

## SSNS105 – Comportement non linéaire d'une nappe d'armatures

---

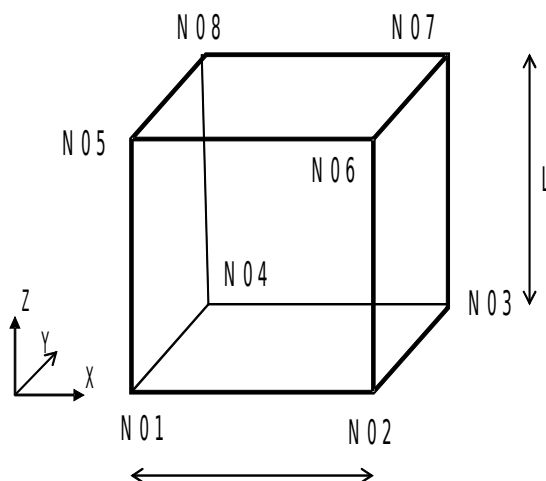
### Résumé :

L'objectif de ce test est de valider les modélisations grille\_membrane et grille\_excentre pour des nappes d'armatures. Le modèle de béton armé est soumis à un chargement de déplacements imposés: ddl\_impo. Le comportement non-linéaire des nappes d'armature est modélisé par GRILLE\_ISOT\_LINE pour la plasticité à écrouissage isotrope.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie

On considère un cube de béton armé de côté  $L = 1\text{ m}$ .



Les nappes d'armatures appartiennent au plan défini par les quatre nœuds  $N05 - N02 - N03 - N08$ .

Deux nappes d'armatures sont définies: une suivant la direction locale  $X$  et une suivant la direction locale  $Y$ .

Le taux de ferrailage pour chaque nappe d'armature est de  $0.1\text{ m}^2/\text{ml}$  (Section par mètre linéique).

### 1.2 Caractéristiques des modélisations

La maille de béton est modélisée avec un élément `HEXA8`.

Les modélisations considérées pour les nappes d'armature sont:

- modélisation A (§3): utilisation de `GRILLE_MEMBRANE` avec mailles de support `TRIA3`
- modélisation B (§4): utilisation de `GRILLE_MEMBRANE` avec mailles de support `QUAD4`
- modélisation C (§5): utilisation de `GRILLE_EXCENTRE` avec mailles de support `TRIA3`

### 1.3 Propriétés des matériaux

Le béton matériau est élastique isotrope dont les propriétés sont :

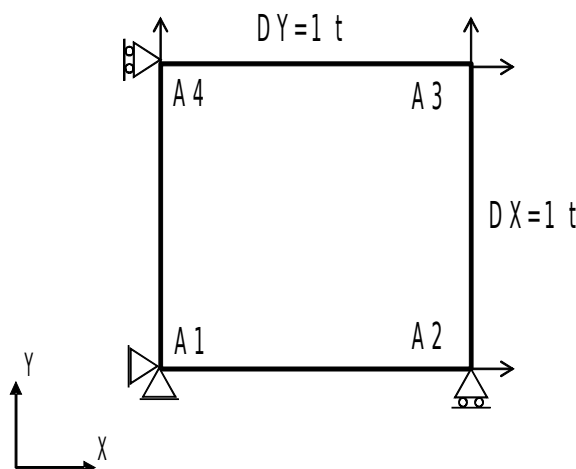
- $E_b = 20\,000\text{ MPa}$
- $\nu = 0.2$

La loi de comportement des armatures suit un modèle élastoplastique dont les propriétés sont:

- $E_a = 200\,000\text{ MPa}$
- $\nu = 0$
- $E_{ecr}^{acier} = 20\,000\text{ MPa}$
- $\sigma_e^{acier} = 200\,000\text{ MPa}$

Le modèle `GRILLE_ISOT_LINE` pour la plasticité à écrouissage isotrope est utilisé dans `STAT_NON_LINE`.

## 1.4 Conditions aux limites et chargements



Conditions aux limites:

- Encastrement en  $A1$
- $DX=0$  sur l'arête  $A1-A4$
- $DY=0$  sur l'arête  $A1-A2$
- $DZ=0$  sur la surface inférieure du cube (N01-N02-N03-N04)

Chargement par déplacements imposés:

- $DX=1$  sur l'arête  $A2-A3$
- $DY=1 t$  sur l'arête  $A3-A4$

où  $t$  est le paramètre de pseudo-temps.

