

## SSLS129 – Plaque ondulée sinusoïdale soumise à des chargements forces linéiques

---

### Résumé

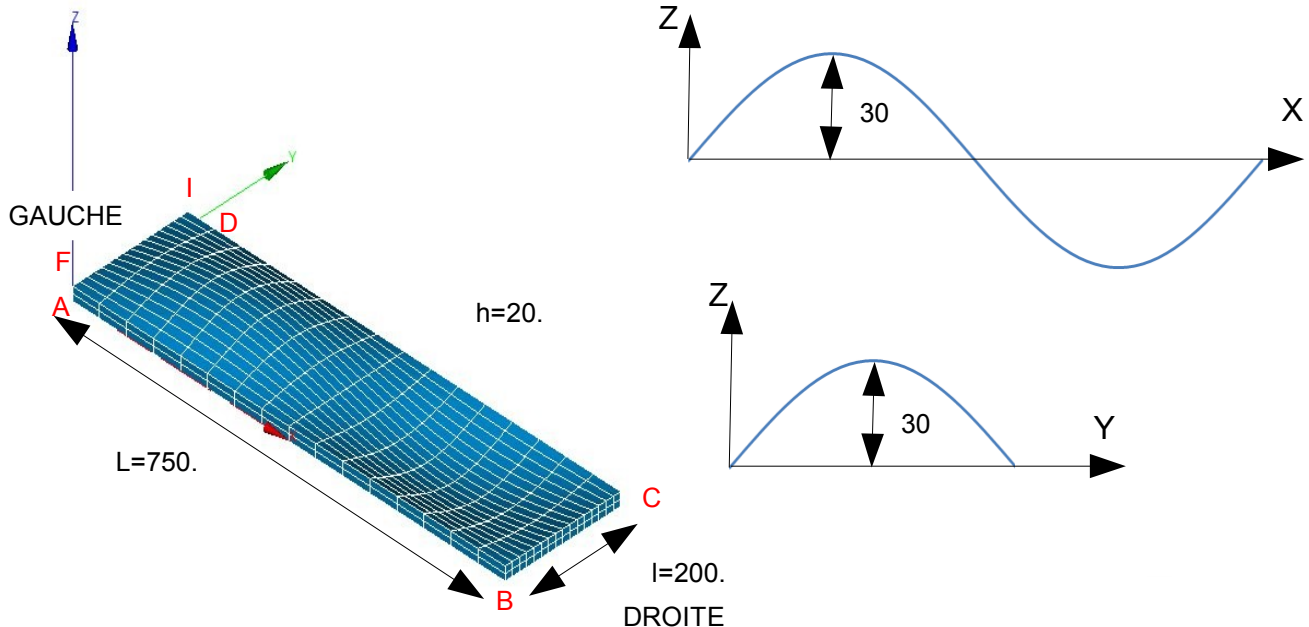
Ce test permet de valider la prise en compte de chargement linéiques.

Les trois modélisations validées sont les suivantes:

- Modélisation A : 3D ,
- Modélisation B : COQUE\_3D ,
- Modélisation C : SHB .

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



| Point | $X (mm)$ | $Y (mm)$ | $Z (mm)$ |
|-------|----------|----------|----------|
| A     | 0        | 0        | 0        |
| B     | 750      | 0        | 10       |
| C     | 750      | 200      | 10       |
| D     | 0        | 200      | 0        |
| F     | 0        | 0        | 20       |
| I     | 0        | 200      | 20       |

La cote  $z$  de la plaque est définie par l'équation suivante:  $z = 30 \sin(2\pi x/L) \sin(\pi y/l)$

### 1.2 Propriétés matériaux

Le matériau a un comportement élastique isotrope :

- Module d'Young :  $E = 204\,000 \text{ MPa}$
- Coefficient de Poisson:  $\nu = 0.3$

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

Conditions aux limites :

- Encastrement sur le coté *GAUCHE*

Modélisation 3D,  $SHB$  : 3 cas de chargements surfaciques sur le coté *DROITE* :

