

SSLS108 - Coque hélicoïdale sous charges concentrées

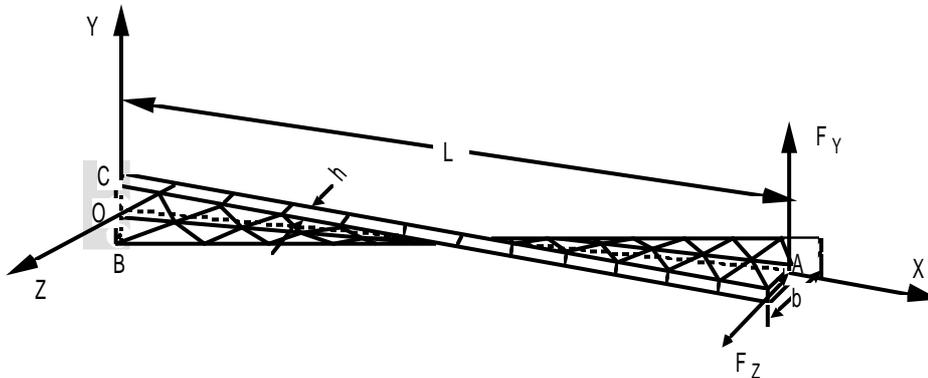
Résumé :

Ce test en élasticité linéaire est très sévère de par sa géométrie (coque gauche). Les deux premières modélisations correspondent l'une à l'élément QUAD9 de la modélisation COQUE_3D (MEC3QU9H) et l'autre à l'élément TRIA7 de la modélisation COQUE_3D (MEC3TR7H). Les 6 suivantes sont relatives à la modélisation SHB (éléments hexaédriques et pentaédriques linéaires et quadratiques).

Les valeurs de référence sont des résultats de calcul fournis dans la littérature et la comparaison calcul/référence porte sur le déplacement en un point de la structure.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



La coque est d'épaisseur 0.32 m , de longueur 12 m et de largeur 1.1 m .

1.2 Propriétés de matériaux

$$E = 29 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$\nu = 0.22$$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Encastrée sur le côté OBC : $u=v=w=0$, $\theta_x=\theta_y=\theta_z=0$

Deux cas de charge qui correspondent à des charges concentrées au point A :

- Force parallèle à l'axe Z ; $F_z = 1\text{ N}$
- Force parallèle à l'axe Y ; $F_y = 1\text{ N}$

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

Les paramètres du problème et les résultats de référence (solutions obtenues par éléments finis de type poutre) sont donnés dans la référence ci-dessous [bib1].

2.2 Résultats de référence

Déplacement du point A suivant Y
Déplacement du point A suivant Z .

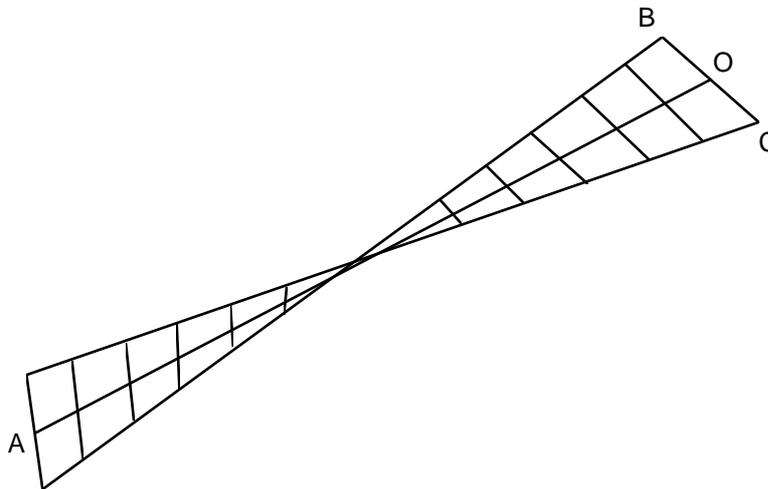
2.3 Références bibliographiques

1.BATOZ J.L., DHATT G. : Modélisation des structures par éléments finis. Volume 3 coques, p456-459 (1992).

