

SSNS101 – Claquage d'un panneau cylindrique sous force ponctuelle

Résumé :

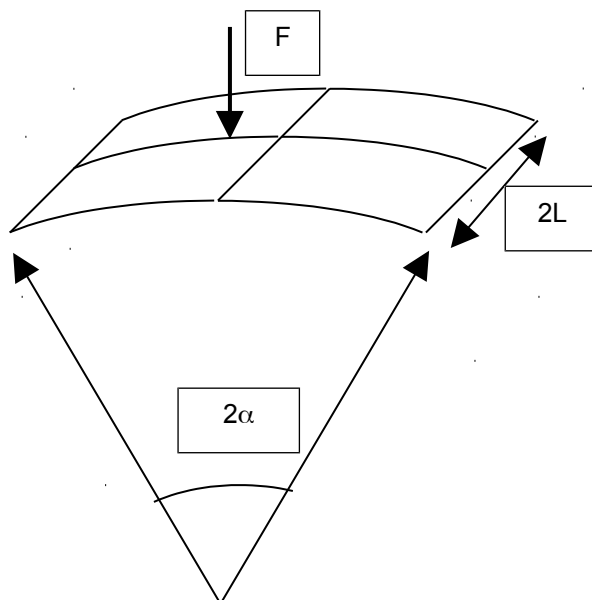
Ce test de mécanique quasi - statique non linéaire permet de valider les éléments SHB en non linéaire géométrique et matériau.

Sept modélisations permettent d'étudier différentes configurations :

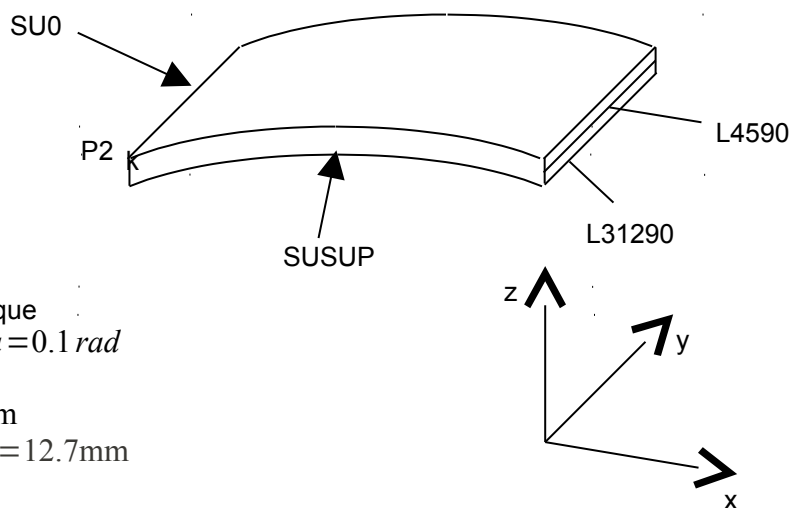
- modélisation A : comportement élastique linéaire, grands déplacements, appui sur la surface moyenne
- modélisation B : comportement élastique linéaire, grands déplacements, appui sur la surface inférieure
- modélisations C à G : comportement élasto-plastique de Von Mises à écrouissage isotrope linéaire, grands déplacements, appui sur la surface moyenne. Test sur tous les éléments SHB (SHB8, SHB6, SHB20, SHB15)
- modélisation H : comportement élasto-plastique de Von Mises à écrouissage mixte.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



On modélise un quart du panneau à cause des symétries :



- Panneau cylindrique
 - Angle $\alpha = 0.1 \text{ rad}$
 - $L = 254 \text{ mm}$
 - $R = 2540 \text{ mm}$
 - Epaisseur $h = 12.7 \text{ mm}$

1.2 Propriétés du matériau

Les caractéristiques fixées sont les suivantes :

Caractéristiques élastiques :

$$E = 3102.75 \text{ MPa}$$

$$\nu = 0.3$$

Courbe de traction :

Eps	Sig
1.e-03	3.102
0.1	33.5
1	150

1.3 Conditions aux limites et chargements

Conditions de symétrie sur les côtes $SU0$ et $SUSUP$.

Encastrement sur le côté $L31290$ (ce qui revient à un appui simple) pour les modélisations A et C.
Encastrement sur la ligne $L4590$ (appui simple sur la partie inférieure de la coque) pour la modélisation B.

