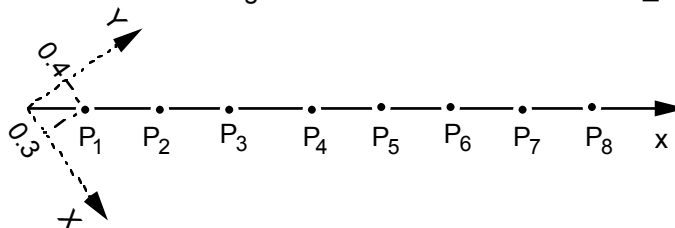
### 10.2 Contenu du fichier résultats

Les 8 amortissements et fréquences propres, ainsi que les vecteurs propres associés.

## 11 Modélisation E

### 11.1 Caractéristiques de la modélisation

Transposition du test de référence au cas des degrés de liberté de rotation (ressort de torsion + inertie) en utilisant l'élément discret de rigidité en translation/rotation : DIS\_TR



#### Caractéristiques des éléments

ORIENTATION : en tous les nœuds avec un angle  $\alpha = 53.130102^\circ$

DISCRET :

avec masses nodales

en tous les nœuds M\_TR\_N en repère local ( $I_{xx} = 10.$ )

matrices de rigidité

en toutes les mailles K\_TR\_L en repère local ( $KR_x = 1.10^5$ )

aux nœuds extrémités K\_TR\_N en repère local ( $KR_x = 1.10^5$ )

matrices d'amortissement

en toutes les mailles A\_TR\_L en repère local ( $CR_x = 50.$ )

au nœud initial A\_TR\_N en repère local ( $CR_x = 250.$ )

au nœud final A\_TR\_N en repère local ( $CR_x = 25.$ )

#### Conditions limites :

DDL\_IMPO : ( TOUT : 'OUI' DX : 0., DY : 0., DZ : 0., DRZ : 0. )

LIAISON\_DDL : ( telle que  $3DR_y = 4DR_x$  en tous les nœuds )

Noms des nœuds : P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, ..., P<sub>8</sub>

### 11.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 8

Nombre de mailles et types : 7 SEG2

Les nœuds P<sub>1</sub> et P<sub>8</sub> sont reliés à un nœud fictif fixe par des ressorts nodaux (K\_TR\_N, A\_TR\_N).

### 11.3 Fonctionnalités testées

#### Commandes

AFFE_CARA_ELEM	DISCRET	GROUP_MA	'K_TR_L'
			'A_TR_L'
		NOEUD	'K_TR_N'
			'A_TR_N'
		GROUP_NO	'M_TR_N'
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	TOUT	
	LIAISON_DDL	NOEUD	
AFFE_MATERIAU	TOUT		
AFFE_MODELE	TOUT	'MECANIQUE'	'DIS_TR'
	GROUP_NO		'DIS_TR'
DEFI_MATERIAU	ELAS		
MODE_ITER_SIMULT	METHODE	'TRI_DIAG'	
	CALC_FREQ	OPTION	'CENTRE'
		FREQ	
		NMAX_FREQ	
NORM_MODE	NORME	MASS_GENE	

## 12 Résultats de la modélisation E

### 12.1 Valeurs testées

Fréquence	Référence	Aster	% Différence
Ordre du mode propre 1	5.53	5.529	0.0154
Ordre du mode propre 2	10.90	10.896	0.0374
Ordre du mode propre 3	15.93	15.927	0.0190
Ordre du mode propre 4	20.45	20.452	0.0113
Ordre du mode propre 5	24.34	24.336	0.0185
Ordre du mode propre 6	27.49	27.487	0.0105
Ordre du mode propre 7	29.84	29.835	0.0163
Ordre du mode propre 8	31.29	31.295	0.0154

Amortissement	Référence	Aster	% Différence
Ordre du mode propre 1	1.521e-2	1.5209e-2	-0.007
Ordre du mode propre 2	2.877e-2	2.8757e-2	-0.043
Ordre du mode propre 3	3.960e-2	3.9565e-2	-0.09
Ordre du mode propre 4	4.709e-2	4.7034e-2	-0.119
Ordre du mode propre 5	5.098e-2	5.0917e-2	-0.124
Ordre du mode propre 6	5.183e-2	5.1764e-2	-0.126
Ordre du mode propre 7	5.115e-2	5.1084e-2	-0.128
Ordre du mode propre 8	5.036e-2	5.0296e-2	-0.126

Nature du mode propre	Point	Mode propre Référence en 10 <sup>-3</sup> Partie réelle Partie imaginaire	Mode propre Aster Partie réelle Partie imaginaire	% Différence
Rotation 1 (DRx) $\Phi_1$	P1	-2.442 , 2.736	-2.4440, 2.7331	0.096
	P2	-4.782 , 4.968	-4.7791, 4.9707	0.058
	P3	-6.54 , 6.6	-6.5293, 6.6158	0.205
	P4	-7.5 , 7.5	-7.5481, 7.4725	0.315
	P5	-7.5 , 7.44	-7.5177, 7.4388	0.168
	P6	-6.66 , 6.54	-6.6351, 6.5189	0.349
	P7	-4.944 , 4.824	-4.9413, 4.8226	0.045
	P8	-2.646 , 2.55	-2.6433, 2.5518	0.088
Rotation 8 (DRx) $\Phi_8$	P1	-1.338 , 0.684	-1.3401, 0.6834	0.150
	P2	-2.226 , 1.788	-2.2264, 1.7855	0.087
	P3	-2.85 , 2.646	-2.8528, 2.6488	0.101
	P4	-3.15 , 3.162	-3.1492, 3.1613	0.024
	P5	-3.084 , 3.258	-3.0833, 3.2575	0.019
	P6	-2.664 , 2.928	-2.6640, 2.9259	0.052
	P7	-1.938 , 2.214	-1.9404, 2.2111	0.128
	P8	-0.996 , 1.206	-0.9958, 1.2072	0.081

Mode propre normé à la masse modale unitaire :  $\phi_i^t \mathbf{C} \phi_i + 2 \lambda_i \phi_i^t \mathbf{M} \phi_i = 1$

$\lambda$  : est la valeur propre associée à l'amortissement et à la fréquence propre.

### 12.2 Contenu du fichier résultats

Les 8 amortissements et fréquences propres, ainsi que les vecteurs propres associés.

## 13 Synthèse des résultats

Pour toutes les options de modélisation des éléments discrets de rigidité, de masse et d'amortissement offertes par `AFFE_CARA_ELEM` les solutions obtenues sont celles de la solution de référence (fréquences et modes propres).