

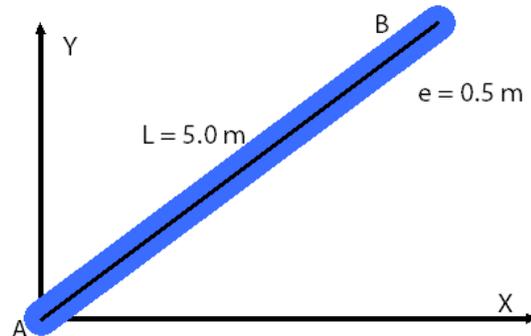
ZZZZ295 – Validation de la position des sous-points des plaques 2D

Résumé :

Ce test valide le calcul de la position des sous-points d'intégration dans le repère global pour les modélisations `COQUE_C_PLAN`, `COQUE_D_PLAN` et `COQUE_AXIS`. Un calcul mécanique élémentaire est réalisé afin de permettre la création d'une table avec `CREA_TABLE` à partir du résultat. Seules les coordonnées de quelques sous-points sont testées dans la table.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Plaque avec profondeur infinie (modélisation en 2D) :

Longueur : $L = 5.0\text{ m}$

Épaisseur : $e = 0.5\text{ m}$

Coordonnées des points A et B

$X_A = 0.0 ; Y_A = 0.0$

$X_B = 4.0 ; Y_B = 3.0$

1.2 Propriétés des matériaux

Béton :

Module de Young : $E = 3 \cdot 10^{10}\text{ Pa}$

Coefficient de Poisson : $\nu = 0.0$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Sur le point A on bloque les déplacements selon X , Y et la rotation autour de Z :

$U_x^A = 0.0 ; U_y^A = 0.0 ; DR_z^A = 0.0$

Sur le point B on applique un chargement selon Y :

$F_y = -100.0\text{ N}$

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

On calcule la position des nœuds, points d'intégration et sous-points d'intégration à partir de ses coordonnées dans les axes locaux de la plaque et la matrice de passage entre les axes locaux et les axes globaux.

$$T(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) \\ \sin(\alpha) & \cos(\alpha) \end{bmatrix}$$

Pour n'importe quel point de coordonnées initiales (X, Y) on peut calculer ses coordonnées exprimées dans le repère global (X', Y') après rotation avec la transformation suivante :

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \end{bmatrix} = T(\alpha) \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}$$

2.2 Grandeurs et résultats de référence

On calcule les positions des sous-points d'intégration dans le repère global connaissant leurs positions exprimée dans les axes locaux.

Ici on a : $\cos(\alpha) = \frac{4}{5}$ et $\sin(\alpha) = \frac{3}{5}$

Pour une maille `SEG4` de tuyau longueur $L = 5\text{ m}$, la distance des points d'intégration par rapport au premier nœud sont (voir R3.01.01) :

Point	x (m)
1	3.3499526089621403
2	1.6500473910378599
3	4.6528407789851318
4	0.34715922101486746

L'épaisseur $EP = 0.5\text{ m}$, est discrétisée en 4 couches, ce qui fait 12 sous-points dont les hauteurs par rapport au plan moyen sont :

Sous-point	z	Sous-point	z
1	-0.250	7	0.000
2	-0.1875	8	0.0625
3	-0.125	9	0.125
4	-0.125	10	0.125
5	-0.0625	11	0.1875
6	0.000	12	0.250

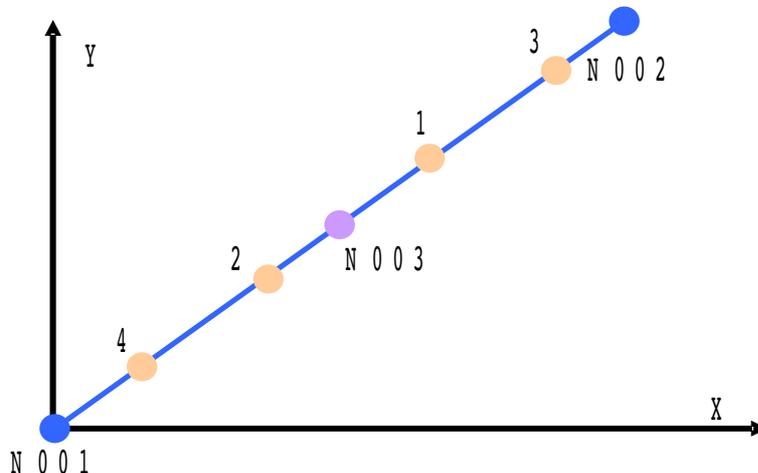
2.3 Incertitudes sur la solution

Aucune, solution exacte.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques du maillage

Maillage : le maillage est composée d'une maille type **SEG3** avec trois nœuds (*N001*, *N002* et *N003*).