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Elément de coque 3D MEC3QU9H



Découpage :

2 selon la largeur, 12 selon la longueur
24 mailles QUAD9, épaisseur : $h=0.32$

Noms des nœuds :

Point *O* *N06*
Point *B* *N01*
Point *C* *N02*
Point *A* *N032*

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 125
Nombre de mailles et types : 24 QUAD9

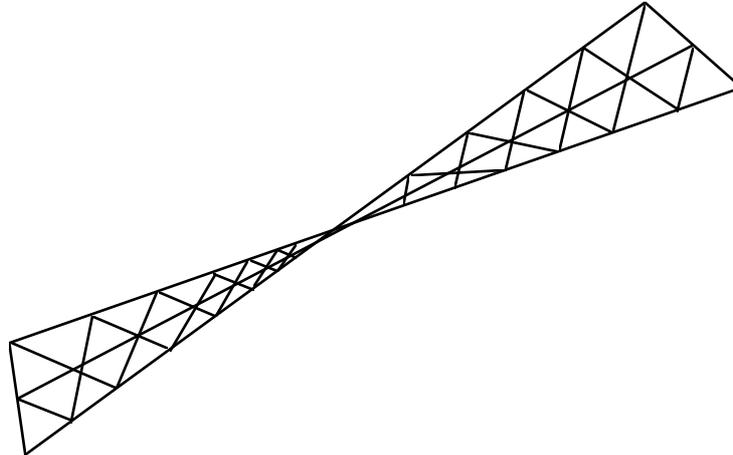
3.3 Valeurs testées

Cas de charges	Point	Grandeur en unité	Référence
$F_z = 1 \text{ N}$	<i>A</i>	déplacement V (<i>m</i>)	$-1.72 \cdot 10^{-3}$
		déplacement W (<i>m</i>)	$5.42 \cdot 10^{-3}$
$F_y = 1 \text{ N}$	<i>A</i>	déplacement V (<i>m</i>)	$1.75 \cdot 10^{-3}$
		déplacement W (<i>m</i>)	$-1.72 \cdot 10^{-3}$

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Elément de coque MEC3TR7H



Découpage :

2 selon la largeur, 12 selon la longueur
48 mailles TRIA7, épaisseur : $h=0.32$

Noms des nœuds :

Point *O* *N06*
Point *B* *N01*
Point *C* *N02*
Point *A* *N032*

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 173
Nombre de mailles et types : 48 TRIA7

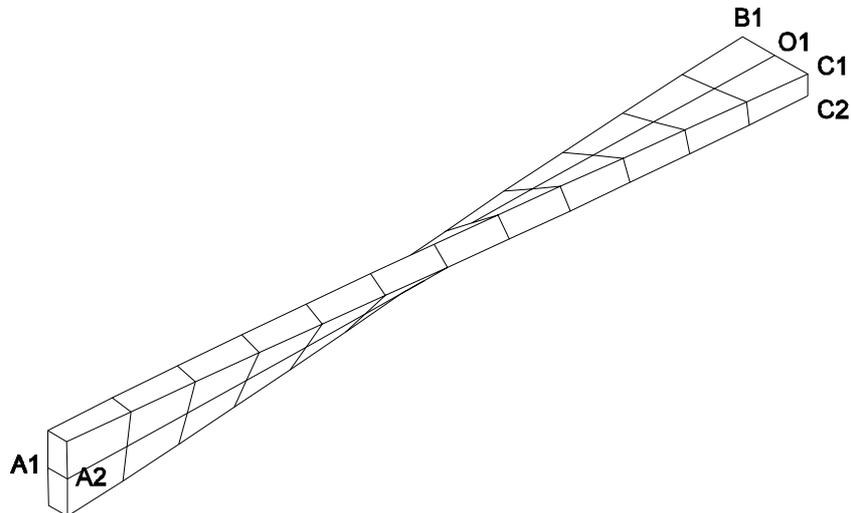
4.3 Valeurs testées

Cas de charges	Point	Grandeur en unité	Référence
$F_z = 1\text{ N}$	<i>A</i>	déplacement V (<i>m</i>)	$-1.72 \cdot 10^{-3}$
		déplacement W (<i>m</i>)	$5.42 \cdot 10^{-3}$
$F_y = 1\text{ N}$	<i>A</i>	déplacement V (<i>m</i>)	$1.75 \cdot 10^{-3}$
		déplacement W (<i>m</i>)	$-1.72 \cdot 10^{-3}$

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Elément de coque MASSIF SHB8



Découpage :

2 selon la largeur, 12 selon la longueur
24 mailles SHB8, épaisseur : $h = 0.32$

Noms des nœuds :

Point O1 N03 Point O2 N05
Point B1 N04 Point B2 N06
Point C1 N01 Point C2 N02
Point A1 N78 Point A2 N75

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 78
Nombre de mailles et types : 24 SHB8

