

**Manuel de Validation**  
**Fascicule V2.02 : Dynamique linéaire des poutres**  
**Document V2.02.008**

## **SDLL08 - Grillage plan de poutres (profilés métalliques)**

---

### **Résumé :**

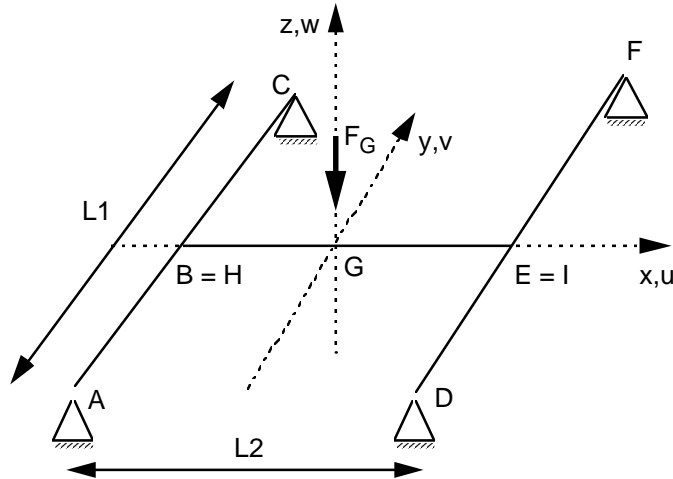
Ce problème tridimensionnel consiste tout d'abord à effectuer une analyse modale et ensuite d'étudier la réponse harmonique d'une structure mécanique d'un grillage plan de poutres. Ce test de Mécanique des Structures correspond à une analyse dynamique d'un modèle linéique ayant un comportement linéaire. Il comprend une seule modélisation.

Ce problème permet donc de tester l'élément de poutre d'Euler Bernouilli en flexion transverse, le calcul des fréquences et des modes de vibration par la méthode de Lanczos et l'utilisation de relations linéaires entre déplacements de deux points en analyse modale et en réponse harmonique.

Les résultats sont en accord avec les résultats analytiques du guide VPCS.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



Longueur :  $L1 = L2 = 5 \text{ m}$

Section droite (profilé en I) : IPE 200

aire  $A = 2.872 \cdot 10^{-3} \text{ M}^2$   
moment d'inertie  $I_z = 1.943 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$

(autres paramètres de poutre non utilisés)

Coordonnées des points (en mètres) :

	A	B = H	C	D	E = I	F	G
x	-2.5	-2.5	-2.5	2.5	2.5	2.5	0
y	-2.5	0.	2.5	-2.5	0.	2.5	0.
z	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

### 1.2 Propriétés de matériaux

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

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

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

Points A, C, D, F : ( $u = v = w = 0.$ )

Points B, E : liaison rotulée (continuité de  $u, v, w$ )

Force sinusoïdale au point G  $F_G(t) = F_0 \sin \Omega t$   
 $F_0 = -1 \cdot 10^5 \text{ N}$   
 $\Omega = 80 \text{ rad/s}$

### 1.4 Conditions initiales

A  $t = 0$ , structure au repos.

## 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 SDLL08/89 du guide VPCS qui présente la méthode de calcul de la façon suivante :

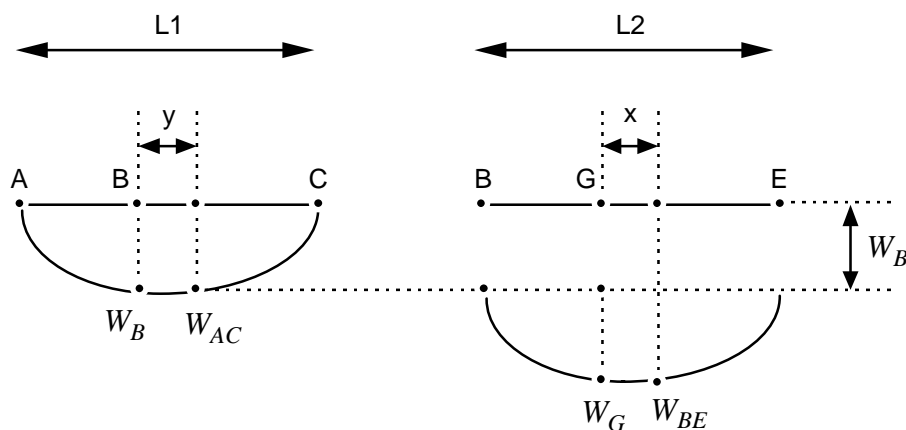
Une méthode de Rayleigh-Ritz permet de faire le calcul avec deux degrés de liberté à partir des hypothèses de déformées symétriques suivantes :

- pour le point d'abscisse y des longerons AC et DF de longueur L1

$$W_{AB} = W_B \sin \frac{\pi \left( y + \frac{L1}{2} \right)}{L1}$$

- pour le point d'abscisse x de la traverse BE de longueur L2

$$W_{BE} = W_B + W_G \sin \frac{\pi \left( x + \frac{L2}{2} \right)}{L2}$$



### 2.2 Résultats de référence

Les deux premières fréquences propres et modes propres **symétriques** (les autres fréquences propres de ce système ne sont pas étudiées). Pour les modes propres, on a la valeur suivante :  $W_B / W_G$

En réponse harmonique on a :

- $W_B \max$  et  $W_G \max$ ,
- $W_B + W_G \max$  au point G.

### 2.3 Incertitude sur la solution

Solution analytique.