## 1.5 Conditions initiales

Au départ les déplacements et les contraintes valent zéro partout.

## 2 Solution de référence

### 2.1 Méthode de calcul

Les résultats de référence sont obtenus par un autre calcul Aster.

### 2.2 Grandeurs et résultats de référence

On évalue les déplacements, les forces de réactions à différents nœuds du maillage, ainsi que les valeur locales de contraintes pour différentes mailles.

Ces valeurs sont obtenues pour trois instants  $t$  : formule formule  $t=1$  , formule formule  $t=2$  , formule formule  $t=10$  .

| Identification                                             | Type de référence | Valeur de référence |           |
|------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|-----------|
|                                                            |                   | Instant             | Valeur    |
| Point formule <i>N05</i><br>Déplacement formule <i>DZ</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | 1                   | -7,06E-01 |
|                                                            |                   | 2                   | -1,41E+00 |
|                                                            |                   | 10                  | -6,50E+00 |
| Point formule <i>N06</i><br>Déplacement formule <i>DZ</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | 1                   | -4,81E-01 |
|                                                            |                   | 2                   | -9,63E-01 |
|                                                            |                   | 10                  | -4,86E+00 |
| Point formule <i>N01</i><br>Force Nodale formule <i>DX</i> | 'AUTRE_ASTER'     | 1                   | -6,35E+09 |
|                                                            |                   | 2                   | -1,27E+10 |
|                                                            |                   | 10                  | -6,33E+10 |
| Point formule <i>N01</i><br>Force Nodale formule <i>DY</i> | 'AUTRE_ASTER'     | 1                   | -6,07E+09 |
|                                                            |                   | 2                   | -1,21E+10 |
|                                                            |                   | 10                  | -6,12E+10 |
| Point formule <i>N01</i><br>Force Nodale formule <i>DZ</i> | 'AUTRE_ASTER'     | 1                   | 5,72E+08  |
|                                                            |                   | 2                   | 1,14E+09  |
|                                                            |                   | 10                  | 4,18E+09  |

Contraintes dans la maille qui modélise la GRILLE MEMBRANE au point de Gauss numéro 1.

| SIGXX pour les mailles d'armatures orientées suivant <i>OX</i> |                     | SIGXX pour les mailles d'armatures orientées suivant <i>OY</i> |  |
|----------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------|--|
| Instant                                                        | Valeur de référence | Valeur de référence                                            |  |
| 1                                                              | 2,94E+10            | 2,00E+11                                                       |  |
| 2                                                              | 5,88E+10            | 2,20E+11                                                       |  |
| 10                                                             | 2,15E+11            | 3,80E+11                                                       |  |

Plasticité cumulé dans la maille qui modélise la GRILLE MEMBRANE au point de Gauss numéro 1.

| Variables Internes <i>v1</i> pour les mailles d'armatures orientées suivant <i>ox</i> |                     | Variables Internes <i>v1</i> pour les mailles d'armatures orientées suivant <i>oy</i> |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Instant                                                                               | Valeur de référence | Valeur de référence                                                                   |  |
| 2                                                                                     |                     | 9,00E-01                                                                              |  |
| 10                                                                                    | 6,73E-01            | 4,06E+04                                                                              |  |

Contraintes dans la maille de béton HEXA8 au point de Gauss numéro 1 : maille *BMA1*

