

ZZZZ296 – Validation de la position des sous-points des tuyaux

Résumé :

Ce test valide le calcul de la position des sous-points d'intégration dans le repère global pour la modélisation TUYAU_3M. 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

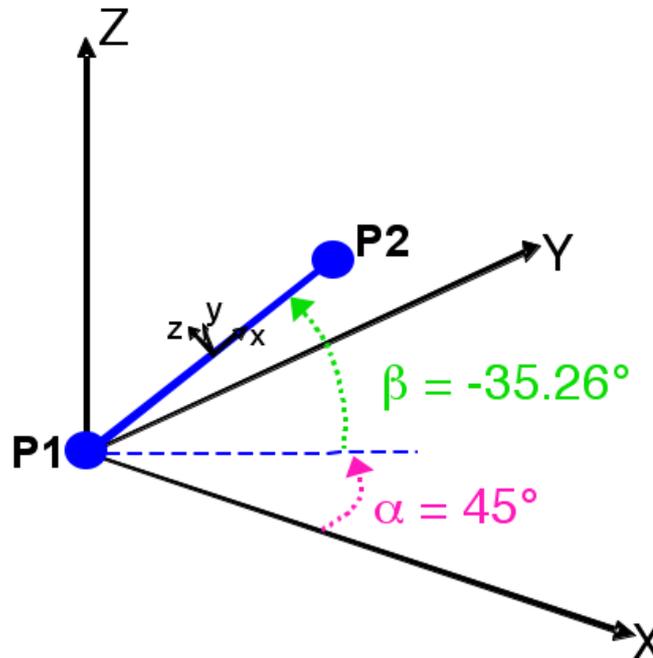


Figure 1.1-a : orientation de l'élément

Le tuyau est orienté dans l'espace comme indiqué sur la Figure 1.1-a:
Coordonnées globales des points $P1$ et $P2$:

$$X_{P1}=0.0; Y_{P1}=0.0; Z_{P1}=0.0$$

$$X_{P2}=2.0; Y_{P2}=2.0; Z_{P2}=2.0$$

Longueur : $L=2\cdot\sqrt{3} m$

1.2 Propriétés des matériaux

Béton :

Module de Young : $E=3.7272^{10} Pa$

Coefficient de Poisson : $\nu=0.0$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Sur le point $P1$ on bloque les déplacements selon X, Y, Z et la rotation autour des axes X, Y, Z :

$$D_X^{P1}=0.0; D_Y^{P1}=0.0; D_Z^{P1}=0.0; DR_X^{P1}=0.0; DR_Y^{P1}=0.0; DR_Z^{P1}=0.0$$

Sur le point $P2$ on applique un chargement selon X, Y, Z :

$$F_X=100.0 N; F_Y=100.0 N; F_Z=-100.0 N$$

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 leurs coordonnées dans les axes locaux du tuyau, et des matrices de passage entre les axes locaux et les axes globaux. Par défaut, les axes locaux et les axes globaux coïncident (Figure 2.1).

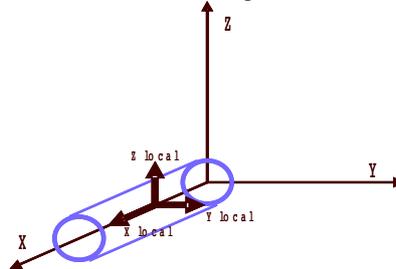


Figure position par défaut

On applique les deux rotations (voir Figure 1.1-a) :

$$\alpha = 45^\circ \text{ autour de } Z$$

$$\beta = -35,26^\circ \text{ autour du nouvel axe } YI$$

Remarque :

on utilise les conventions des angles nautiques de Code_Aster (voir le mot clé `ORIENTATION` de `AFFE_CARA_ELEM, U4.42.01`)

La rotation autour de l'axe Z (α) est faite à partir de la matrice suivante :

$$T_z(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) & 0 \\ \sin(\alpha) & \cos(\alpha) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

La rotation autour du nouvel axe YI (β) est faite à partir de la matrice suivante :

$$T_{yI}(\beta) = \begin{bmatrix} \cos(\beta) & 0 & \sin(\beta) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\beta) & 0 & \cos(\beta) \end{bmatrix}$$

Pour n'importe quel point de coordonnées (X, Y, Z) avant rotations, on peut calculer ses coordonnées (X', Y', Z') après rotations avec la transformation suivante :

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = [T_z(\alpha)][T_{yI}(\beta)] \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

2.2 Grandeurs et résultats de référence

On calcule la position de quelques sous-points d'intégration dans le repère global connaissant leur position dans les axes locaux.