Force nodale $FX = -0.25 N$ sur le point $P2$. (résultante totale en prenant en compte les symétries : 1N).

Le chargement est piloté par la valeur du déplacement suivant X du point $P2$. L'amplitude de la force (coefficient ETA de pilotage) est augmentée de façon que le déplacement croisse jusqu'à $45 mm$ par pas de $1 mm$.

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

Solution numérique [bib1] [bib2]: valeurs du paramètre de pilotage (donc de la force F) en fonction du temps (donc du déplacement DX du point $P2$).

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Coefficient de pilotage (coefficient multiplicateur de la force appliquée) en fonction du déplacement DX du point $P2$.

Dans le cas de la modélisation A : appui simple sur la surface moyenne de la coque : résultats de référence obtenus par une modélisation fine en éléments HEXA20.

Dans le cas de la modélisation B, avec des conditions d'appui simple sur le bord inférieur de la coque, la courbe de référence obtenue par le code INCA [bib1] et dans [bib2] est :

Déplacement	Force (N) [bib1]	Force (N) [bib2]
2	0.706	0.730
4	1.273	1.315
6	1.707	1.760
8	2.007	2.066
10	2.160	2.221
12	2.129	2.189
14	1.827	1.876
16	1.180	1.178
18	0.677	0.654
20	0.592	0.582

Dans le cas de la modélisation C : appui simple sur la surface moyenne de la coque, en élastoplasticité, les résultats de référence sont obtenus par une modélisation fine en éléments HEXA20.

2.3 Incertitudes sur la solution

Sans objet

2.4 Références

[1] "Elastoplastic Stability analysis oh shells using the physically stabilised finite element SHB8PS" A.Legay, A.Combescure, International Journal for Numerical Methods in Engineering, 20 1-6, 2000,

[2] "A geometrical non-linear brick element based on the eas method" Kinkel S, Wagner W., International Journal for Numerical Methods in Engineering, 40 4529-4545 1997,

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Appui simple sur la ligne moyenne. Elasticité linéaire en grands déplacements.

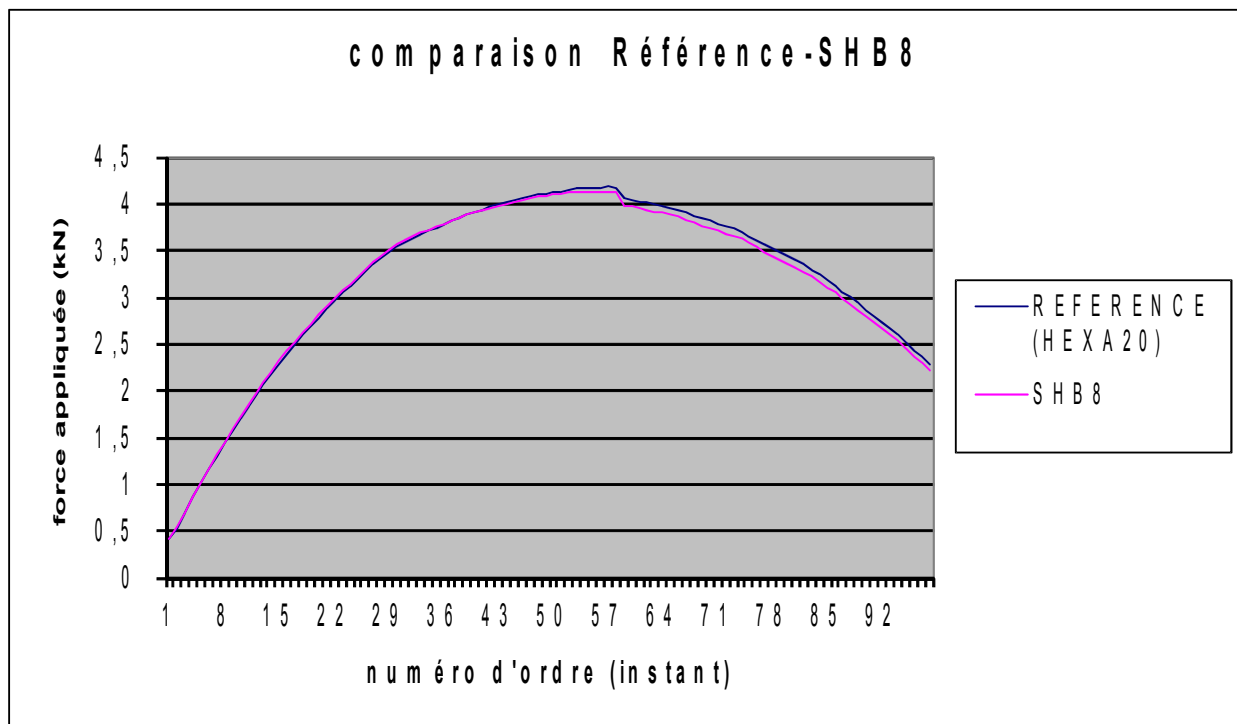
3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 882
Nombre de mailles et types : 400 HEXA8.