- $f_x = 0.5 \text{ N/mm}^2$
- $f_y = 0.5 \text{ N/mm}^2$

- $f_z = -0.5 \text{ N/mm}^2$

Modélisation COQUE\_3D ; 2 cas de chargements linéiques sur le coté *DROITE*

- $f_x = 10. \text{ N/mm}$
- $f_z = -10. \text{ N/mm}$

## 2 Solution de référence

### 2.1 Solution de référence

La solution de référence est :

- "ANALYTIQUE" pour les efforts et moment résultants ,
- "NON\_REGRESSION" pour les déplacements et les contraintes (modélisation A)
- "AUTRE\_ASTER" pour les déplacements et les contraintes (modélisations B et C). Les résultats obtenus avec la modélisation A servent de solution de référence.

Calculs des efforts et moments résultants

- Cas de charge linéique  $f_x$

$$R_x = \int_s f_x ds = f_x \cdot h \cdot l = 2000 \text{ N}$$

$$M_y = \int_s f_x z ds = \frac{(f_x \cdot h^2)}{2} l = 20000 \text{ N.mm}$$

$$M_z = \int_s f_x y ds = \frac{(f_x \cdot l^2)}{2} h = 200000 \text{ N.mm}$$

- Cas de charge linéique  $f_y$

$$R_y = \int_s f_y ds = f_y \cdot h \cdot l = 2000 \text{ N}$$

$$M_x = \int_s f_y z ds = \frac{(f_y \cdot h^2)}{2} l = 20000 \text{ N.mm}$$

$$M_z = \int_s f_y L ds = f_y \cdot h \cdot l \cdot L = 1500000 \text{ N.mm}$$

- Cas de charge linéique  $f_z$

$$R_z = \int_s f_z ds = f_z \cdot h \cdot l = 2000 \text{ N}$$

$$M_x = \int_s f_z y ds = \frac{(f_z \cdot l^2)}{2} h = 200000 \text{ N.mm}$$

$$M_y = \int_s f_z L ds = f_z \cdot h \cdot l \cdot L = 1500000 \text{ N.mm}$$

### 2.2 Grandeurs de référence

- Efforts résultants : *RESULT\_X, RESULT\_Y, RESULT\_Z*
- Moments résultants : *MOMENT\_X, MOMENT\_Y, MOMENT\_Z*
- Déplacements : *DX, DY, DZ*
- Contraintes : *SIXX*

## 2.3 Résultats de référence

- Cas de charge linéique  $f_x$

| Point | Identification |             | Type de référence | Valeur de référence |
|-------|----------------|-------------|-------------------|---------------------|
|       | GROUP_MA       | Composantes |                   |                     |
| A     | GAUCHE         | RESULT_X    | 'ANALYTIQUE'      | -2 000. N           |
|       | DROITE         | RESULT_X    | 'ANALYTIQUE'      | 2 000. N            |
|       | GAUCHE         | MOMENT_Y    | 'ANALYTIQUE'      | -20 000. N.mm       |
|       | GAUCHE         | MOMENT_Z    | 'ANALYTIQUE'      | -200 000. N.mm      |

| Identification |      | Type de référence | Valeur de référence |
|----------------|------|-------------------|---------------------|
| Point A        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | 1.067538 MPa        |
| Point B        | DX   | 'NON_REGRESSION'  | 5.676675E-3 mm      |
| Point C        | DX   | 'NON_REGRESSION'  | 5.837494E-3 mm      |
| Point D        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | 1.030237 MPa        |
| Point F        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | 1.435778 MPa        |
| Point I        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | 1.472049 MPa        |

