

Manuel de Validation
Fascicule V2.02 : Dynamique linéaire des poutres
Document V2.02.001

SDLL01 - Poutre courte sur appuis simples

Résumé :

Ce problème bidimensionnel consiste à rechercher les fréquences de vibration d'une structure mécanique composée d'une poutre en appuis simples à ses deux extrémités. Ce cas test de Mécanique des Structures correspond à une analyse dynamique d'un modèle linéique ayant un comportement linéaire. On étudie l'influence de la position des points considérés comme points d'appuis (points sur la fibre neutre ou points excentrés à la base de la poutre) par rapport à la fibre neutre d'une poutre épaisse.

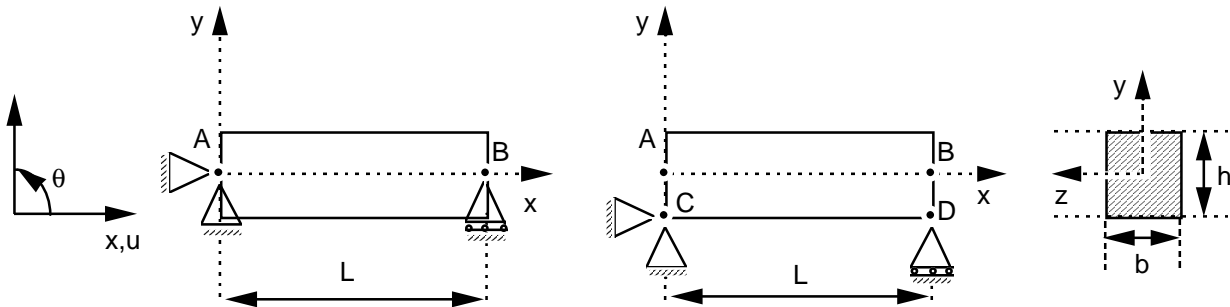
Ce test qui ne comporte qu'une seule modélisation, permet de tester une partie des fonctionnalités qui concernent les poutres de Timoshenko, les liaisons rigides et la recherche de fréquences propres par itérations inverses.

Les résultats obtenus, soit avec les points d'appuis sur la fibre neutre, soit avec les points d'appuis excentrés sont comparés aux résultats VPCS. Dans la deuxième configuration, la solution de référence est une moyenne des résultats de plusieurs progiciels.

Quand les points d'appuis sont excentrés, on observe un couplage entre les différents modes de traction-compression et de flexion.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Section droite rectangulaire :

hauteur : $h = 0.2 \text{ m}$
 largeur : $b = 0.1 \text{ m}$
 aire : $A = 2.10^{-2} \text{ m}^2$
 inertie : $I_z = 6.667 \cdot 10^{-5}$
 cisaillement : $A_y = A_z = 1.17692$
 torsion : $J_x = 0.45776042 \cdot 10^{-4}$

Longueur de la poutre

$L : 1. \text{ m}$

Coordonnées des points (m) :

	A	B	C	D
x	0.	1.	0.	1.
y	0.	0.	-0.1	-0.1

1.2 Propriétés de matériaux

$E = 2.10^{11} \text{ Pa}$

$\nu = 0.3$

$\rho = 7\,800. \text{ kg/m}^3$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Problème 1 :	Point A	$u = v = 0.$	Point B	$v = 0.$
Problème 2 :	Point C	$u = v = 0.$	Point D	$v = 0.$

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 SDLL01/89 du guide VPCS qui présente la méthode de calcul de la façon suivante :

Problème 1 : Calcul analytique

L'équation de flexion des poutres non élancées donne la formulation de Timoshenko, en superposant les effets de la flexion simple, des déformations d'effort tranchant et l'inertie de rotation.

Les fréquences propres de référence sont déterminées par une simulation numérique de cette équation, indépendante de tout progiciel.

Les fréquences propres en traction-compression sont données par :

$$f_i = \frac{\lambda_i}{2\pi L} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \text{avec} \quad \lambda_i = \frac{(2i-1)}{2} \pi \quad i = 1, 2, \dots$$

Problème 2 :

Le problème n'ayant pas de solution analytique, la solution est établie par moyenne de plusieurs progiciels : modèle de Timoshenko avec effet des déformations d'effort tranchant et de l'inertie de rotation.

Les modes de flexion et de traction-compression sont couplés.

2.2 Résultats de référence

Problème 1 : 6 premiers modes propres.

Problème 2 : 5 premiers modes propres.

2.3 Incertitude sur la solution

Problème 1 : solution analytique.

