

**Manuel de Validation****Fascicule V3.01 : Statique linéaire des structures linéiques****Document : V3.01.100**

# SSLL100 - Structure symétrique de poutres avec un coude

---

**Résumé :**

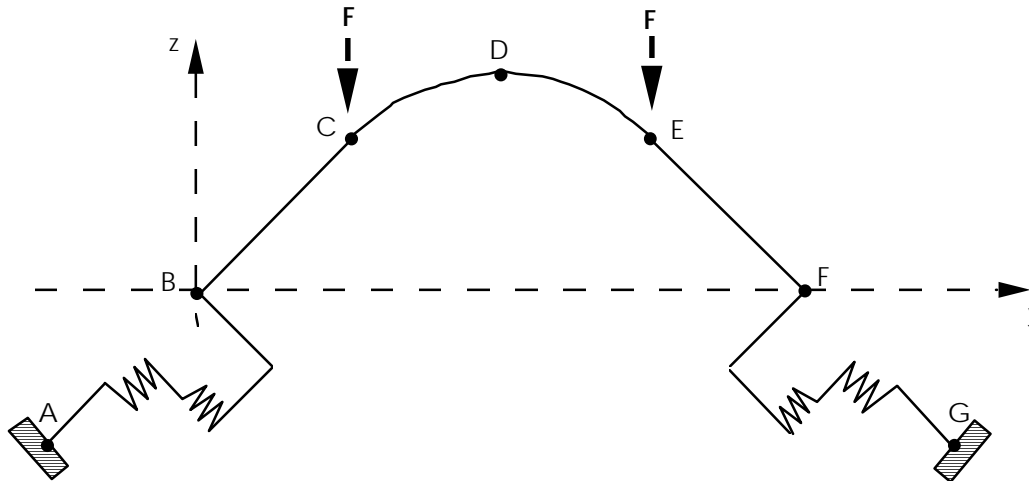
Ce test en statique, élasticité linéaire permet de valider les éléments de poutre droits et courbes en flexion plane, ainsi que les éléments discrets. Quatre chargements sont définis, dont certains en repère local.

Deux modélisations permettent de tester d'une part les éléments droits (le coude est modélisé à l'aide de 20 éléments droits) et d'autre part les éléments droits et courbes.

La solution de référence est issue du dossier de validation du code POUX. Les résultats obtenus avec le *Code\_Aster* sont très proches (écart inférieur à  $2.10^{-4}$  pour la modélisation de l'arc de cercle avec `POU_C_T`, écart un peu supérieur (3%) pour celle avec `POU_D_T`, ce qui est dû à une discrétisation trop grossière).

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



Structure plane symétrique par rapport à la droite  $y = 4$ .

|                     |            |                        |                             |
|---------------------|------------|------------------------|-----------------------------|
| Poutres de section  | circulaire | diamètre extérieur     | $d_e = 0.04$ m              |
|                     |            | diamètre intérieur     | $d_i = 0.01$ m              |
| Coude               | de centre  | ( $y = 4$ $z = 0$ )    | et de rayon = $2\sqrt{2}$ m |
| Liaison noeud-noeud |            | $K_x = K_z = 10^5$ N/m | dans le repère local        |

Coordonnées des points (en m) :

|   | A   | B  | C  | D           | E  | F  | G   |
|---|-----|----|----|-------------|----|----|-----|
| x | 0.  | 0. | 0. | 0.          | 0. | 0. | 0.  |
| y | -2. | 0. | 2. | 4.          | 6. | 8. | 10. |
| z | -2. | 0. | 2. | $2\sqrt{2}$ | 2. | 0. | -2. |

### 1.2 Propriétés de matériaux

$$E = 2.1 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$$

$$\nu = 0.3$$

$$\rho = 7800. \text{ kg/m}^3$$

$$\alpha = 10^{-6} \text{ m/}^\circ\text{C}$$

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

Points A et G encastrés ( $v = w = 0$ ) (sauf pour le cas de charge 2)

Chargement :

- charge concentrée en C et E  $F = 1000$  N
- déplacement imposé en A et G  $D_x = \sqrt{2}$  en repère local des mailles AB et GF
- dilatation thermique à  $t = 100^\circ\text{C}$
- poids propre

---

## 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 de validation STA.MPACO/B du code POUX de la D.E.R [bib1].

### 2.2 Résultats de référence

Déplacements des points B, C et D.