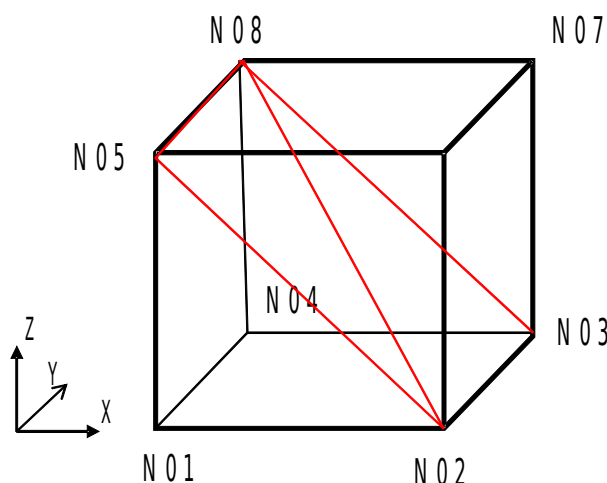
| Contraintes Maille HEXA8 point 1 |                     |          |           |          |
|----------------------------------|---------------------|----------|-----------|----------|
| Instant                          | Valeur de référence |          |           |          |
|                                  | SIXX                | SIYY     | SIZZ      | SIXZ     |
| 1                                | 2,41E+10            | 2,41E+10 | -3,52E+09 | 3,96E+08 |
| 2                                | 4,82E+10            | 4,82E+10 | -7,04E+09 | 7,91E+08 |
| 10                               | 2,44E+11            | 2,44E+11 | -2,57E+10 | 2,89E+09 |

## 3 Modélisation A

### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation volumique 3D pour le béton et un modèle `GRILLE_MEMBRANE` pour les armatures dont les mailles supports sont des triangles à 3 nœuds.

### 3.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds: 8

Nombre de mailles:

- 1 maille `HEXA8` pour le béton
- 2 mailles `TRIA3` pour les nappes d'armatures (  $N05 - N02 - N08$  et  $N08 - N02 - N03$  )

Deux modèles `GRILLE_MEMBRANE` sont définis pour les armatures (une suivant la direction locale  $X$  , une suivant la direction locale  $Y$  )

### 3.3 Grandeurs testées et résultats

| Instant | Champ     | Composante | Lieu                           | Référence | Tolérance |
|---------|-----------|------------|--------------------------------|-----------|-----------|
| 1       | DEPL      | DZ         | nœud : <i>N05</i>              | -7,06E-01 | 0,10%     |
| 1       | DEPL      | DZ         | nœud : <i>N06</i>              | -4,81E-01 | 0,10%     |
| 1       | FORC_NODA | DX         | nœud : <i>N01</i>              | -6,35E+09 | 0,10%     |
| 1       | FORC_NODA | DY         | nœud : <i>N01</i>              | -6,07E+09 | 0,10%     |
| 1       | FORC_NODA | DZ         | nœud : <i>N01</i>              | 5,72E+08  | 0,10%     |
| 1       | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : <i>BMA1</i> , point:1 | 2,00E+11  | 0,10%     |
| 1       | SIGM_ELNO | SIXX       | maille : <i>BMA1</i> , point:1 | 2,00E+11  | 0,10%     |
| 1       | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : <i>MA1</i> , point:1  | 2,94E+10  | 0,10%     |
| 1       | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : <i>MA3</i> , point:1  | 2,41E+10  | 0,10%     |
| 1       | SIEF_ELGA | SIYY       | maille : <i>MA3</i> , point:1  | 2,41E+10  | 0,10%     |
| 1       | SIEF_ELGA | SIZZ       | maille : <i>MA3</i> , point:1  | -3,52E+09 | 0,10%     |
| 1       | SIEF_ELGA | SIXZ       | maille : <i>MA3</i> , point:1  | 3,96E+08  | 0,10%     |