5.3 Valeurs testées

Cas de charges	Point	Grandeur en unité	Référence
$F_z = 1 N$	A1 et A2	déplacement $V (m)$	$-1.72 \cdot 10^{-3}$
		déplacement $W (m)$	$5.42 \cdot 10^{-3}$
$F_y = 1 N$	A1 et A2	déplacement $V (m)$	$1.75 \cdot 10^{-3}$
		déplacement $W (m)$	$-1.72 \cdot 10^{-3}$

5.4 Remarques

Une modélisation 3D sur le même maillage (mailles HEXA8) fait apparaître un blocage : les résultats sont très éloignés de la référence. Par exemple, pour le cas de charge 1, on obtient :

Point	Grandeur en unité	Référence	Aster
-------	-------------------	-----------	-------

<i>A1</i> et <i>A2</i>	déplacement V (m)	$-1.72 \cdot 10^{-3}$	$-7.5 \cdot 10^{-4}$
	déplacement W (m)	$5.42 \cdot 10^{-3}$	$5.408 \cdot 10^{-3}$

Ce blocage n'apparaît plus avec des mailles quadratiques HEXA20, puisque l'on obtient alors :

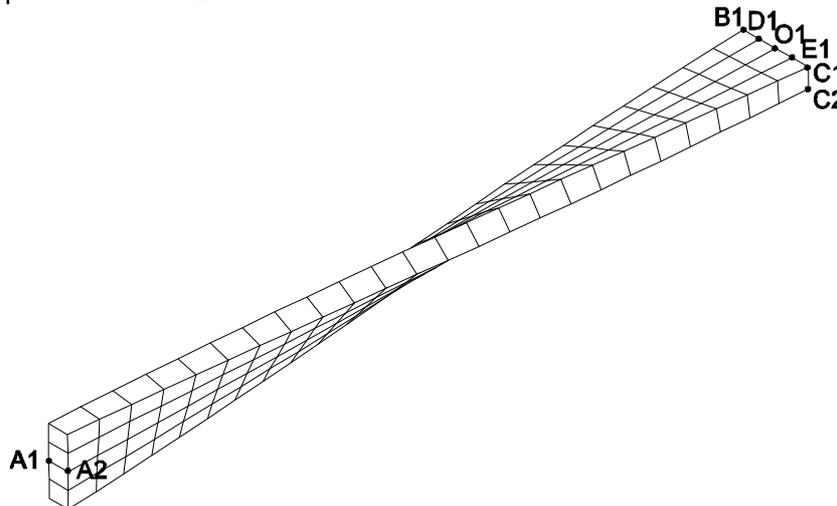
Point	Grandeur en unité	Référence	Aster
<i>A1</i> et <i>A2</i>	déplacement V (m)	$-1.72 \cdot 10^{-3}$	$-1.729 \cdot 10^{-3}$
	déplacement W (m)	$5.42 \cdot 10^{-3}$	$5.43 \cdot 10^{-3}$

La modélisation SHB permet d'éviter tout blocage numérique, à un coût (en temps CPU) similaire à celui d'un maillage HEXA8.

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

Elément de coque MASSIF SHB8



Découpage :

4 selon la largeur, 24 selon la longueur
96 mailles SHB8, épaisseur : $h=0.32$

Noms des nœuds :

Point <i>O1</i>	<i>N245</i>	Point <i>O2</i>	<i>N249</i>
Point <i>B1</i>	<i>N224</i>	Point <i>B2</i>	<i>N226</i>
Point <i>C1</i>	<i>N239</i>	Point <i>C2</i>	<i>N241</i>
Point <i>D1</i>	<i>N236</i>	Point <i>D2</i>	<i>N238</i>
Point <i>E1</i>	<i>N250</i>	Point <i>E2</i>	<i>N246</i>
Point <i>A1</i>	<i>N05</i>	Point <i>A2</i>	<i>N06</i>

6.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 250
Nombre de mailles et types : 96 SHB8

6.3 Valeurs testées

Cas de charges	Point	Grandeur en unité	Référence
$F_z = 1\text{ N}$	<i>A1</i> et <i>A2</i>	déplacement V (<i>m</i>)	$-1.72 \cdot 10^{-3}$
		déplacement W (<i>m</i>)	$5.42 \cdot 10^{-3}$
$F_y = 1\text{ N}$	<i>A1</i> et <i>A2</i>	déplacement V (<i>m</i>)	$1.75 \cdot 10^{-3}$
		déplacement W (<i>m</i>)	$-1.72 \cdot 10^{-3}$

6.4 Remarques

Une modélisation 3D sur le même maillage (mailles HEXA8) fait apparaître un blocage : même avec un maillage à 96 éléments. Les résultats restent très éloignés de la référence. Par exemple, pour le cas de charge 1, on obtient :