### 2.3 Incertitude sur la solution

- modélisation A :  $< 10^{-3}$  (élément fini fournissant des valeurs exactes aux nœuds),
- B : quelques % (solution numérique fonction de la discrétisation).

### 2.4 Références bibliographiques

- [1] Code de calcul de structures de poutre POUX. Fiche de validation du module EFPOU MPACO/B - Direction des Etudes et Recherches E.D.F (1988)

### 3 Modélisation A

#### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

6 mailles SEG2 :            2 mailles CD, CE            poutre courbe            POU\_C\_T  
                                  2 mailles BC, EF            poutre droite            POU\_D\_T  
                                  2 mailles AB, FG            élément de liaison       DIS\_T

##### Conditions limites :

DDL\_IMPO:            ( GROUP\_NO:Poutre    DX: 0.    DRY: 0.    DRZ: 0. )  
                                  ( NOEUD:( A   G )    DX: 0.    DY: 0.    DZ: 0. )  
cas de charge 2            ( NOEUD: A            DX: 0.    DY: 1.    DZ: 1. )  
(uniquement)            ( NOEUD: G            DX: 0.    DY:-1.    DZ: 1. )

cas de charge 1 FORCE\_NODALE: ( NOEUD: ( C   E ) FZ = -1000. )

cas de charge 3 AFFE\_CHAM\_NO (GRANDEUR: 'TEMP\_R'  
    AFFE:(TOUT: 'oui'    NOM\_CMP: 'TEMP' VALE\_R: 100.)

cas de charge 4 PESANTEUR: ( 9.81    0.    0.    -1. )

Nom des nœuds : A , B , C , D , E , F

Nom des mailles : AB , BC , CD , DE , EF , FG

#### 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 7

Nombre de mailles et types : 6 SEG2

#### 3.3 Fonctionnalités testées

| Commandes      |               |           |            | Clés       |
|----------------|---------------|-----------|------------|------------|
| AFFE_CARA_ELEM | POUTRE        | SECTION   | 'GENERALE' | [U4.24.01] |
|                | DISCRET       | K_T_D_L   | 'LOCAL'    |            |
|                | DEFI_ARC      | ORIE_ARC  |            |            |
|                | ORIENTATION   | CARA      | 'VECT_Y'   |            |
| AFFE_CHAM_NO   | 'TEMP_R'      | 'TEMP'    |            | [U4.26.01] |
| AFFE_CHAR_MECA | DDL_IMPO      | GROUP_NO  |            | [U4.25.01] |
|                | FORCE_NODALE  | NOEUD     |            |            |
|                | TEMP_CALCULEE |           |            |            |
|                | PESANTEUR     |           |            |            |
| AFFE_MATERIAU  | GROUP_MA      |           |            | [U4.23.02] |
| AFFE_MODELE    | 'MECANIQUE'   | 'POU_C_T' |            | [U4.22.01] |
|                |               | 'POU_D_T' |            |            |
|                |               | 'DIS_T'   |            |            |
| DEFI_MATERIAU  | ELAS          |           |            | [U4.23.01] |