3.3 Grandeurs testées et résultats de la modélisation A

Paramètres identifiés : instant, et coefficient de pilotage (force appliquée) :

Instant	No d'ordre	Référence	% différence
8.63300E-01	1	4.18993D+02	0.8
6.98600E+00	16	2.39906D+03	1.0
1.42000E+01	39	3.88289D+03	0.0
2.56900E+01	99	2.27680D+03	-2.4



4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Appui simple sur la ligne inférieure. Elasticité linéaire en grands déplacements.

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 363

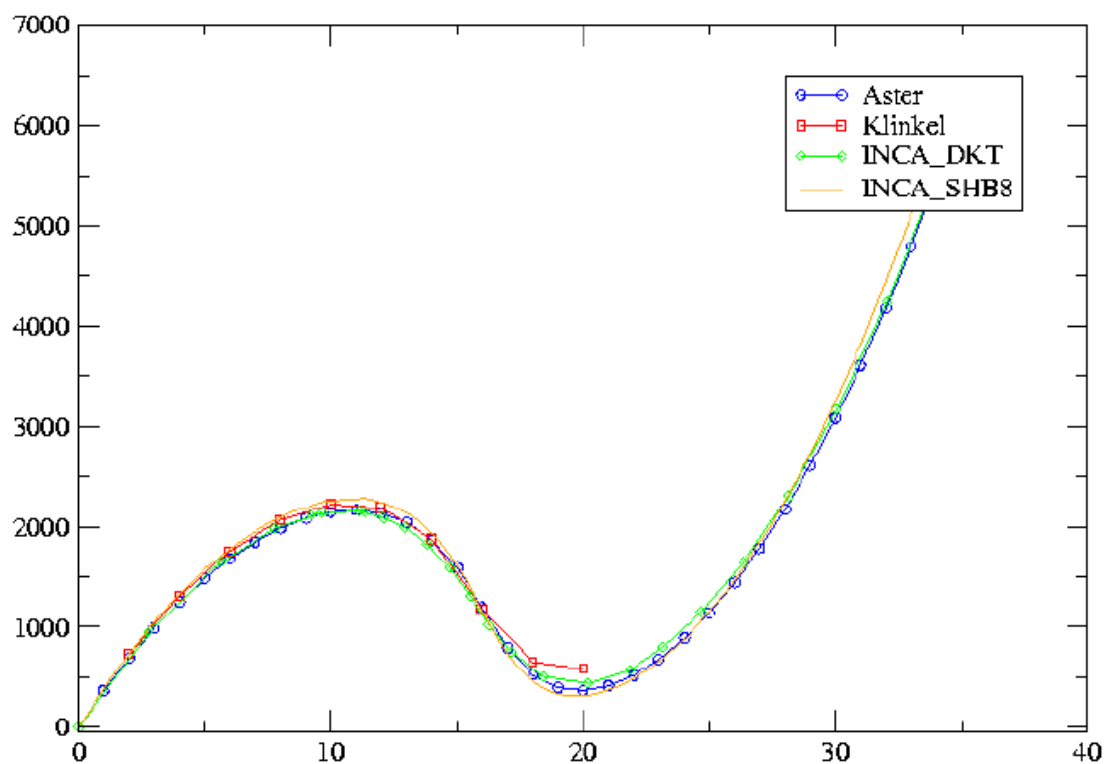
Nombre de mailles et types : 200 HEXA8.

