

SSLS129 – Plaque ondulée sinusoïdale soumise à des chargements forces linéiques

Résumé

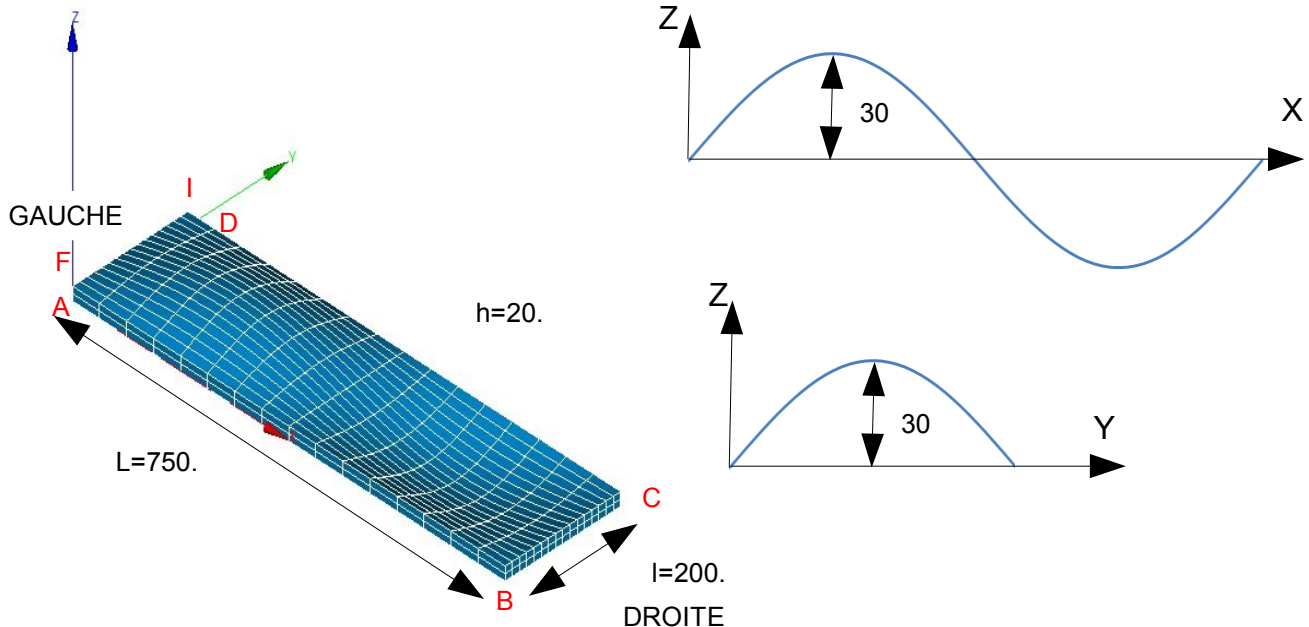
Ce test permet de valider la prise en compte de chargement linéiques.

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 |

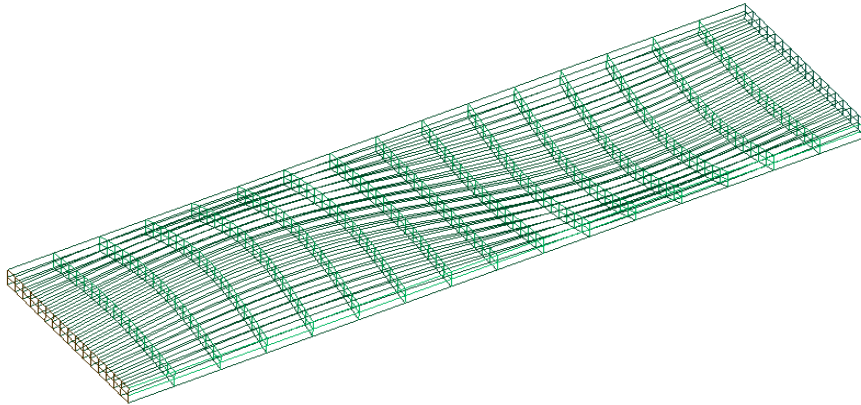
2.4 Incertitude sur la solution

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 ⁻⁶ |
| | DROITE | RESULT_X | 'ANALYTIQUE' | 2 000. N | 10 ⁻⁶ |
| | GAUCHE | MOMENT_Y | 'ANALYTIQUE' | -20 000. N.mm | 10 ⁻⁶ |
| | GAUCHE | MOMENT_Z | 'ANALYTIQUE' | -200 000. N.mm | 10 ⁻⁶ |

| Identification | | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance (%) |
|----------------|------|-------------------|---------------------|------------------|
| Point A | SIXX | 'NON_REGRESSION' | 1.067538 MPa | 10 ⁻⁶ |
| Point B | DX | 'NON_REGRESSION' | 5.676675E-3 mm | 10 ⁻⁶ |
| Point C | DX | 'NON_REGRESSION' | 5.837494E-3 mm | 10 ⁻⁶ |
| Point D | SIXX | 'NON_REGRESSION' | 1.030237 MPa | 10 ⁻⁶ |
| Point F | SIXX | 'NON_REGRESSION' | 1.435778 MPa | 10 ⁻⁶ |
| Point I | SIXX | 'NON_REGRESSION' | 1.472049 MPa | 10 ⁻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 | 10 ⁻⁶ |
| | DROITE | RESULT_Y | 'ANALYTIQUE' | 2 000. N | 10 ⁻⁶ |
| | GAUCHE | MOMENT_X | 'ANALYTIQUE' | 20 000. N.mm | 10 ⁻⁶ |
| | GAUCHE | MOMENT_Z | 'ANALYTIQUE' | -1.50 E6 N.mm | 10 ⁻⁶ |