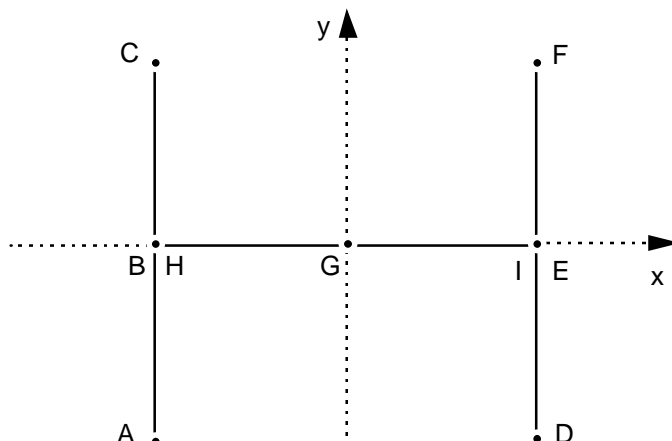
### 2.4 Références bibliographiques

- [1] J.M. BIGGS. Introduction to Structural Dynamics. New-York : Mc Graw Hill, p.184 (1964).

### 3 Modélisation A

#### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise l'élément de poutre d'Euler Bernouilli POU\_D\_E



3 poutres : ABC, DEF, HGI découpées chacun en 10 mailles SEG2  
Les nœuds (B, H) et (E, I) ont les mêmes coordonnées.

Conditions limites :  
poutres ABC et DEF

```
DDL_IMPO : ( GROUP_NO: (PABC, PDEF)  DX: 0., DY: 0., DRX: 0. )
poutre HGI ( GROUP_NO: (PHGI)        DX: 0., DY: 0., DRX: 0. )
nœuds extrémités ( GROUP_NO: (NACDF)   DZ: 0. )
```

Liaison\_ddl :  $DZ_B - DZ_H = 0.$  et  $DZ_E - DZ_I = 0.$

Force\_nodale : Nœud : G  $F_Z : -1.E5$

Noms des nœuds :  
 A = N1                      B = N6                      C = N11  
 D = N21                    E = N26                    F = N31  
 H = N41                    G = N46                    I = N51

#### 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 33  
Nombre de mailles et types :  $3 \times 10 = 30$  SEG2

#### 3.3 Fonctionnalités testées

Commandes				Clés
AFFE_CARA_ELEM	POUTRE	'GENERALE'	TOUT	[U4.24.01]
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	GROUP_NO		[U4.25.01]
	LIAISON_DDL			
	FORCE_NODALE	NOEUD		
AFFE_MATERIAU	TOUT			[U4.23.02]
AFFE_MODELE	'MECANIQUE'	'POU_D_E'	TOUT	[U4.22.01]
DEFI_MATERIAU	ELAS			[U4.23.01]
MODE_ITER_SIMULT	METHODE	'TRI_DIAG'		[U4.52.02]
	CALC_FREQ	OPTION	'PLUS_PETITE'	
COMB_MATR_ASSE				[U4.53.01]

#### 3.4 Remarques

Le blocage des ddl DX et DY en tous les nœuds permet de ne sélectionner que les modes de flexion transverse (dans le plan "vertical").

## 4 Résultats de la modélisation A

### 4.1 Valeurs testées

Fréquence (Hz)

Ordre du mode propre	Référence	Aster	% différence
1	16.456	16.4190	-0.22
2	38.165	38.0468	-0.31

Mode propre : valeur de  $W_B/W_G$

Ordre du mode propre symétrique	Référence	Aster*	% différence
1	1.213	1.213	0.
2	-0.412	-0.412	0.

*	$W_B = DZ$ en B (N6)	$W_G + W_B = DZ$ en G (N46)
mode 1 :	$W_B = 0.5480$	$W_G + W_B = 1.$
mode 2 :	$W_B = -0.6698$	$W_G + W_B = 0.9559$

Réponse harmonique :

Point	Type de valeur (m)	Référence	Aster	% différence
B, E	$W_B$ max	-0.098	-0.1003	2.45
G	$W_G$ max*	-0.125	-0.1271	1.60
G	$W_B + W_G$ max	-0.227	-0.2274	0.18

### 4.2 Remarques

Calculs effectués par :

MODE\_ITER\_SIMULT METHODE: 'TRI\_DIAG'  
 OPTION: 'PLUS\_PETITE' NMAX\_FREQ: 3

On obtient un mode antisymétrique pour une fréquence  $f = 22.5676$  Hz. Cette fréquence propre dépend de la constante de torsion fournie ; celle-ci n'est pas définie dans les données de référence.

Les valeurs  $W_B/W_G$  ne sont pas vérifiées dans le test mais s'obtiennent manuellement à partir de  $W_B$  et  $W_G + W_B$ .

La valeur  $(W_G)_{\max}$  n'est pas vérifiée dans le test. On a seulement accès à  $W_B$  max et  $(W_B + W_G)_{\max}$ .  $W_G$  max s'obtient manuellement par différence.

Contenu du fichier résultats :

3 premières fréquences propres, déplacement des nœuds B, E, G en réponse harmonique.

### 4.3 Paramètres d'exécution

Version : 3.02.21

Machine : CRAY C90

Encombrement mémoire : 8 mégamots

Système : UNICOS 8.0

Temps CPU User : 5 secondes

## 5 Synthèse des résultats

---

Les valeurs des fréquences propres et des vecteurs propres sont obtenues avec une précision  $< 0.3\%$ .

L'écart de 2.5% sur les flèches maximales aux points B et E mériterait de vérifier la solution de référence, de compléter la validation de la réponse harmonique.