| Instant | Champ     | Composante | Lieu                              | Référence | Tolérance |
|---------|-----------|------------|-----------------------------------|-----------|-----------|
| 2       | DEPL      | DZ         | Nœud : <i>NO5</i>                 | -1,41E+00 | 0,10%     |
| 2       | DEPL      | DZ         | nœud : <i>NO6</i>                 | -9,63E-01 | 0,10%     |
| 2       | FORC_NODA | DX         | nœud : <i>NO1</i>                 | -1,27E+10 | 0,10%     |
| 2       | FORC_NODA | DY         | nœud : <i>NO1</i>                 | -1,21E+10 | 0,10%     |
| 2       | FORC_NODA | DZ         | nœud : <i>NO1</i>                 | 1,14E+09  | 0,10%     |
| 2       | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : <i>BMA1</i> ,<br>point:1 | 2,20E+11  | 0,10%     |
| 2       | SIGM_ELNO | SIXX       | maille : <i>BMA1</i> ,<br>point:1 | 2,20E+11  | 0,10%     |
| 2       | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : <i>MA1</i> , point:1     | 5,88E+10  | 0,10%     |
| 2       | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : <i>MA3</i> , point:1     | 4,82E+10  | 0,10%     |
| 2       | SIEF_ELGA | SIYY       | maille : <i>MA3</i> , point:1     | 4,82E+10  | 0,10%     |
| 2       | SIEF_ELGA | SIZZ       | maille : <i>MA3</i> , point:1     | -7,04E+09 | 0,10%     |
| 2       | SIEF_ELGA | SIXZ       | maille : <i>MA3</i> , point:1     | 7,91E+08  | 0,10%     |
| 2       | VARI_ELGA | V1         | maille : <i>BMA1</i> ,<br>point:1 | 9,00E-01  | 0,10%     |
| 2       | VARI_ELNO | V1         | maille : <i>BMA1</i> ,<br>point:1 | 9,00E-01  | 0,10%     |

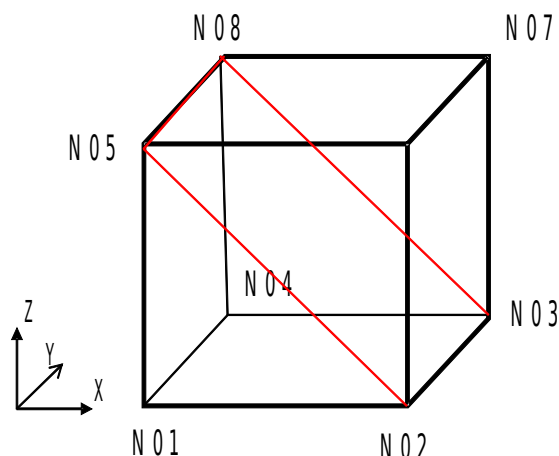
| Instant | Champ     | Composante | Lieu                           | Référence | Tolérance |
|---------|-----------|------------|--------------------------------|-----------|-----------|
| 10      | DEPL      | DZ         | nœud : <i>NO5</i>              | -6,50E+00 | 0,10%     |
| 10      | DEPL      | DZ         | nœud : <i>NO6</i>              | -4,86E+00 | 0,10%     |
| 10      | FORC_NODA | DX         | nœud : <i>NO1</i>              | -6,33E+10 | 0,10%     |
| 10      | FORC_NODA | DY         | nœud : <i>NO1</i>              | -6,12E+10 | 0,10%     |
| 10      | FORC_NODA | DZ         | nœud : <i>NO1</i>              | 4,18E+09  | 0,10%     |
| 10      | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : <i>BMA1</i> , point:1 | 3,80E+11  | 0,10%     |
| 10      | SIGM_ELNO | SIXX       | maille : <i>BMA1</i> , point:1 | 3,80E+11  | 0,10%     |
| 10      | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : <i>MA1</i> , point:1  | 2,15E+11  | 0,10%     |
| 10      | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : <i>MA3</i> , point:1  | 2,44E+11  | 0,10%     |
| 10      | SIEF_ELGA | SIYY       | maille : <i>MA3</i> , point:1  | 2,44E+11  | 0,10%     |
| 10      | SIEF_ELGA | SIZZ       | maille : <i>MA3</i> , point:1  | -2,57E+10 | 0,10%     |
| 10      | SIEF_ELGA | SIXZ       | maille : <i>MA3</i> , point:1  | 2,89E+09  | 0,10%     |
| 10      | VARI_ELGA | V1         | maille : <i>BMA1</i> , point:1 | 8,10E+00  | 0,10%     |
| 10      | VARI_ELGA | V1         | maille : <i>MA1</i> , point:1  | 6,73E-01  | 0,10%     |
| 10      | VARI_ELNO | V1         | maille : <i>MA1</i> , point:1  | 6,73E-01  | 0,10%     |

## 4 Modélisation B

### 4.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation volumique 3D pour le béton et un modèle GRILLE\_MEMBRANE pour les armatures dont les mailles supports sont des quadrangles à quatre nœuds.