- Cas de charge linéique  $f_y$

| Point | Identification |             | Type de référence | Valeur de référence |
|-------|----------------|-------------|-------------------|---------------------|
|       | GROUP_MA       | Composantes |                   |                     |
| A     | GAUCHE         | RESULT_Y    | 'ANALYTIQUE'      | -2 000. N           |
|       | DROITE         | RESULT_Y    | 'ANALYTIQUE'      | 2 000. N            |
|       | GAUCHE         | MOMENT_X    | 'ANALYTIQUE'      | 20 000. N.mm        |
|       | GAUCHE         | MOMENT_Z    | 'ANALYTIQUE'      | -1.50 E6 N.mm       |

| Identification |      | Type de référence | Valeur de référence |
|----------------|------|-------------------|---------------------|
| Point A        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | 4.55542676 MPa      |
| Point B        | DY   | 'NON_REGRESSION'  | 0.15476384 mm       |
| Point C        | DY   | 'NON_REGRESSION'  | 0.15475096 mm       |
| Point D        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | -4.43905267 MPa     |
| Point F        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | 26.8162393 MPa      |
| Point I        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | -26.9483395 MPa     |

- Cas de charge linéique  $fz$

| Identification |          |             | Type de référence | Valeur de référence |
|----------------|----------|-------------|-------------------|---------------------|
| Point          | GROUP_MA | Composantes |                   |                     |
| A              | GAUCHE   | RESULT_Z    | 'ANALYTIQUE'      | 2 000. N            |
|                | DROITE   | RESULT_Z    | 'ANALYTIQUE'      | -2 000. N           |
|                | GAUCHE   | MOMENT_X    | 'ANALYTIQUE'      | 200 000. N.mm       |
|                | GAUCHE   | MOMENT_Y    | 'ANALYTIQUE'      | -1.50 E6 N.mm       |

| Identification |      | Type de référence | Valeur de référence |
|----------------|------|-------------------|---------------------|
| Point A        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | -132.297834 MPa     |
| Point B        | DZ   | 'NON_REGRESSION'  | -6.2097302 mm       |
| Point C        | DZ   | 'NON_REGRESSION'  | -6.2082328 mm       |
| Point D        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | -131.564485 Mpa     |
| Point F        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | 37.0401177 MPa      |
| Point I        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | 36.1921083 MPa      |

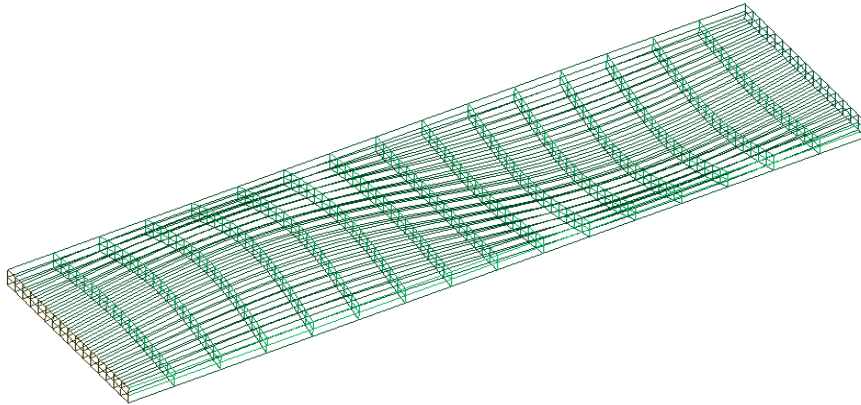
## 2.4 Incertitude sur la solution

Solutions analytiques et numériques.

## 3 Modélisation A

### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation 3D.



### 3.2 Caractéristiques du maillage

- Nombre de nœuds : 3 077
- Nombre de mailles et types : 512 HEXA20

### 3.3 Résultats

- Cas de charge surfacique  $f_x$

| Identification |          |             | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance (%)    |
|----------------|----------|-------------|-------------------|---------------------|------------------|
| Point          | GROUP_MA | Composantes |                   |                     |                  |
| A              | GAUCHE   | RESULT_X    | 'ANALYTIQUE'      | -2 000. N           | 10 <sup>-6</sup> |
|                | DROITE   | RESULT_X    | 'ANALYTIQUE'      | 2 000. N            | 10 <sup>-6</sup> |
|                | GAUCHE   | MOMENT_Y    | 'ANALYTIQUE'      | -20 000. N.mm       | 10 <sup>-6</sup> |
|                | GAUCHE   | MOMENT_Z    | 'ANALYTIQUE'      | -200 000. N.mm      | 10 <sup>-6</sup> |