4.3 Grandeurs testées et résultats de la modélisation B

Paramètres identifiés : déplacement en x du point $P2$, et coefficient de pilotage (valeurs de non régression) :

Identification (instant)	Valeurs du déplacement DX du point $P2$	Référence (Kinkel)	% différence
1.00000E+00	-1.00000E+00		
2.00000E+00	-2.00000E+00	730	-5.9
3.00000E+00	-3.00000E+00		
4.00000E+00	-4.00000E+00	1315	-5.4
5.00000E+00	-5.00000E+00		
6.00000E+00	-6.00000E+00	1760	-4.9
7.00000E+00	-7.00000E+00		
8.00000E+00	-8.00000E+00	2066	-4.4
9.00000E+00	-9.00000E+00		
1.00000E+01	-1.00000E+01	2221	-3.9
1.10000E+01	-1.10000E+01		
1.20000E+01	-1.20000E+01	2189	-3.2
1.30000E+01	-1.30000E+01		
1.40000E+01	-1.40000E+01	1876	-1.2
1.50000E+01	-1.50000E+01		
1.60000E+01	-1.60000E+01	1178	2.5
1.70000E+01	-1.70000E+01		
1.80000E+01	-1.80000E+01	654	-12.3
1.90000E+01	-1.90000E+01		
2.00000E+01	-2.00000E+01	582	-24.3
2.10000E+01	-2.10000E+01		
2.20000E+01	-2.20000E+01		
2.30000E+01	-2.30000E+01		
2.40000E+01	-2.40000E+01		
2.50000E+01	-2.50000E+01		
2.60000E+01	-2.60000E+01		
2.70000E+01	-2.70000E+01		
2.80000E+01	-2.80000E+01		
2.90000E+01	-2.90000E+01		

SSNS101B : comparaisons Aster - Inca - ref[2]



5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Appui simple sur la ligne moyenne. Elastoplasticité de Von Mises à écrouissage isotrope linéaire en grands déplacements.

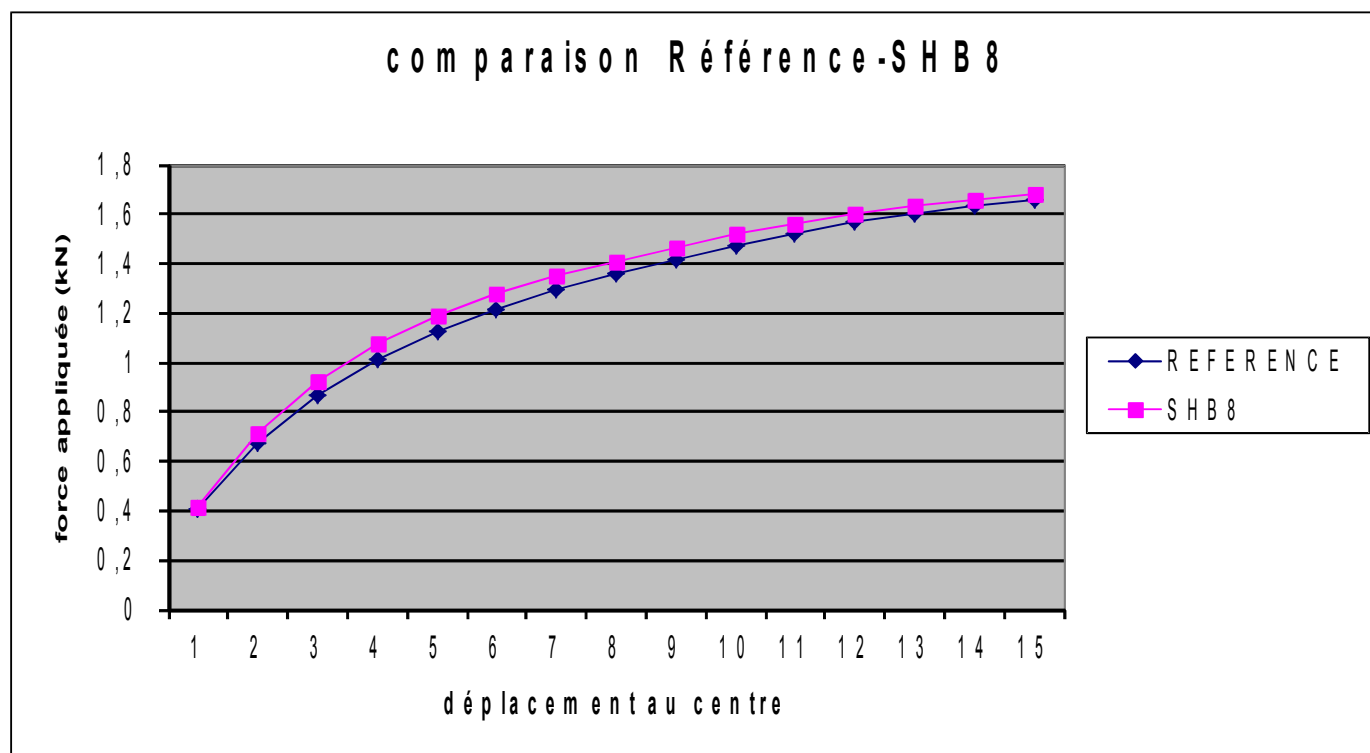
5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 242
Nombre de mailles et types : 100 HEXA8.