### 4.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds: 8

Nombre de mailles:

- 1 maille HEXA8 pour le béton
- 1 maille QUAD4 pour les nappes d'armatures (N05-N02-N03-N08)

Deux modèles GRILLE\_MEMBRANE sont définis pour les armatures (une suivant la direction  $X$ , une suivant la direction  $Y$ )

### 4.3 Grandeurs testées et résultats

| Instant | Champ     | Composante | Lieu                    | Référence | Tolérance |
|---------|-----------|------------|-------------------------|-----------|-----------|
| 1       | DEPL      | DZ         | nœud : NO5              | -7,06E-01 | 0,10%     |
| 1       | DEPL      | DZ         | nœud : NO6              | -4,81E-01 | 0,10%     |
| 1       | FORC_NODA | DX         | nœud : NO1              | -6,35E+09 | 0,10%     |
| 1       | FORC_NODA | DY         | nœud : NO1              | -6,07E+09 | 0,10%     |
| 1       | FORC_NODA | DZ         | nœud : NO1              | 5,72E+08  | 0,10%     |
| 1       | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : BMA1 , point:1 | 2,00E+11  | 0,10%     |
| 1       | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : MA1 , point:1  | 2,94E+10  | 0,10%     |
| 1       | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : MA3 , point:1  | 2,41E+10  | 0,10%     |
| 1       | SIEF_ELGA | SIYY       | maille : MA3 , point:1  | 2,41E+10  | 0,10%     |
| 1       | SIEF_ELGA | SIZZ       | maille : MA3 , point:1  | -3,52E+09 | 0,10%     |
| 1       | SIEF_ELGA | SIXZ       | maille : MA3 , point:1  | 3,96E+08  | 0,10%     |

| Instant | Champ     | Composante | Lieu                           | Référence | Tolérance |
|---------|-----------|------------|--------------------------------|-----------|-----------|
| 2       | DEPL      | DZ         | nœud : <i>NO5</i>              | -1,41E+00 | 0,10%     |
| 2       | DEPL      | DZ         | nœud : <i>NO6</i>              | -9,63E-01 | 0,10%     |
| 2       | FORC_NODA | DX         | nœud : <i>NO1</i>              | -1,27E+10 | 0,10%     |
| 2       | FORC_NODA | DY         | nœud : <i>NO1</i>              | -1,21E+10 | 0,10%     |
| 2       | FORC_NODA | DZ         | nœud : <i>NO1</i>              | 1,14E+09  | 0,10%     |
| 2       | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : <i>BMA1</i> , point:1 | 2,20E+11  | 0,10%     |
| 2       | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : <i>MA1</i> , point:1  | 5,88E+10  | 0,10%     |
| 2       | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : <i>MA3</i> , point:1  | 4,82E+10  | 0,10%     |
| 2       | SIEF_ELGA | SIYY       | maille : <i>MA3</i> , point:1  | 4,82E+10  | 0,10%     |
| 2       | SIEF_ELGA | SIZZ       | maille : <i>MA3</i> , point:1  | -7,04E+09 | 0,10%     |
| 2       | SIEF_ELGA | SIXZ       | maille : <i>MA3</i> , point:1  | 7,91E+08  | 0,10%     |
| 2       | VARI_ELGA | V1         | maille : <i>BMA1</i> , point:1 | 9,00E-01  | 0,10%     |