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

- Cas de charge surfacique f_z

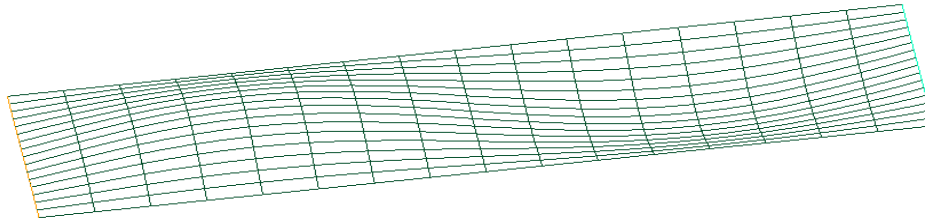
| Identification | | | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance (%) |
|----------------|----------|-------------|-------------------|---------------------|------------------|
| Point | GROUP_MA | Composantes | | | |
| A | GAUCHE | RESULT_Z | 'ANALYTIQUE' | 2 000. N | 10 ⁻⁶ |
| | DROITE | RESULT_Z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

| Identification | | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance (%) |
|----------------|------|-------------------|---------------------|------------------|
| Point A | SIXX | 'NON_REGRESSION' | -132.297834 MPa | 10 ⁻⁶ |
| Point B | DZ | 'NON_REGRESSION' | -6.2097302 mm | 10 ⁻⁶ |
| Point C | DZ | 'NON_REGRESSION' | -6.2082328 mm | 10 ⁻⁶ |
| Point D | SIXX | 'NON_REGRESSION' | -131.564485 Mpa | 14 |
| Point F | SIXX | 'NON_REGRESSION' | 37.0401177 MPa | 10 ⁻⁶ |
| 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 ⁻⁷ |
| | DROITE | RESULT_X | 'ANALYTIQUE' | 2 000. N | 10 ⁻⁷ |

| 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 ⁻⁷ |
| | DROITE | RESULT_Z | 'ANALYTIQUE' | -2 000. N | 10 ⁻⁷ |

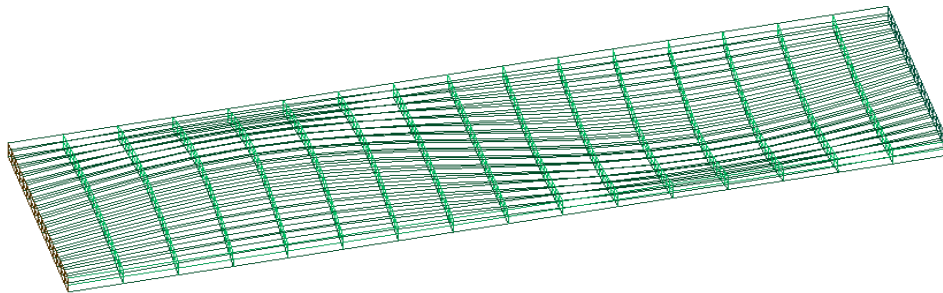
| Identification | | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance (%) |
|----------------|-----|-------------------|---------------------|---------------|
| Point A | NXX | 'AUTRE_ASTER' | -9.525772 N/mm | 9 |
| Point B | DZ | 'AUTRE_ASTER' | -6.2097302 mm | 2.5 |
| Point C | DZ | 'AUTRE_ASTER' | -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 ⁻⁶ |
| | DROITE | <i>RESULT_X</i> | 'ANALYTIQUE' | 2 000. N | 10 ⁻⁶ |
| | GAUCHE | <i>MOMENT_Y</i> | 'ANALYTIQUE' | -20 000. N.mm | 10 ⁻⁶ |
| | GAUCHE | <i>MOMENT_Z</i> | 'ANALYTIQUE' | -200 000. N.mm | 10 ⁻⁶ |

| 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 ⁻⁶ |
| | DROITE | RESULT_Y | 'ANALYTIQUE' | 2 000. N | 10 ⁻⁶ |
| | GAUCHE | MOMENT_X | 'ANALYTIQUE' | 20 000. N.mm | 7x10 ⁻⁶ |
| | GAUCHE | MOMENT_Z | 'ANALYTIQUE' | -1.50 E6 N.mm | 3x10 ⁻⁵ |

| 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 ⁻⁴ |
| | DROITE | RESULT_Z | 'ANALYTIQUE' | -2 000. N | 9x10 ⁻⁴ |
| | GAUCHE | MOMENT_X | 'ANALYTIQUE' | 200 000. N.mm | 10 ⁻³ |
| | GAUCHE | MOMENT_Y | 'ANALYTIQUE' | -1.50 E6 N.mm | 10 ⁻³ |

| 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.