5.3 Grandeurs testées et résultats de la modélisation C

Paramètres identifiés : déplacement en x du point $P2$, et coefficient de pilotage :

Déplacement au point $P2$	Force appliquée au point $P2$	Référence	% différence
1.00000E+00	-1.00000E+00	0.40541 E+03	2.8
2.00000E+00	-2.00000E+00	0.67551 E+03	6.0
3.00000E+00	-3.00000E+00	0.86633 E+03	6.5
4.00000E+00	-4.00000E+00	1.01265 E+03	6.5
5.00000E+00	-5.00000E+00	1.12588 E+03	5.5
6.00000E+00	-6.00000E+00	1.21543 E+03	5.0
7.00000E+00	-7.00000E+00	1.29151 E+03	4.5
8.00000E+00	-8.00000E+00	1.35855 E+03	4.0
9.00000E+00	-9.00000E+00	1.41888 E+03	3.5
1.00000E+01	-1.00000E+01	1.47379 E+03	3.0
1.10000E+01	-1.10000E+01	1.52345 E+03	2.5
1.20000E+01	-1.20000E+01	1.56775 E+03	2.0
1.30000E+01	-1.30000E+01	1.60583 E+03	1.6
1.40000E+01	-1.40000E+01	1.63667 E+03	1.4
1.50000E+01	-1.50000E+01	1.66105 E+03	1.1



6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

Appui simple sur la ligne moyenne. Elastoplasticité de Von Mises à écrouissage isotrope linéaire en grands déplacements.

6.2 Caractéristiques du maillage

On raffine le maillage par rapport à la modélisation C. On prend 30 éléments sur la circonférence, 30 éléments en profondeur et 2 éléments dans l'épaisseur.