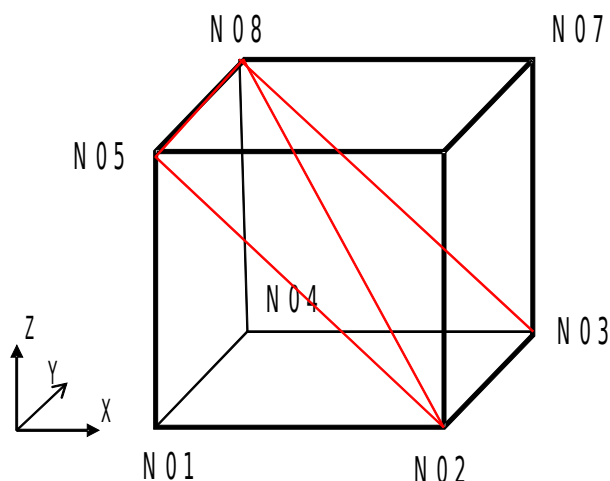
| Instant | Champ     | Composante | Lieu                           | Référence | Tolérance |
|---------|-----------|------------|--------------------------------|-----------|-----------|
| 10      | DEPL      | DZ         | nœud : <i>NO5</i>              | -6,50E+00 | 0,10%     |
| 10      | DEPL      | DZ         | nœud : <i>NO6</i>              | -4,86E+00 | 0,10%     |
| 10      | FORC_NODA | DX         | nœud : <i>NO1</i>              | -6,33E+10 | 0,10%     |
| 10      | FORC_NODA | DY         | nœud : <i>NO1</i>              | -6,12E+10 | 0,10%     |
| 10      | FORC_NODA | DZ         | nœud : <i>NO1</i>              | 4,18E+09  | 0,10%     |
| 10      | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : <i>BMA1</i> , point:1 | 3,80E+11  | 0,10%     |
| 10      | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : <i>MA1</i> , point:1  | 2,15E+11  | 0,10%     |
| 10      | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : <i>MA3</i> , point:1  | 2,44E+11  | 0,10%     |
| 10      | SIEF_ELGA | SIYY       | maille : <i>MA3</i> , point:1  | 2,44E+11  | 0,10%     |
| 10      | SIEF_ELGA | SIZZ       | maille : <i>MA3</i> , point:1  | -2,57E+10 | 0,10%     |
| 10      | SIEF_ELGA | SIXZ       | maille : <i>MA3</i> , point:1  | 2,89E+09  | 0,10%     |
| 10      | VARI_ELGA | V1         | maille : <i>BMA1</i> , point:1 | 8,10E+00  | 0,10%     |
| 10      | VARI_ELGA | V1         | maille : <i>MA1</i> , point:1  | 6,73E-01  | 0,10%     |

## 5 Modélisation C

### 5.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation volumique 3D pour le béton et un modèle GRILLE\_EXCENTRE pour les armatures dont les mailles supports sont des triangles à trois nœuds.

### 5.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds: 8

Nombre de mailles:

- 1 maille HEXA8 pour le béton
- 2 mailles TRIA3 pour les nappes d'armatures (  $N05 - N02 - N08$  et  $N08 - N02 - N03$  )

Deux modèles GRILLE\_EXCENTRE sont définis pour les armatures (une suivant la direction locale  $X$ , une suivant la direction locale  $Y$  )

Aux conditions aux limites décrites en §1.4 s'ajoutent les conditions  $DRX=0$ ,  $DRY=0$ ,  $DRZ=0$  aux nœuds N02-N03-N05-N08.

### 5.3 Grandeurs testées et résultats

| Instant | Champ     | Composante | Lieu                          | Référence | Tolérance |
|---------|-----------|------------|-------------------------------|-----------|-----------|
| 1       | DEPL      | DZ         | nœud : <i>N05</i>             | -7,06E-01 | 0,10%     |
| 1       | DEPL      | DZ         | nœud : <i>N06</i>             | -4,81E-01 | 0,10%     |
| 1       | FORC_NODA | DX         | nœud : <i>N01</i>             | -6,35E+09 | 0,10%     |
| 1       | FORC_NODA | DY         | nœud : <i>N01</i>             | -6,07E+09 | 0,10%     |
| 1       | FORC_NODA | DZ         | nœud : <i>N01</i>             | 5,72E+08  | 0,10%     |
| 1       | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : <i>MA1</i> , point:1 | 2,94E+10  | 0,10%     |
| 1       | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : <i>MA3</i> , point:1 | 2,41E+10  | 0,10%     |
| 1       | SIEF_ELGA | SIZZ       | maille : <i>MA3</i> , point:1 | -3,52E+09 | 0,10%     |
| 1       | SIEF_ELGA | SIXZ       | maille : <i>MA3</i> , point:1 | 3,96E+08  | 0,10%     |