Problème 2 : ± 0.1 %

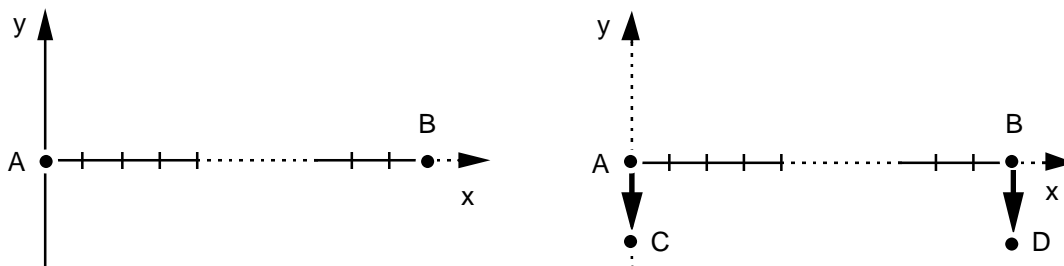
2.4 Références bibliographiques

- [1] S.P. TIMOSHENKO, D.H. YOUNG, W. WEAVER. Vibrations Problems in Engineering. New-York : Wiley & Sons, 4^e édition, p. 415 (1974).

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise l'élément de poutre droite de Timoshenko : POU_D_T



Problème 1 :

Découpage : poutre AB : 40 mailles SEG2

Conditions limites :

en tous les nœuds

en A :

en B :

```
DDL_IMPO: ( GROUP_NO : AB DZ : 0., DRX:0, DRY: 0.)
           ( NOEUD: A   DX: 0., DY: 0. )
           ( NOEUD: B   DY: 0. )
```

Problème 2 :

Découpage : poutre AB : 40 mailles SEG2

2 éléments rigides AC, BC : 2 mailles SEG2

Conditions limites :

en tous les nœuds

en C :

en D :

```
DDL_IMPO: ( TOUT: 'OUI' DZ : 0., DRX:0, DRY: 0.)
           ( NOEUD: C   DX: 0., DY: 0. )
           ( NOEUD: D   DY: 0. )
```

Noms des nœuds :

Point A = N100

Point B = N200

Point C = N300

Point D = N400

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 43

Nombre de mailles et types : 42 SEG2

3.3 Fonctionnalités testées

Commandes				Clés
AFFE_CARA_ELEM	POUTRE	'GENERALE'	TOUT	[U4.24.01]
		'RECTANGLE'	GROUP_MA GROUP_MA	
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	TOUT		[U4.25.01]
		GROUP_NO NOEUD		
AFFE_MATERIAU	GROUP_MA			[U4.23.02]
AFFE_MODELE	'MECANIQUE'	'POU_D_T'	TOUT	[U4.22.01]
			GROUP_MA	
DEFI_MATERIAU	ELAS			[U4.23.01]
MODE_ITER_INV	CALC_FREQ	OPTION	'AJUSTE'	[U5.23.01]
		FREQ		

3.4 Remarques

Définition des poutres rigides AC et BD :

- Section : $H_y = 0.2$, $H_z = 0.2$.
- Matériau : $E = 2.10^{16}$, $\rho = 0$.

4 Résultats de la modélisation A

4.1 Valeurs testées

Fréquence (Hz)

Mode propre	Référence		Aster	% différence
Problème 1				
flexion 1	431.555		431.8916	0.078
traction 1	1265.924		1266.0056	0.006
flexion 2	1498.295		1500.7635	0.165
flexion 3	2870.661		2873.5344	0.100
traction 2	3797.773		3799.9692	0.058
flexion 4	4377.837		4370.8206	−0.160
Problème 2				
1	392.8	±2.7%	394.4774	0.427
couplage 2	922.2	±5.7%	922.6072	0.044
flexion 3	1592.0	±2.9%	1638.2311	2.903
traction 4	2629.2	±5.7%	2778.7000	5.686
compression 5	3126.2	±4.3%	3261.6699	4.333

4.2 Remarques

Calculs effectués par :

Problème 1 :

MODE_ITER_INVOPTION: 'AJUSTE' LIST_FREQ: (430. , 4500.)

Problème 2 :

MODE_ITER_INVOPTION: 'AJUSTE' LIST_FREQ: (380. , 3300.)

Contenu du fichier résultats :

Problème 1 :

6 premières fréquences propres, vecteurs propres et paramètres modaux.

Problème 1 :

5 premières fréquences propres, vecteurs propres et paramètres modaux.