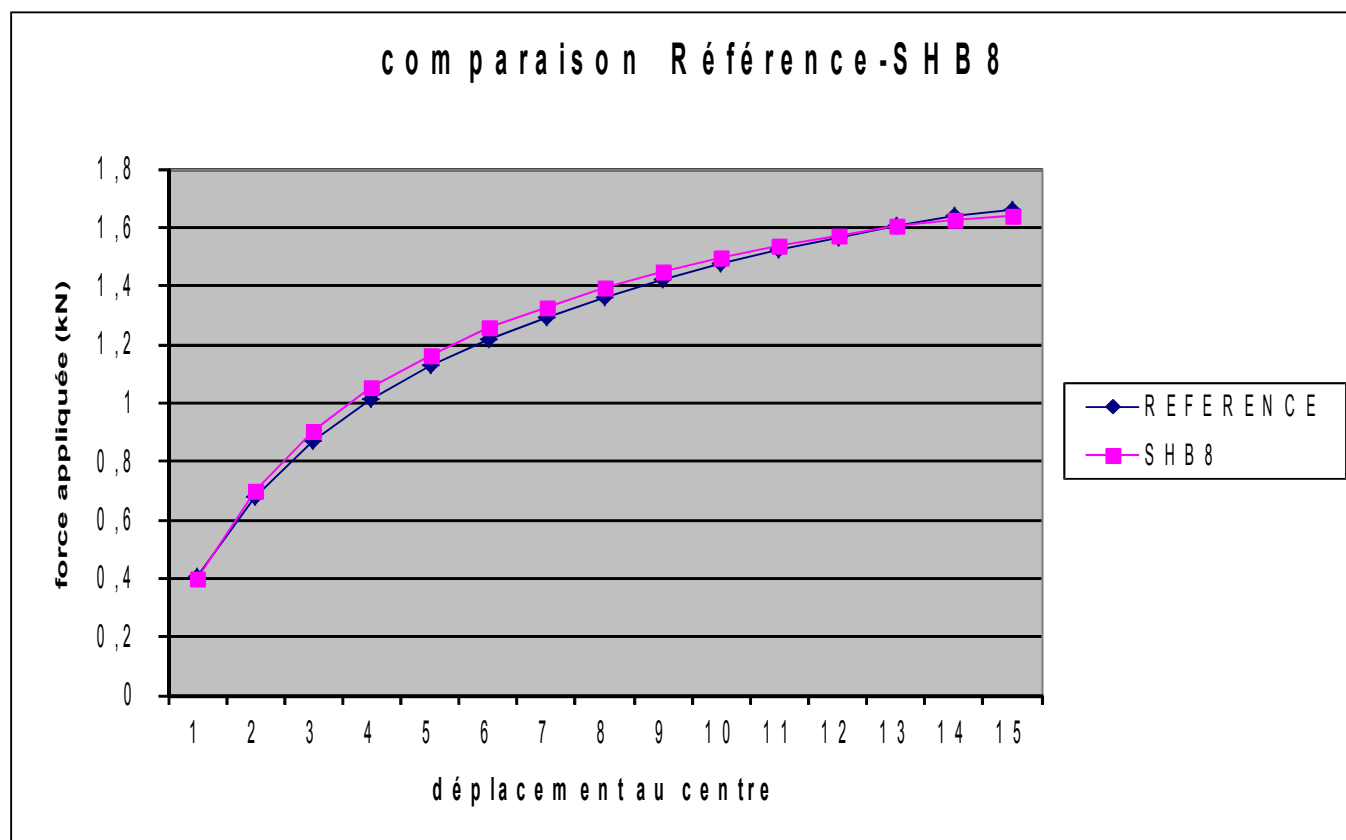
Nombre de nœuds : 2883

Nombre de mailles et types : 1800 HEXA8.

6.3 Grandeurs testées et résultats de la modélisation D

Paramètres identifiés : déplacement en x du point $P2$, et coefficient de pilotage .:

Déplacement au point $P2$	Force appliquée au point $P2$	Référence	% différence
1.00000E+00	-1.00000E+00	0.40541 E+03	1.5
2.00000E+00	-2.00000E+00	0.67551 E+03	3.6
3.00000E+00	-3.00000E+00	0.86633 E+03	4.3
4.00000E+00	-4.00000E+00	1.01265 E+03	3.9
5.00000E+00	-5.00000E+00	1.12588 E+03	3.5
6.00000E+00	-6.00000E+00	1.21543 E+03	3.2
7.00000E+00	-7.00000E+00	1.29151 E+03	2.8
8.00000E+00	-8.00000E+00	1.35855 E+03	2.4
9.00000E+00	-9.00000E+00	1.41888 E+03	1.9
1.00000E+01	-1.00000E+01	1.47379 E+03	1.4
1.10000E+01	-1.10000E+01	1.52345 E+03	0.8
1.20000E+01	-1.20000E+01	1.56775 E+03	0.3
1.30000E+01	-1.30000E+01	1.60583 E+03	-0.2
1.40000E+01	-1.40000E+01	1.63667 E+03	-0.6
1.50000E+01	-1.50000E+01	1.66105 E+03	-1.1



7 Modélisation E

7.1 Caractéristiques de la modélisation

Appui simple sur la ligne moyenne. Elastoplasticité de Von Mises à écrouissage isotrope linéaire en grands déplacements.