| Identification |      | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance (%)    |
|----------------|------|-------------------|---------------------|------------------|
| Point A        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | 1.067538 MPa        | 10 <sup>-6</sup> |
| Point B        | DX   | 'NON_REGRESSION'  | 5.676675E-3 mm      | 10 <sup>-6</sup> |
| Point C        | DX   | 'NON_REGRESSION'  | 5.837494E-3 mm      | 10 <sup>-6</sup> |
| Point D        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | 1.030237 MPa        | 10 <sup>-6</sup> |
| Point F        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | 1.435778 MPa        | 10 <sup>-6</sup> |
| Point I        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | 1.472049 MPa        | 10 <sup>-6</sup> |

- Cas de charge surfacique  $f_y$

| Identification |          |             | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance (%)    |
|----------------|----------|-------------|-------------------|---------------------|------------------|
| Point          | GROUP_MA | Composantes |                   |                     |                  |
| A              | GAUCHE   | RESULT_Y    | 'ANALYTIQUE'      | -2 000. N           | 10 <sup>-6</sup> |
|                | DROITE   | RESULT_Y    | 'ANALYTIQUE'      | 2 000. N            | 10 <sup>-6</sup> |
|                | GAUCHE   | MOMENT_X    | 'ANALYTIQUE'      | 20 000. N.mm        | 10 <sup>-6</sup> |
|                | GAUCHE   | MOMENT_Z    | 'ANALYTIQUE'      | -1.50 E6 N.mm       | 10 <sup>-6</sup> |

| Identification |      | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance (%)    |
|----------------|------|-------------------|---------------------|------------------|
| Point A        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | 4.55542676 MPa      | 10 <sup>-6</sup> |
| Point B        | DY   | 'NON_REGRESSION'  | 0.15476384 mm       | 10 <sup>-6</sup> |
| Point C        | DY   | 'NON_REGRESSION'  | 0.15475096 mm       | 10 <sup>-6</sup> |
| Point D        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | -4.43905267 MPa     | 10 <sup>-6</sup> |
| Point F        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | 26.8162393 MPa      | 10 <sup>-6</sup> |
| Point I        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | -26.9483395 MPa     | 10 <sup>-6</sup> |

- Cas de charge surfacique  $f_z$

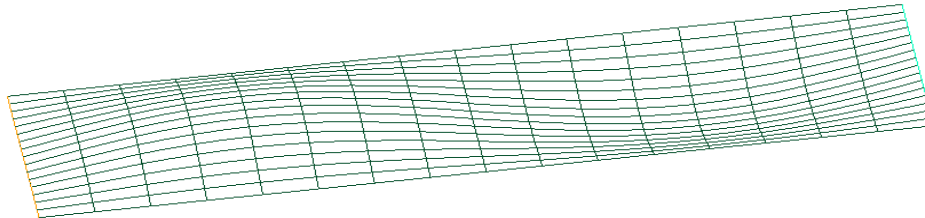
| Identification |          |             | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance (%)    |
|----------------|----------|-------------|-------------------|---------------------|------------------|
| Point          | GROUP_MA | Composantes |                   |                     |                  |
| A              | GAUCHE   | RESULT_Z    | 'ANALYTIQUE'      | 2 000. N            | 10 <sup>-6</sup> |
|                | DROITE   | RESULT_Z    | 'ANALYTIQUE'      | -2 000. N           | 10 <sup>-6</sup> |
|                | GAUCHE   | MOMENT_X    | 'ANALYTIQUE'      | 200 000. N.mm       | 10 <sup>-6</sup> |
|                | GAUCHE   | MOMENT_Y    | 'ANALYTIQUE'      | -1.50 E6 N.mm       | 10 <sup>-6</sup> |