Pour chaque maille, il y a 4 points d'intégration (1,2,3,4).

- Le groupe de nœuds *ENC* est composé du nœud *N001*
- Le groupe de nœuds *CHA* est composé du nœud *N002*

3.2 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation :

```
MO=AFFE_MODELE(  
  MAILLAGE=MA,  
  AFPE=_F(TOUT='OUI', PHENOMENE='MECANIQUE',  
  MODELISATION='COQUE_C_PLAN',),)
```

Conditions aux limites :

```
BLOCAGE=AFPE_CHAR_MECA(MODELE=MO,  
  DDL_IMPO=_F(GROUP_NO='ENC', DX=0.0, DY=0.0, DRZ=0.0),  
)
```

Chargement mécanique :

```
CHARGE=AFPE_CHAR_MECA(MODELE=MO,  
  FORCE_NODALE=_F(GROUP_NO='CHA', FX = 0, FY = -100);  
)
```

Affectation des caractéristiques des éléments :

```
COQUE=AFPE_CARA_ELEM(MODELE=MO,  
  COQUE=_F(GROUP_MA=('COQUE'), EPAIS = 0.5, COQUE_NCOU = 4),  
)
```

3.3 Valeurs testées et résultats

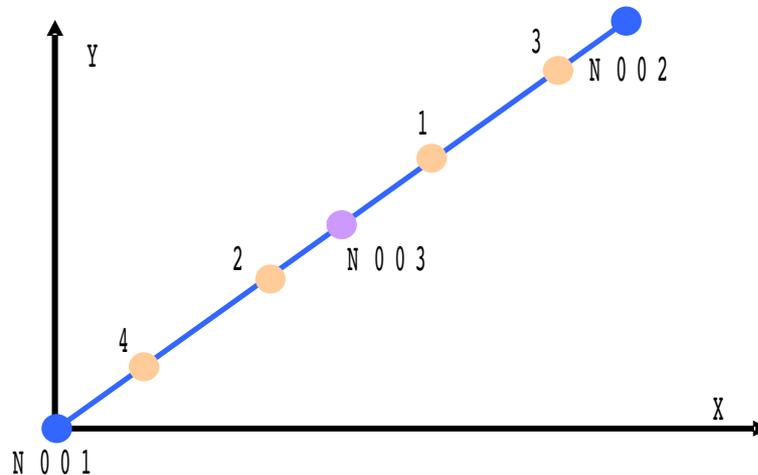
Coordonnée maille M001	point d'intégration	sous-point	Référence
COOR_X	1	1	2.529962087
COOR_X	1	2	2.567462087
COOR_X	1	3	2.604962087
COOR_X	1	4	2.604962087
COOR_X	1	5	2.642462087
COOR_X	1	6	2.679962087
COOR_X	1	7	2.679962087
COOR_X	1	8	2.717462087
COOR_X	1	9	2.754962087
COOR_X	1	10	2.754962087
COOR_X	1	11	2.792462087
COOR_X	1	12	2.829962087
COOR_Y	1	1	2.209971565
COOR_Y	1	2	2.159971565
COOR_Y	1	3	2.109971565
COOR_Y	1	4	2.109971565
COOR_Y	1	5	2.059971565
COOR_Y	1	6	2.009971565
COOR_Y	1	7	2.009971565
COOR_Y	1	8	1.959971565
COOR_Y	1	9	1.909971565
COOR_Y	1	10	1.909971565
COOR_Y	1	11	1.859971565
COOR_X	1	12	1.809971565
COOR_X	2	1	1.170037913
COOR_X	2	2	1.207537913
COOR_X	2	3	1.245037913
COOR_X	2	4	1.245037913
COOR_X	2	5	1.282537913
COOR_X	2	6	1.320037913
COOR_X	2	7	1.320037913
COOR_X	2	8	1.357537913
COOR_X	2	9	1.395037913
COOR_X	2	10	1.395037913
COOR_X	2	11	1.432537913
COOR_X	2	12	1.470037913
COOR_Y	2	1	1.190028435
COOR_Y	2	2	1.140028435
COOR_Y	2	3	1.090028435
COOR_Y	2	4	1.090028435
COOR_Y	2	5	1.040028435
COOR_Y	2	6	0.990028435
COOR_Y	2	7	0.990028435
COOR_Y	2	8	0.940028435
COOR_Y	2	9	0.890028435
COOR_Y	2	10	0.890028435
COOR_Y	2	11	0.840028435
COOR_X	2	12	0.790028435

La tolérance est fixée à $1.0E-03$ pour tous les tests.