| Instant | Champ     | Composante | Lieu                           | Référence | Tolérance |
|---------|-----------|------------|--------------------------------|-----------|-----------|
| 2       | DEPL      | DZ         | nœud : <i>NO5</i>              | -1,41E+00 | 0,10%     |
| 2       | DEPL      | DZ         | nœud : <i>NO6</i>              | -9,63E-01 | 0,10%     |
| 2       | FORC_NODA | DX         | nœud : <i>NO1</i>              | -1,27E+10 | 0,10%     |
| 2       | FORC_NODA | DY         | nœud : <i>NO1</i>              | -1,21E+10 | 0,10%     |
| 2       | FORC_NODA | DZ         | nœud : <i>NO1</i>              | 1,14E+09  | 0,10%     |
| 2       | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : <i>MA1</i> , point:1  | 5,88E+10  | 0,10%     |
| 2       | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : <i>MA3</i> , point:1  | 4,82E+10  | 0,10%     |
| 2       | SIEF_ELGA | SIZZ       | maille : <i>MA3</i> , point:1  | -7,04E+09 | 0,10%     |
| 2       | SIEF_ELGA | SIXZ       | maille : <i>MA3</i> , point:1  | 7,91E+08  | 0,10%     |
| 2       | VARI_ELGA | V1         | maille : <i>BMA1</i> , point:1 | 9,00E-01  | 0,10%     |

| Instant | Champ     | Composante | Lieu                           | Référence | Tolérance |
|---------|-----------|------------|--------------------------------|-----------|-----------|
| 10      | DEPL      | DZ         | nœud : <i>NO5</i>              | -6,50E+00 | 0,10%     |
| 10      | DEPL      | DZ         | nœud : <i>NO6</i>              | -4,86E+00 | 0,10%     |
| 10      | FORC_NODA | DX         | nœud : <i>NO1</i>              | -6,33E+10 | 0,10%     |
| 10      | FORC_NODA | DY         | nœud : <i>NO1</i>              | -6,12E+10 | 0,10%     |
| 10      | FORC_NODA | DZ         | nœud : <i>NO1</i>              | 4,18E+09  | 0,10%     |
| 10      | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : <i>MA1</i> , point:1  | 2,15E+11  | 0,10%     |
| 10      | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : <i>MA3</i> , point:1  | 2,44E+11  | 0,10%     |
| 10      | SIEF_ELGA | SIZZ       | maille : <i>MA3</i> , point:1  | -2,57E+10 | 0,10%     |
| 10      | SIEF_ELGA | SIXZ       | maille : <i>MA3</i> , point:1  | 2,89E+09  | 0,10%     |
| 10      | VARI_ELGA | V1         | maille : <i>BMA1</i> , point:1 | 8,10E+00  | 0,10%     |
| 10      | VARI_ELGA | V1         | maille : <i>MA1</i> , point:1  | 6,73E-01  | 0,10%     |

## Calcul élastique

| Instant | Champ     | Composante | Lieu                          | Référence | Tolérance |
|---------|-----------|------------|-------------------------------|-----------|-----------|
| 1       | DEPL      | DZ         | nœud : <i>NO5</i>             | -7,06E-01 | 0,10%     |
| 1       | DEPL      | DZ         | nœud : <i>NO6</i>             | -4,81E-01 | 0,10%     |
| 1       | FORC_NODA | DX         | nœud : <i>NO1</i>             | -6,35E+09 | 0,10%     |
| 1       | FORC_NODA | DY         | nœud : <i>NO1</i>             | -6,07E+09 | 0,10%     |
| 1       | FORC_NODA | DZ         | nœud : <i>NO1</i>             | 5,72E+08  | 0,10%     |
| 1       | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : <i>MA1</i> , point:1 | 2,94E+10  | 0,10%     |
| 1       | SIEF_ELGA | SIXX       | maille : <i>MA3</i> , point:1 | 2,41E+10  | 0,10%     |
| 1       | SIEF_ELGA | SIZZ       | maille : <i>MA3</i> , point:1 | -3,52E+09 | 0,10%     |
| 1       | SIEF_ELGA | SIXZ       | maille : <i>MA3</i> , point:1 | 3,96E+08  | 0,10%     |

---

## 6 Synthèse

Les différentes modélisations de ce cas test valident le comportement GRILLE\_MEMBRANE et GRILLE\_EXCENTRE pour une structure complète.