

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

---

### Résumé

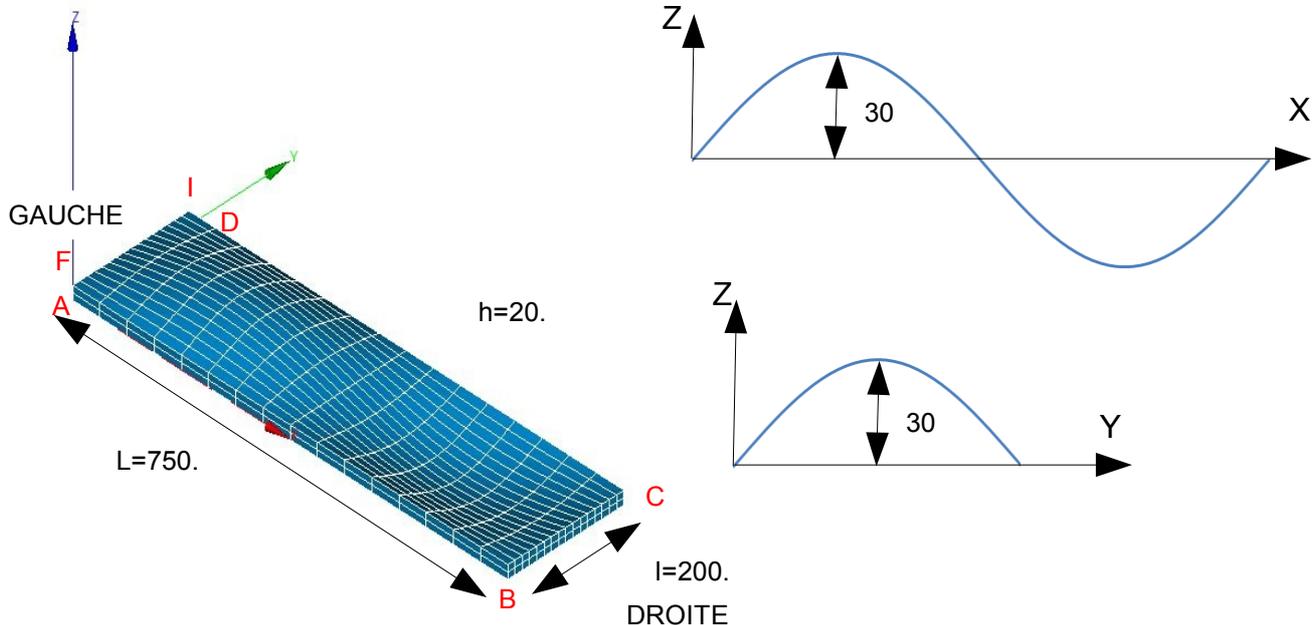
Ce test permet de valider la prise en compte de chargement linéiques.

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

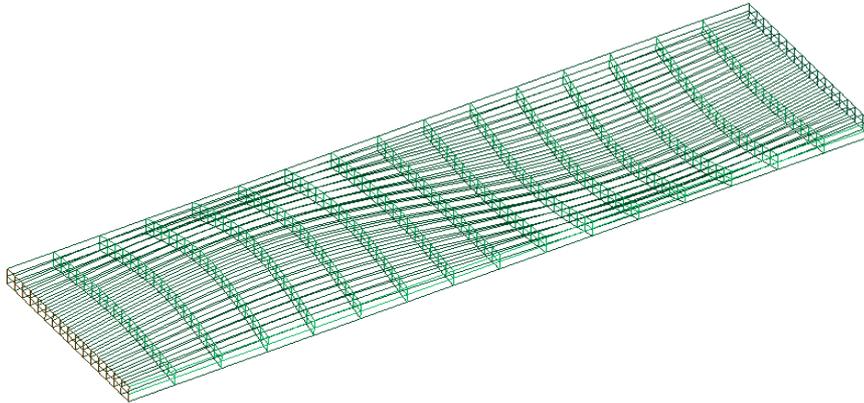
## 2.4 Incertitude sur la solution

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  $f_z$

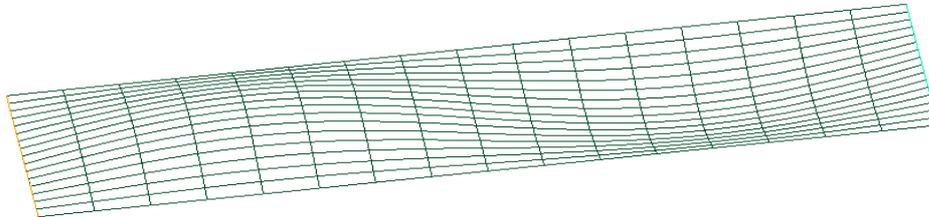
Identification			Type de référence	Valeur de référence	Tolérance (%)
Point	GROUP_MA	Composantes			
A	GAUCHE	RESULT_Z	'ANALYTIQUE'	2 000. N	10 <sup>-6</sup>
	DROITE	RESULT_Z	'ANALYTIQUE'	-2 000. N	10 <sup>-6</sup>
	GAUCHE	MOMENT_X	'ANALYTIQUE'	200 000. N.mm	10 <sup>-6</sup>
	GAUCHE	MOMENT_Y	'ANALYTIQUE'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

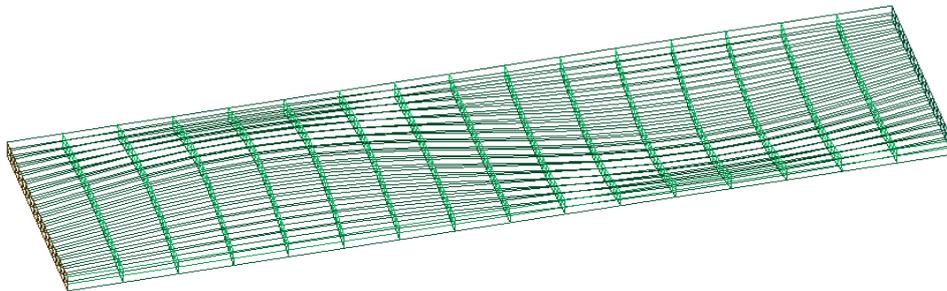
Identification		Type de référence	Valeur de référence	Tolérance (%)
Point A	NXX	'AUTRE_ASTER'	-9.525772 N/mm	9
Point B	DZ	'AUTRE_ASTER'	-6.2097302 mm	2.5
Point C	DZ	'AUTRE_ASTER'	-6.2082328 mm	2.5

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.