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques du maillage

Maillage : le maillage est composée d'une maille type **SEG3** avec trois nœuds (*N001*, *N002* et *N003*).



Pour chaque maille, il y a 4 points d'intégration (1,2,3,4)

- Le groupe de nœuds *ENC* est composé du nœud *N001*
- Le groupe de nœuds *CHA* est composé du nœud *N002*

4.2 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation :

```
MO=AFFE_MODELE (  
  MAILLAGE=MA,  
  AFFE=_F(TOUT='OUI',  
    PHENOMENE='MECANIQUE',  
    MODELISATION='COQUE_D_PLAN',),  
)
```

Conditions aux limites :

```
BLOPAGE=AFFE_CHAR_MECA(MODELE=MO,  
  DDL_IMPO=( _F(GROUP_NO='ENC', DX=0.0, DY=0.0, DRZ=0.0),),)
```

Chargement mécanique :

```
CHARGE=AFFE_CHAR_MECA(MODELE=MO,  
  FORCE_NODALE=( _F(GROUP_NO='CHA', FX = 0, FY = -100),),  
)
```

Affectation des caractéristiques des éléments :

```
COQUE=AFFE_CARA_ELEM( MODELE=MO,  
  COQUE=_F( GROUP_MA=('COQUE'), EPAIS = 0.5, COQUE_NCOU = 4,),  
)
```

4.3 Valeurs testées et résultats

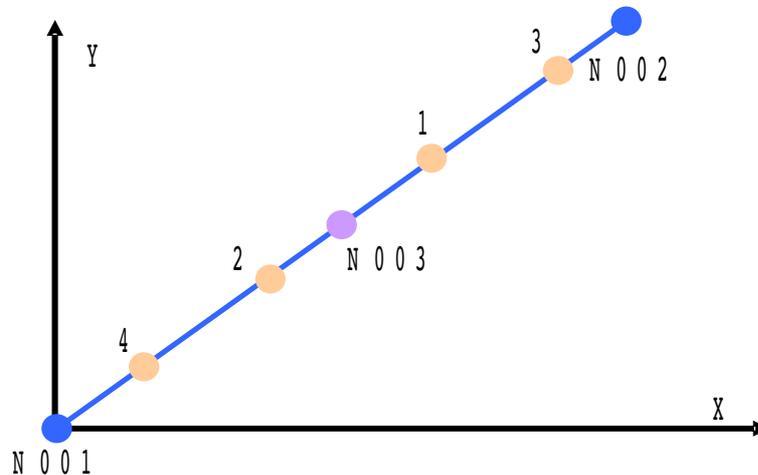
Coordonnée maille M001	Point d'intégration	sous-point	Référence
COOR_X	1	1	2.529962087
COOR_X	1	2	2.567462087
COOR_X	1	3	2.604962087
COOR_X	1	4	2.604962087
COOR_X	1	5	2.642462087
COOR_X	1	6	2.679962087
COOR_X	1	7	2.679962087
COOR_X	1	8	2.717462087
COOR_X	1	9	2.754962087
COOR_X	1	10	2.754962087
COOR_X	1	11	2.792462087
COOR_X	1	12	2.829962087
COOR_Y	1	1	2.209971565
COOR_Y	1	2	2.159971565
COOR_Y	1	3	2.109971565
COOR_Y	1	4	2.109971565
COOR_Y	1	5	2.059971565
COOR_Y	1	6	2.009971565
COOR_Y	1	7	2.009971565
COOR_Y	1	8	1.959971565
COOR_Y	1	9	1.909971565
COOR_Y	1	10	1.909971565
COOR_Y	1	11	1.859971565
COOR_X	1	12	1.809971565
COOR_X	2	1	1.170037913
COOR_X	2	2	1.207537913
COOR_X	2	3	1.245037913
COOR_X	2	4	1.245037913
COOR_X	2	5	1.282537913
COOR_X	2	6	1.320037913
COOR_X	2	7	1.320037913
COOR_X	2	8	1.357537913
COOR_X	2	9	1.395037913
COOR_X	2	10	1.395037913
COOR_X	2	11	1.432537913
COOR_X	2	12	1.470037913
COOR_Y	2	1	1.190028435
COOR_Y	2	2	1.140028435
COOR_Y	2	3	1.090028435
COOR_Y	2	4	1.090028435
COOR_Y	2	5	1.040028435
COOR_Y	2	6	0.990028435
COOR_Y	2	7	0.990028435
COOR_Y	2	8	0.940028435
COOR_Y	2	9	0.890028435
COOR_Y	2	10	0.890028435
COOR_Y	2	11	0.840028435
COOR_X	2	12	0.790028435

