

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

---

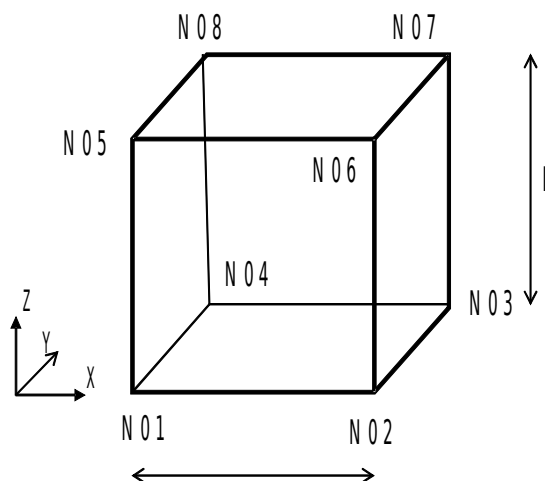
### Résumé :

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 :

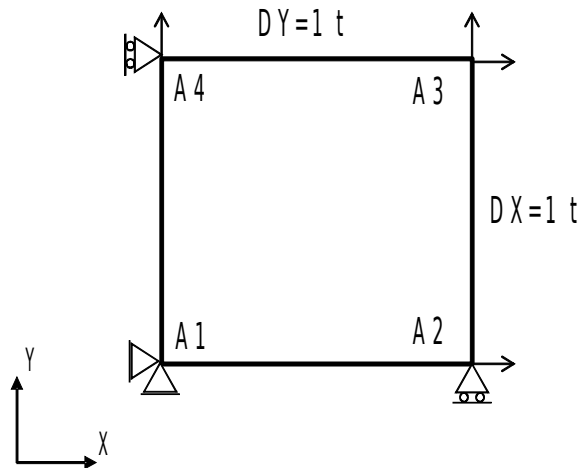
- $E_b = 20\,000\text{ MPa}$
- $\nu = 0.2$

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 valeurs 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> Déplacement formule <i>DZ</i>	'AUTRE_ASTER'	1	-7,06E-01
		2	-1,41E+00
		10	-6,50E+00
Point formule <i>N06</i> Déplacement formule <i>DZ</i>	'AUTRE_ASTER'	1	-4,81E-01
		2	-9,63E-01
		10	-4,86E+00
Point formule <i>N01</i> 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> 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> 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*

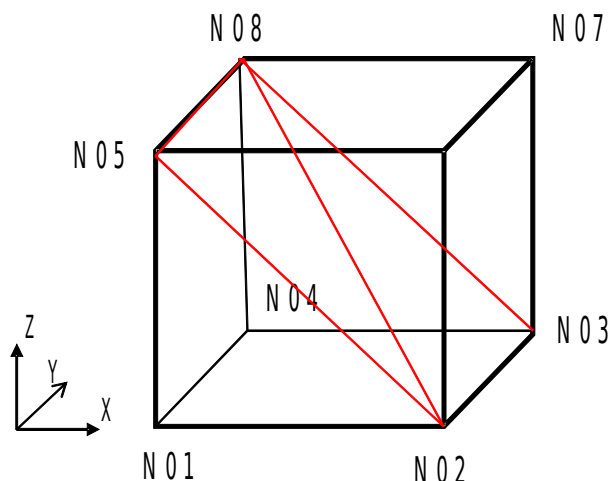
Contraintes Maille HEXA8 point 1				
Instant	Valeur de référence			
	SIXX	SIYY	SIZZ	SIXZ
1	2,41E+10	2,41E+10	-3,52E+09	3,96E+08
2	4,82E+10	4,82E+10	-7,04E+09	7,91E+08
10	2,44E+11	2,44E+11	-2,57E+10	2,89E+09

### 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> , point:1	2,20E+11	0,10%
2	SIGM_ELNO	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%
2	VARI_ELNO	V1	maille : <i>BMA1</i> , point:1	9,00E-01	0,10%

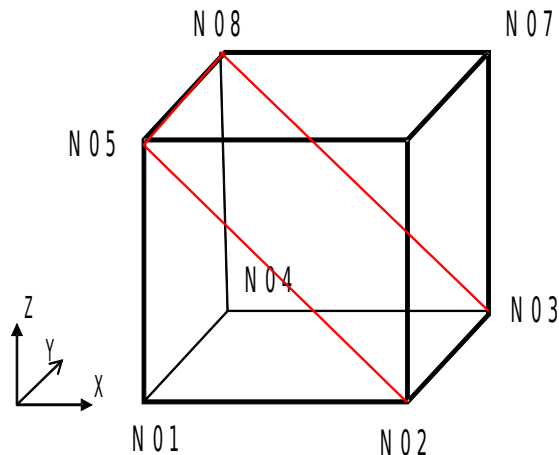
Instant	Champ	Composante	Lieu	Référence	Tolérance
10	DEPL	DZ	nœud : <i>NO5</i>	-6,50E+00	0,10%
10	DEPL	DZ	nœud : <i>NO6</i>	-4,86E+00	0,10%
10	FORC_NODA	DX	nœud : <i>NO1</i>	-6,33E+10	0,10%
10	FORC_NODA	DY	nœud : <i>NO1</i>	-6,12E+10	0,10%
10	FORC_NODA	DZ	nœud : <i>NO1</i>	4,18E+09	0,10%
10	SIEF_ELGA	SIXX	maille : <i>BMA1</i> , point:1	3,80E+11	0,10%
10	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%

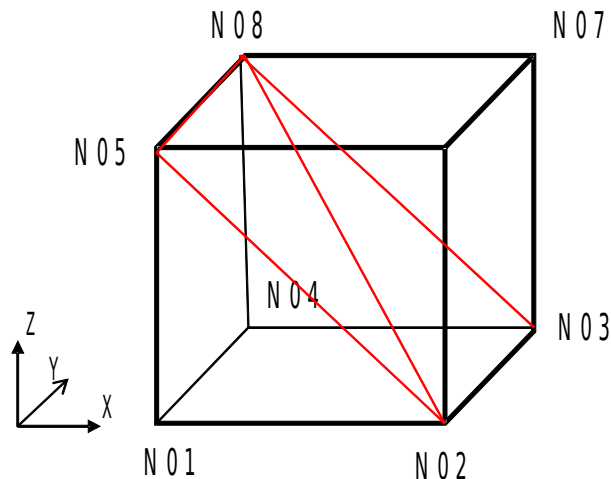


## 5 Modélisation C

### 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 : N05	-7,06E-01	0,10%
1	DEPL	DZ	nœud : N06	-4,81E-01	0,10%
1	FORC_NODA	DX	nœud : N01	-6,35E+09	0,10%
1	FORC_NODA	DY	nœud : N01	-6,07E+09	0,10%
1	FORC_NODA	DZ	nœud : N01	5,72E+08	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	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>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.