Avec les angles choisis, l'application numérique donne :

$$T_{yI}(\beta) = \begin{bmatrix} 0.81650 & -0.5774 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0.57740 & 0.8165 & 0 \end{bmatrix} \text{ et } T_z(\alpha) = \begin{bmatrix} 0.7071 & -0.7071 & 0 \\ 0.7071 & 0.7071 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Pour une maille `SEG3` de tuyau de longueur $L = 2 \cdot \sqrt{3} \text{ m}$, la distance du premier points d'intégration par rapport au premier nœud est (voir `R3.01.01`) : $x_1 = 0.39041002106984068 \text{ m}$

La section du tuyau, de rayon $R = 10\text{ m}$ et d'épaisseur $EP = 1\text{ m}$, est discrétisée en 2 couches et 4 secteurs (voir Figure 2.2), ce qui fait 45 sous-points.

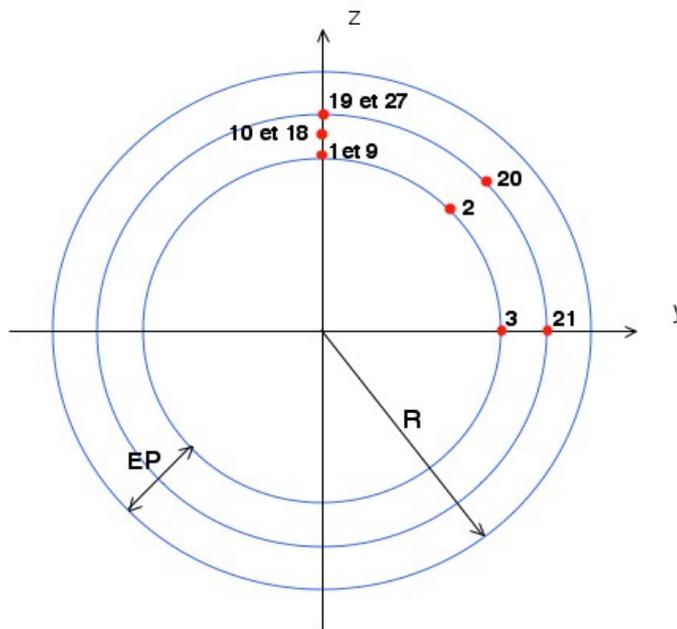


Figure Discrétisation de la section, position de quelques sous-points

Dans le repère de la section, la position des sous points choisis est :

Sous-point	y	z
1	0	9
2	6.3639610306789	6.3639610306789
3	9	0
19	0	9.5
21	9.5	0

2.3 Incertitudes sur la solution

Aucune, solution exacte.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques du maillage

Maillage du tuyau: le maillage est composé d'une maille type SEG3.

Le groupe de nœuds *ENC* est composé du nœud *P1* .

Le groupe de nœuds *CHA* est composé du nœud *P2* .

3.2 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation :

```
MOPOU=AFPE_MODELE (MAILLAGE=MAPOU,  
  AFPE=_F (TOUT='OUI', PHENOMENE='MECANIQUE',  
    MODELISATION='TUYAU_3M',),  
)
```

Conditions aux limites :

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

Chargement mécanique :

```
CHARGE=AFPE_CHAR_MECA (MODELE=MO,  
  FORCE_NODALE=_F (GROUP_NO='CHA',  
    FX = 100, FY = 100, FZ = 100.),  
)
```

Affectation des caractéristiques des éléments :

```
POUCA_0=AFPE_CARA_ELEM ( MODELE=MOPOU,  
  POUTRE=_F (GROUP_MA=('POUTRE'), SECTION='CERCLE',  
    CARA=('R','EP'), VALE=(10.,1.),  
    TUYAU_NSEC = 4, TUYAU_NCOU = 2),,  
)
```

3.3 Valeurs testées et résultats

Coordonnée maille SG01	point d'intégration	sous-point	Référence
COOR_X	1	1	-3.4488316
COOR_Y	1	1	-3.4488316
COOR_Z	1	1	7.5738722
COOR_X	1	2	-6.8726732
COOR_Y	1	2	2.1273268
COOR_Z	1	2	5.4215554
COOR_X	1	3	-6.1385580
COOR_Y	1	3	6.5893640
COOR_Z	1	3	0.2254030
COOR_X	1	19	-3.6529558
COOR_Y	1	19	-3.6529558
COOR_Z	1	19	7.9821205
COOR_X	1	21	-6.4921114
COOR_Y	1	21	6.9429174
COOR_Z	1	21	0.2254030

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

4 Synthèse des résultats

Ce test a pour but de vérifier que les positions des sous-points d'intégration de la modélisation TUYAU_3M sont bien calculées.

Pour cette modélisation, l'erreur maximale trouvée est de $1.5E-04\%$.