4.3 Paramètres d'exécution

Version : 3.02.21

Machine : CRAY C90

Encombrement mémoire : 8 Mégamots

Système :

UNICOS 8.0

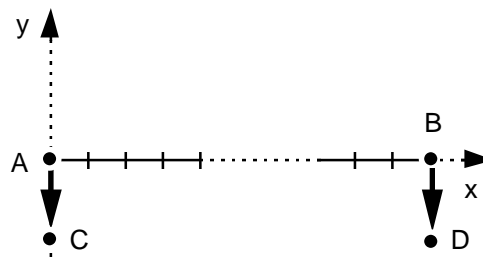
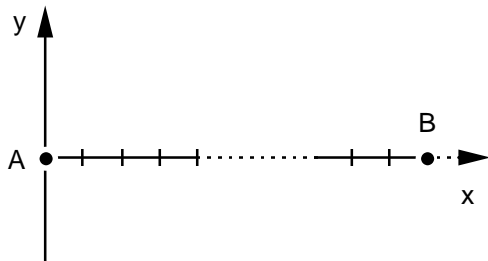
Temps CPU User :

9.7 secondes

5 Modélisation B

5.1 Caractéristiques de la modélisation

POU_D_TG



Problème 1 :

Découpage : poutre AB : 40 mailles SEG2

Conditions limites :

en tous les nœuds

en A :

en B :

```
DDL_IMPO: ( GROUP_NO : AB DZ : 0., DRX:0, DRY: 0.)
           ( NOEUD: A   DX: 0., DY: 0. )
           ( NOEUD: B   DY: 0. )
```

Problème 2 :

Découpage : poutre AB : 40 mailles SEG2

2 éléments rigides AC, BD : 2 mailles SEG2

Conditions limites :

en tous les nœuds

en C :

en D :

```
DDL_IMPO: ( TOUT:'OUI' DZ : 0., DRX:0, DRY: 0.)
           ( NOEUD: C   DX: 0., DY: 0. )
           ( NOEUD: D   DY: 0. )
```

Noms des nœuds :

Point A = N100

Point C = N300

Point B = N200

Point D = N400

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 43

Nombre de mailles et types : 42 SEG2

5.3 Fonctionnalités testées

Commandes				Clés
AFFE_CARA_ELEM	POUTRE	' GENERALE '	TOUT	[U4.24.01]
		' RECTANGLE '	GROUP_MA GROUP_MA	
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	TOUT		[U4.25.01]
		GROUP_MA NOEUD		
AFFE_MATERIAU	GROUP_MA			[U4.23.02]
AFFE_MODELE	' MECANIQUE '	' POU_D_TG '	TOUT	[U4.22.01]
			GROUP_MA	
DEFI_MATERIAU	ELAS			[U4.23.01]
MODE_ITER_INV	' AJUSTE '			[U4.52.01]

5.4 Remarques

Définition des poutres rigides AC et BD :

- Section : $H_y = 0.2$, $H_z = 0.2$.
- Matériau : $E = 2.10^{16}$, $\rho = 0$.

6 Résultats de la modélisation B

6.1 Valeurs testées

Fréquence (Hz)

Mode propre	Référence	Aster	% différence
Problème 1			
flexion 1	431.555	431.8916	0.078
traction 1	1265.924	1266.0056	0.006
flexion 2	1498.295	1500.7635	0.165
flexion 3	2870.661	2873.5344	0.100
traction 2	3797.773	3799.9692	0.058
flexion 4	4377.837	4370.8206	-0.160
Problème 2			
1	392.8 ±2.7%	394.4774	0.427
couplage 2	922.2 ±5.7%	922.6072	0.044
flexion 3	1592.0 ±2.9%	1638.2311	2.903
traction 4	2629.2 ±5.7%	2778.7000	5.686
compression 5	3126.2 ±4.3%	3261.6699	4.333

6.2 Remarques

Calculs effectués par :

Problème 1 :

ITERATIONS_INVERSES OPTION: 'AJUSTE' LIST_FREQ: (430. , 4500.)

Problème 2 :

ITERATIONS_INVERSES OPTION: 'AJUSTE' LIST_FREQ: (380. , 3300.)

Contenu du fichier résultats :

Problème 1 :

6 premières fréquences propres, vecteurs propres et paramètres modaux.

Problème 1 :

5 premières fréquences propres, vecteurs propres et paramètres modaux.

6.3 Paramètres d'exécution

Version : 3.06

Machine : CRAY C90

Encombrement mémoire : 8 Mégamots

Système :

UNICOS 8.0

Temps CPU User :

1.1875E+1 secondes

7 Synthèse des résultats

Le problème sans excentricité est correctement traité.

Avec excentricité, le problème est traité avec une dispersion de 3 à 6% par différents progiciels. Aster reste dans cette fourchette.