| Identification |      | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance (%)    |
|----------------|------|-------------------|---------------------|------------------|
| Point A        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | -132.297834 MPa     | 10 <sup>-6</sup> |
| Point B        | DZ   | 'NON_REGRESSION'  | -6.2097302 mm       | 10 <sup>-6</sup> |
| Point C        | DZ   | 'NON_REGRESSION'  | -6.2082328 mm       | 10 <sup>-6</sup> |
| Point D        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | -131.564485 Mpa     | 14               |
| Point F        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | 37.0401177 MPa      | 10 <sup>-6</sup> |
| Point I        | SIXX | 'NON_REGRESSION'  | 36.1921083 MPa      | 14               |

## 4 Modélisation B

### 4.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation COQUE\_3D .



### 4.2 Caractéristiques du maillage

- Nombre de nœuds : 1 089
- Nombre de mailles et types : 256 QUAD9

### 4.3 Résultats

- Cas de charge linéique  $f_x$

| Identification |          |             | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance (%)    |
|----------------|----------|-------------|-------------------|---------------------|------------------|
| Point          | GROUP_MA | Composantes |                   |                     |                  |
| A              | GAUCHE   | RESULT_X    | 'ANALYTIQUE'      | -2 000. N           | 10 <sup>-7</sup> |
|                | DROITE   | RESULT_X    | 'ANALYTIQUE'      | 2 000. N            | 10 <sup>-7</sup> |

| Identification |     | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance (%) |
|----------------|-----|-------------------|---------------------|---------------|
| Point A        | NXX | 'AUTRE_ASTER'     | 2.5033164 N/mm      | 5             |
| Point B        | DX  | 'AUTRE_ASTER'     | 5.676675E-3 mm      | 5             |
| Point C        | DX  | 'AUTRE_ASTER'     | 5.837494E-3 mm      | 5             |
| Point D        | NXX | 'AUTRE_ASTER'     | 2.5022855 N/mm      | 5             |

- Cas de charge linéique  $f_z$

| Identification |          |             | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance (%)    |
|----------------|----------|-------------|-------------------|---------------------|------------------|
| Point          | GROUP_MA | Composantes |                   |                     |                  |
| A              | GAUCHE   | RESULT_Z    | 'ANALYTIQUE'      | 2 000. N            | 10 <sup>-7</sup> |
|                | DROITE   | RESULT_Z    | 'ANALYTIQUE'      | -2 000. N           | 10 <sup>-7</sup> |

| Identification |     | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance (%) |
|----------------|-----|-------------------|---------------------|---------------|
| Point A        | NXX | 'AUTRE_ASTER'     | -9.525772 N/mm      | 9             |
| Point B        | DZ  | 'AUTRE_ASTER'     | -6.2097302 mm       | 2.5           |
| Point C        | DZ  | 'AUTRE_ASTER'     | -6.2082328 mm       | 2.5           |

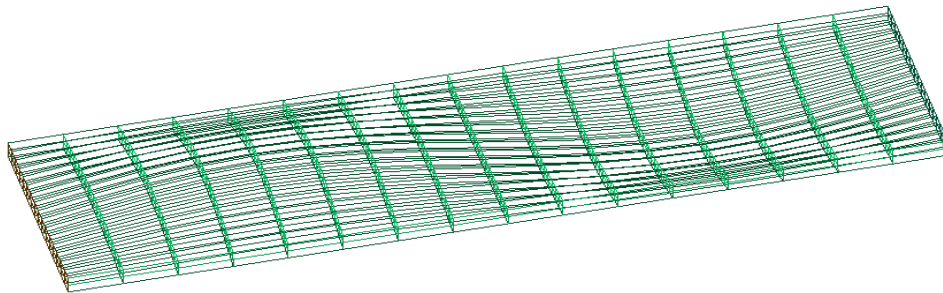


|                |            |               |                |    |
|----------------|------------|---------------|----------------|----|
| Point <i>D</i> | <i>NXX</i> | 'AUTRE_ASTER' | -9.537275 N/mm | 10 |
|----------------|------------|---------------|----------------|----|