La tolérance est fixée à $1.0E-03$ pour tous les tests.

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques du maillage

Maillage : le maillage est composée d'une maille type `SEG3` avec trois nœuds (`N001`, `N002` et `N003`).



Pour chaque maille, il y a 4 points d'intégration (1,2,3,4)

- Le groupe de nœuds `ENC` est composé du nœud `N001`
- Le groupe de nœuds `CHA` est composé du nœud `N002`

5.2 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation :

```
MO=AFFE_MODELE (
  MAILLAGE=MA,
  AFFE=_F(TOUT='OUI', PHENOMENE='MECANIQUE',
    MODELISATION='COQUE_AXIS',),
)
```

Conditions aux limites :

```
BLOCAGE=AFFE_CHAR_MECA( MODELE=MO,
  DDL_IMPO=_F(GROUP_NO='ENC', DX=0.0, DY=0.0, DRZ=0.0,),
)
```

Chargement mécanique :

```
CHARGE=AFFE_CHAR_MECA(MODELE=MO,
  FORCE_NODALE=_F(GROUP_NO='CHA', FX = 0, FY = -100),
)
```

Affectation des caractéristiques des éléments :

```
COQUE=AFFE_CARA_ELEM(MODELE=MO,
  COQUE=_F(GROUP_MA=('COQUE'), EPAIS = 0.5, COQUE_NCOU = 4,),
)
```

5.3 Valeurs testées et résultats

Coordonnée maille M001	Point d'intégration	sous-point	Référence
COOR_X	1	1	2.529962087
COOR_X	1	2	2.567462087
COOR_X	1	3	2.604962087
COOR_X	1	4	2.604962087
COOR_X	1	5	2.642462087
COOR_X	1	6	2.679962087
COOR_X	1	7	2.679962087
COOR_X	1	8	2.717462087
COOR_X	1	9	2.754962087
COOR_X	1	10	2.754962087
COOR_X	1	11	2.792462087
COOR_X	1	12	2.829962087
COOR_Y	1	1	2.209971565
COOR_Y	1	2	2.159971565
COOR_Y	1	3	2.109971565
COOR_Y	1	4	2.109971565
COOR_Y	1	5	2.059971565
COOR_Y	1	6	2.009971565
COOR_Y	1	7	2.009971565
COOR_Y	1	8	1.959971565
COOR_Y	1	9	1.909971565
COOR_Y	1	10	1.909971565
COOR_Y	1	11	1.859971565
COOR_X	1	12	1.809971565
COOR_X	2	1	1.170037913
COOR_X	2	2	1.207537913
COOR_X	2	3	1.245037913
COOR_X	2	4	1.245037913
COOR_X	2	5	1.282537913
COOR_X	2	6	1.320037913
COOR_X	2	7	1.320037913
COOR_X	2	8	1.357537913
COOR_X	2	9	1.395037913
COOR_X	2	10	1.395037913
COOR_X	2	11	1.432537913
COOR_X	2	12	1.470037913
COOR_Y	2	1	1.190028435
COOR_Y	2	2	1.140028435
COOR_Y	2	3	1.090028435
COOR_Y	2	4	1.090028435
COOR_Y	2	5	1.040028435
COOR_Y	2	6	0.990028435
COOR_Y	2	7	0.990028435
COOR_Y	2	8	0.940028435
COOR_Y	2	9	0.890028435
COOR_Y	2	10	0.890028435
COOR_Y	2	11	0.840028435
COOR_X	2	12	0.790028435

La tolérance est fixée à $1.0E-03$ pour tous les tests.

6 Synthèse des résultats

Ce test a pour but principal de vérifier si les positions des sous-points d'intégration des modélisations COQUE_C_PLAN, COQUE_D_PLAN et COQUE_AXIS sont bien calculées.

Pour les trois modélisations, l'erreur maximale trouvée est de $4.8E-08\%$.