## 4 Résultats de la modélisation A

### 4.1 Valeurs testées

| Cas                            | Point | déplacement<br>(m) | Référence              | Aster                   | %diff | tolérance          |
|--------------------------------|-------|--------------------|------------------------|-------------------------|-------|--------------------|
| 1<br><br>Forces<br>nodales     | B     | $v_B$              | $-8.120 \cdot 10^{-3}$ | $-8.1201 \cdot 10^{-3}$ | 0.00  | $1. \cdot 10^{-3}$ |
|                                |       | $w_B$              | $-1.000 \cdot 10^{-2}$ | $-1.0000 \cdot 10^{-2}$ | 0.00  | -                  |
|                                | C     | $v_C$              | $7.389 \cdot 10^{-3}$  | $7.3895 \cdot 10^{-3}$  | 0.00  | -                  |
|                                |       | $w_D$              | $-2.553 \cdot 10^{-2}$ | $-2.5530 \cdot 10^{-2}$ | 0.00  | -                  |
| 2<br><br>Déplacement<br>imposé | B     | $v_B$              | $9.858 \cdot 10^{-1}$  | $9.8585 \cdot 10^{-1}$  | 0.00  | $1. \cdot 10^{-3}$ |
|                                |       | $w_B$              | 1.000                  | 1.0000                  | 0.00  | -                  |
|                                | C     | $v_C$              | $1.738 \cdot 10^{-1}$  | $1.7382 \cdot 10^{-1}$  | 0.01  | -                  |
|                                |       | $w_D$              | 1.812                  | 1.8120                  | 0.00  | -                  |
| 3<br><br>Dilatation            | B     | $v_B$              | $-5.660 \cdot 10^{-6}$ | $-5.6597 \cdot 10^{-6}$ | 0.01  | $1. \cdot 10^{-3}$ |
|                                |       | $w_B$              | $\varepsilon$          | $\varepsilon$           | -     | -                  |
|                                | C     | $v_C$              | $-1.305 \cdot 10^{-4}$ | $-1.3047 \cdot 10^{-4}$ | 0.02  | -                  |
|                                |       | $w_D$              | $5.248 \cdot 10^{-4}$  | $5.2480 \cdot 10^{-4}$  | 0.00  | -                  |
| 4<br><br>Pesanteur             | B     | $v_B$              | $-3.111 \cdot 10^{-3}$ | $-3.1107 \cdot 10^{-3}$ | 0.01  | $1. \cdot 10^{-3}$ |
|                                |       | $w_B$              | $-4.552 \cdot 10^{-3}$ | $-4.5522 \cdot 10^{-3}$ | 0.00  | -                  |
|                                | C     | $v_C$              | $1.180 \cdot 10^{-3}$  | $1.1802 \cdot 10^{-3}$  | 0.02  |                    |
|                                |       | $w_D$              | $-8.850 \cdot 10^{-3}$ | $-8.8504 \cdot 10^{-3}$ | 0.00  |                    |

### 4.2 Paramètres d'exécution

Version : 3.5.2  
Machine : CRAY C90  
Encombrement mémoire : 8 mégamots      Temps CPU User : 12 secondes

## 5 Modélisation B

### 5.1 Caractéristiques de la modélisation

L'arc de poutre a été modélisé en une ligne polygonale de 2\*20 SEG2

#### Conditions limites :

```
DDL_IMPO: ( GROUP_NO:Npoutre DX: 0. DRY: 0. DRZ: 0. )
cas de charge 2 ( NOEUD: ( A G ) DX: 0. DY: 0. DZ: 0. ) sauf pour
                ( NOEUD: A DX: 0. DY: 1. DZ: 1. )
                ( NOEUD: G DX: 0. DY: -1. DZ: 1. )

cas de charge 1 FORCE_NODALE: ( NOEUD: ( C D ) Fz = -1000. )

cas de charge AFFE_CHAM_NO( GRANDEUR: 'TEMP_R'
                           AFFE: ( TOUT: 'OUI' Nom_cmp: 'TEMP' VALE_R: 100. )

cas de charge 4 PESANTEUR: ( 9.81 0. 0. -1. )
```

Nom des nœuds : A , B , C , D , E , F

### 5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 45

Nombre de mailles et types : 44 SEG2

### 5.3 Fonctionnalités testées

| Commandes      |               |           |            | Clés       |
|----------------|---------------|-----------|------------|------------|
| AFFE_CARA_ELEM | POUTRE        | SECTION   | 'GENERALE' | [U4.24.01] |
|                | DISCRET       | K_T_D_L   | 'LOCAL'    |            |
|                | ORIENTATION   | CARA      | 'VEC_Y'    |            |
| AFFE_CHAM_NO   | 'TEMP_R'      | 'TEMP'    |            | [U4.26.01] |
| AFFE_CHAR_MECA | DDL_IMPO      | GROUP_NO  |            | [U4.25.01] |
|                | FORCE_NODALE  | NOEUD     |            |            |
|                | TEMP_CALCULEE |           |            |            |
|                | PESANTEUR     |           |            |            |
| AFFE_MATERIAU  | GROUP_MA      |           |            | [U4.23.02] |
| AFFE_MODELE    | 'MECANIQUE'   | 'POU_D_T' | GROUP_MA   | [U4.22.01] |
|                |               | 'DIS_T'   | MAILLE     |            |
| DEFI_MATERIAU  | ELAS          |           |            | [U4.23.01] |