## 5 Modélisation C

### 5.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation SHB .



### 5.2 Caractéristiques du maillage

- Nombre de nœuds : 867
- Nombre de mailles et types : 512 HEXA8

### 5.3 Résultats

- Cas de charge surfacique  $f_x$

| Identification |          |                 | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance (%)    |
|----------------|----------|-----------------|-------------------|---------------------|------------------|
| Point          | GROUP_MA | Composantes     |                   |                     |                  |
| <i>A</i>       | GAUCHE   | <i>RESULT_X</i> | 'ANALYTIQUE'      | -2 000. N           | 10 <sup>-6</sup> |
|                | DROITE   | <i>RESULT_X</i> | 'ANALYTIQUE'      | 2 000. N            | 10 <sup>-6</sup> |
|                | GAUCHE   | <i>MOMENT_Y</i> | 'ANALYTIQUE'      | -20 000. N.mm       | 10 <sup>-6</sup> |
|                | GAUCHE   | <i>MOMENT_Z</i> | 'ANALYTIQUE'      | -200 000. N.mm      | 10 <sup>-6</sup> |

| Identification |           | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance (%) |
|----------------|-----------|-------------------|---------------------|---------------|
| Point <i>B</i> | <i>DX</i> | 'AUTRE_ASTER'     | 5.676675E-3 mm      | 1.            |
| Point <i>C</i> | <i>DX</i> | 'AUTRE_ASTER'     | 5.837494E-3 mm      | 1.6           |

- Cas de charge surfacique  $f_y$

| Identification |          |             | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance (%)      |
|----------------|----------|-------------|-------------------|---------------------|--------------------|
| Point          | GROUP_MA | Composantes |                   |                     |                    |
| A              | GAUCHE   | RESULT_Y    | 'ANALYTIQUE'      | -2 000. N           | 5x10 <sup>-6</sup> |
|                | DROITE   | RESULT_Y    | 'ANALYTIQUE'      | 2 000. N            | 10 <sup>-6</sup>   |
|                | GAUCHE   | MOMENT_X    | 'ANALYTIQUE'      | 20 000. N.mm        | 7x10 <sup>-6</sup> |
|                | GAUCHE   | MOMENT_Z    | 'ANALYTIQUE'      | -1.50 E6 N.mm       | 3x10 <sup>-5</sup> |

| Identification |    | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance (%) |
|----------------|----|-------------------|---------------------|---------------|
| Point B        | DY | 'AUTRE_ASTER'     | 0.15476384 mm       | 1.5           |
| Point C        | DY | 'AUTRE_ASTER'     | 0.15475096 mm       | 1.5           |

- Cas de charge surfacique  $f_z$

| Identification |          |             | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance (%)      |
|----------------|----------|-------------|-------------------|---------------------|--------------------|
| Point          | GROUP_MA | Composantes |                   |                     |                    |
| A              | GAUCHE   | RESULT_Z    | 'ANALYTIQUE'      | 2 000. N            | 9x10 <sup>-4</sup> |
|                | DROITE   | RESULT_Z    | 'ANALYTIQUE'      | -2 000. N           | 9x10 <sup>-4</sup> |
|                | GAUCHE   | MOMENT_X    | 'ANALYTIQUE'      | 200 000. N.mm       | 10 <sup>-3</sup>   |
|                | GAUCHE   | MOMENT_Y    | 'ANALYTIQUE'      | -1.50 E6 N.mm       | 10 <sup>-3</sup>   |

| Identification |    | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance (%) |
|----------------|----|-------------------|---------------------|---------------|
| Point B        | DZ | 'AUTRE_ASTER'     | -6.2097302 mm       | 1.            |
| Point C        | DZ | 'AUTRE_ASTER'     | -6.2082328 mm       | 1.            |

Les résultats obtenus avec le SHB en bon accord avec les valeurs analytiques et avec les calculs avec HEXA20 et COQUE\_3D.