Point	Grandeur en unité	Référence	Aster
<i>A1</i> et <i>A2</i>	déplacement V (m)	$-1.72 \cdot 10^{-3}$	$-2.49 \cdot 10^{-4}$
	déplacement W (m)	$5.42 \cdot 10^{-3}$	$1.12 \cdot 10^{-3}$

Ce blocage n'apparaît plus avec des mailles quadratiques HEXA20, puisque l'on obtient alors :

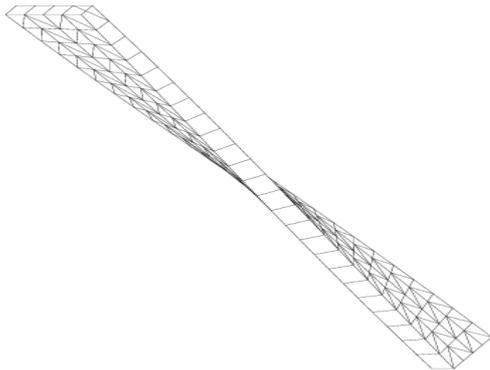
Point	Grandeur en unité	Référence	Aster
<i>A1</i> et <i>A2</i>	déplacement V (m)	$-1.72 \cdot 10^{-3}$	$-1.735 \cdot 10^{-3}$
	déplacement W (m)	$5.42 \cdot 10^{-3}$	$5.438 \cdot 10^{-3}$

Avec des HEXA20, la convergence est bien meilleure. La modélisation SHB permet d'éviter tout blocage numérique, à un coût (en temps CPU) similaire à celui d'un maillage HEXA8.

7 Modélisation E

7.1 Caractéristiques de la modélisation

Elément de coque MASSIF SHB6



Découpage :

4 selon la largeur, 24 selon la longueur
192 mailles SHB6, épaisseur : $h=0.32$

7.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 250
Nombre de mailles et types : 192 SHB6

7.3 Valeurs testées

Cas de charges	Point	Grandeur en unité	Référence
$F_z = 1 N$	A1 et A2	déplacement $V (m)$	$-1.72 \cdot 10^{-3}$
		déplacement $W (m)$	$5.42 \cdot 10^{-3}$
$F_y = 1 N$	A1 et A2	déplacement $V (m)$	$1.75 \cdot 10^{-3}$
		déplacement $W (m)$	$-1.72 \cdot 10^{-3}$

7.4 Remarques

Une modélisation 3D sur le même maillage (mailles PENTA6) fait apparaître un blocage : les résultats sont très éloignés de la référence. Par exemple, pour le cas de charge 1, on obtient :

Point	Grandeur en unité	Référence	Aster
A1 et A2	déplacement $V (m)$	$-1.72 \cdot 10^{-3}$	$-7.84 \cdot 10^{-4}$
	déplacement $W (m)$	$5.42 \cdot 10^{-3}$	$2.63 \cdot 10^{-3}$

Ce blocage n'apparaît plus avec des mailles quadratiques PENTA15, puisque l'on obtient alors :

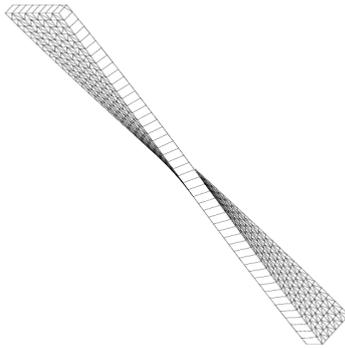
Point	Grandeur en unité	Référence	Aster
<i>A1</i> et <i>A2</i>	déplacement V (m)	$-1.72 \cdot 10^{-3}$	$-1.72 \cdot 10^{-3}$
	déplacement W (m)	$5.42 \cdot 10^{-3}$	$5.43 \cdot 10^{-3}$

La modélisation SHB6 permet d'éviter tout blocage numérique, à un coût (en temps CPU) similaire à celui d'un maillage PENTA6.

8 Modélisation F

8.1 Caractéristiques de la modélisation

Elément de coque MASSIF SHB6



Découpage :

8 selon la largeur, 48 selon la longueur
768 mailles SHB6, épaisseur : $h=0.32$

8.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 882
Nombre de mailles et types : 768 SHB6