## 6 Résultats de la modélisation B

### 6.1 Valeurs testées

| Cas                            | Point  | déplacement<br>(m) | Référence              | Aster                   | %diff | tolérance          |
|--------------------------------|--------|--------------------|------------------------|-------------------------|-------|--------------------|
| 1<br><br>Forces<br>nodales     | B      | $v_B$              | $-8.120 \cdot 10^{-3}$ | $-8.1209 \cdot 10^{-3}$ | 0.01  | $1. \cdot 10^{-3}$ |
|                                |        | $w_B$              | $-1.000 \cdot 10^{-2}$ | $-1.0000 \cdot 10^{-2}$ | 0.00  | -                  |
|                                | C<br>D | $v_C$              | $7.389 \cdot 10^{-3}$  | $7.3863 \cdot 10^{-3}$  | -0.04 | -                  |
|                                |        | $w_D$              | $-2.553 \cdot 10^{-2}$ | $-2.5528 \cdot 10^{-2}$ | -0.01 | -                  |
| 2<br><br>Déplacement<br>imposé | B      | $v_B$              | $9.858 \cdot 10^{-1}$  | $9.8585 \cdot 10^{-1}$  | -0.00 | $1. \cdot 10^{-3}$ |
|                                |        | $w_B$              | 1.000                  | 1.0000                  | -0.00 | -                  |
|                                | C<br>D | $v_C$              | $1.738 \cdot 10^{-1}$  | $1.7374 \cdot 10^{-1}$  | -0.04 | -                  |
|                                |        | $w_D$              | 1.812                  | 1.8121                  | 0.    | -                  |
| 3<br><br>Dilatation            | B      | $v_B$              | $-5.660 \cdot 10^{-6}$ | $-5.6612 \cdot 10^{-6}$ | 0.02  | $1. \cdot 10^{-3}$ |
|                                |        | $w_B$              | $\varepsilon$          | $\varepsilon$           | -     | -                  |
|                                | C<br>D | $v_C$              | $-1.305 \cdot 10^{-4}$ | $-1.3051 \cdot 10^{-4}$ | 0.01  | -                  |
|                                |        | $w_D$              | $5.248 \cdot 10^{-4}$  | $5.2484 \cdot 10^{-4}$  | 0.01  | -                  |
| 4<br><br>Pesanteur             | B      | $v_B$              | $-3.111 \cdot 10^{-3}$ | $-3.1145 \cdot 10^{-3}$ | 0.11  | $5. \cdot 10^{-3}$ |
|                                |        | $w_B$              | $-4.552 \cdot 10^{-3}$ | $-4.5521 \cdot 10^{-3}$ | 0.00  | -                  |
|                                | C<br>D | $v_C$              | $1.180 \cdot 10^{-3}$  | $1.1409 \cdot 10^{-3}$  | -3.31 | $5. \cdot 10^{-2}$ |
|                                |        | $w_D$              | $-8.850 \cdot 10^{-3}$ | $-8.8148 \cdot 10^{-3}$ | -0.40 | $5. \cdot 10^{-3}$ |

### 6.2 Remarques

La modélisation du coude par des éléments droits nécessite un maillage très fin, pour une précision suffisante (notamment pour un chargement réparti).

### 6.3 Paramètres d'exécution

Version : 3.2.11  
Machine : CRAY C90  
Encombrement mémoire : 8 mégamots      Temps CPU User : 7.6 secondes

## 7 Synthèse des résultats

---

Les résultats obtenus avec le *Code\_Aster* coïncident bien avec ceux du code POUX (solution de référence) notamment pour la modélisation A (POU\_C\_T).

Pour la modélisation B, ils sont très proches également ( $< 4 \cdot 10^{-4}$ ) sauf pour le cas de charge de pesanteur (3% d'écart au maximum) à cause de la dépendance de la solution à la finesse de discrétisation.

Ce test valide donc l'élément POU\_C\_T.