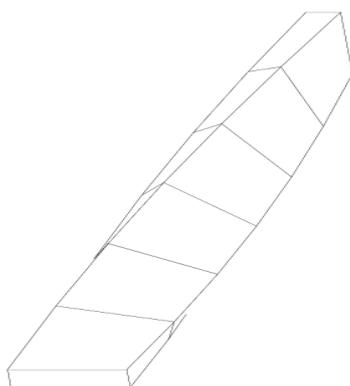
8.3 Valeurs testées

Cas de charges	Point	Grandeur en unité	Référence
$F_z = 1\text{ N}$	A1 et A2	déplacement V (m)	$-1.72 \cdot 10^{-3}$
		déplacement W (m)	$5.42 \cdot 10^{-3}$
$F_y = 1\text{ N}$	A1 et A2	déplacement V (m)	$1.75 \cdot 10^{-3}$
		déplacement W (m)	$-1.72 \cdot 10^{-3}$

9 Modélisation G

9.1 Caractéristiques de la modélisation

Elément de coque MASSIF SHB20



Découpage :

1 selon la largeur, 6 selon la longueur
6 mailles SHB20, épaisseur : $h=0.32$

9.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 80
Nombre de mailles et types : 6 SHB20

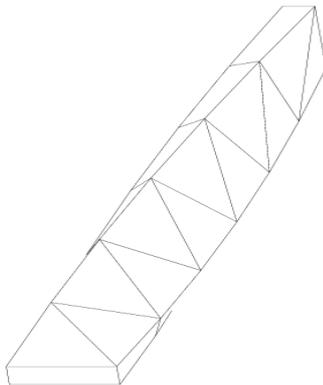
9.3 Valeurs testées

Cas de charges	Point	Grandeur en unité	Référence
$F_z=1 N$	A1 et A2	déplacement $V (m)$	$-1.72 \cdot 10^{-3}$
		déplacement $W (m)$	$5.42 \cdot 10^{-3}$
$F_y=1 N$	A1 et A2	déplacement $V (m)$	$1.75 \cdot 10^{-3}$
		déplacement $W (m)$	$-1.72 \cdot 10^{-3}$

10 Modélisation H

10.1 Caractéristiques de la modélisation

Elément de coque MASSIF SHB15



Découpage :

1 selon la largeur, 6 selon la longueur
12 mailles SHB15, épaisseur : $h=0.32$

10.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 92
Nombre de mailles et types : 12 SHB15

10.3 Valeurs testées

Cas de charges	Point	Grandeur en unité	Référence
$F_z=1\text{ N}$	A1 et A2	déplacement V (m)	$-1.72 \cdot 10^{-3}$
		déplacement W (m)	$5.42 \cdot 10^{-3}$
$F_y=1\text{ N}$	A1 et A2	déplacement V (m)	$1.75 \cdot 10^{-3}$
		déplacement W (m)	$-1.72 \cdot 10^{-3}$

11 Synthèse des résultats

Ce test est très sévère du fait de la géométrie de la coque qui est gauche.

Les éléments COQUE_3D donnent de très bons résultats (inférieurs à 0.5%) avec peu de nœuds (modélisation A et B).

Pour les modélisations SHB, les éléments SHB8 donnent la même précision avec un peu plus de noeuds (modélisation D). Ils restent très bons pour un maillage plus grossier (modélisation C). Par contre, les éléments pentaédriques nécessitent un maillage beaucoup plus fin pour converger (modélisation F). Sur un maillage plus grossier (modélisation E), les résultats sont médiocres. Néanmoins ces éléments sont très utiles pour pouvoir mailler une géométrie quelconque avec des SHB linéaires.

Les éléments quadratiques SHB20 et SHB15 donnent de bons résultats avec peu de nœuds.

	MEC3QU9H A	MEC3TR7H B	SHB8 C	SHB8 D	SHB6 E	SHB6 F
	COQUE_3D 125 nœuds 24 QUAD9	COQUE_3D 170 nœuds 296 TRIA3	SHB linéaire 78 nœuds 24 HEXA8	SHB linéaire 250 nœuds 96 HEXA8	SHB linéaire 250 nœuds 192 PENTA6	SHB linéaire 882 nœuds 768 PENTA6
$FZ=1N \ v(r)$	-0.15	-0.34	-0.14	-0.09	-4.35	-1.01
$FZ=1N \ w(r)$	-0.16	-0.38	-0.19	-0.18	-6.47	-1.47
$FY=1N \ v(r)$	0.0	-0.23	-1.34	-0.34	-11.49	-2.93
$FY=1N \ w(r)$	-0.15	-0.34	-0.14	0.09	-4.35	-1.01
	SHB20 G	SHB15 H				
	80 nœuds 6 HEXA20	92 nœuds 12 PENTA15				
$FZ=1N \ v(r)$	2.63	-2.98				
$FZ=1N \ w(r)$	2.00	-3.64				
$FY=1N \ v(r)$	2.42	-1.04				
$FY=1N \ w(r)$	2.63	-2.78				