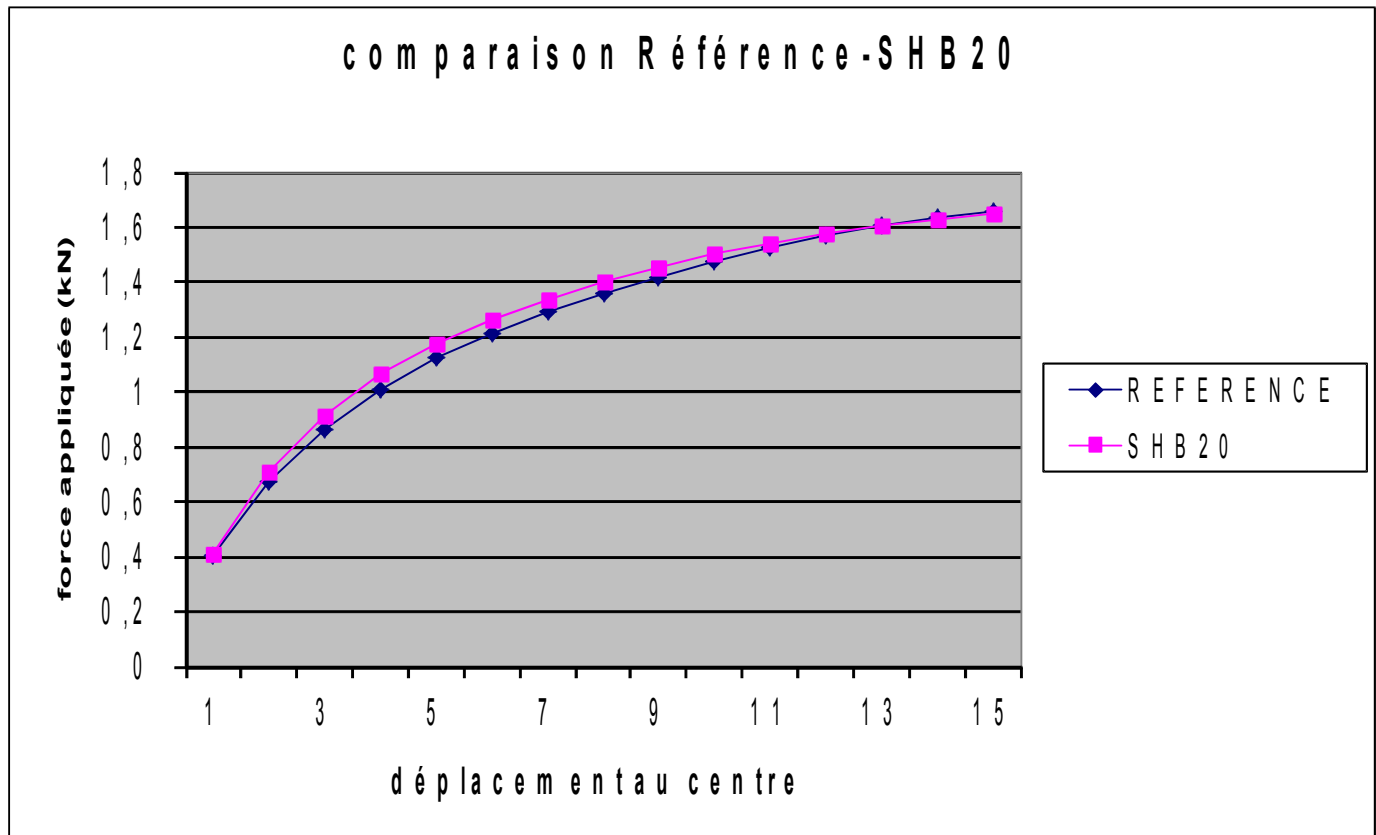
7.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 3003
Nombre de mailles et types : 400 SHB20.

7.3 Grandeurs testées et résultats de la modélisation E

Paramètres identifiés : déplacement en x du point $P2$, et coefficient de pilotage :

Déplacement au point $P2$	Force appliquée au point $P2$	Référence	% différence
1.00000E+00	-1.00000E+00	0.40541 E+03	1.7
2.00000E+00	-2.00000E+00	0.67551 E+03	5.7
3.00000E+00	-3.00000E+00	0.86633 E+03	5.9
4.00000E+00	-4.00000E+00	1.01265 E+03	5.3
5.00000E+00	-5.00000E+00	1.12588 E+03	4.7
6.00000E+00	-6.00000E+00	1.21543 E+03	4.2
7.00000E+00	-7.00000E+00	1.29151 E+03	4.5
8.00000E+00	-8.00000E+00	1.35855 E+03	3.6
9.00000E+00	-9.00000E+00	1.41888 E+03	3.0
1.00000E+01	-1.00000E+01	1.47379 E+03	2.5
1.10000E+01	-1.10000E+01	1.52345 E+03	2.5
1.20000E+01	-1.20000E+01	1.56775 E+03	1.9
1.30000E+01	-1.30000E+01	1.60583 E+03	1.2
1.40000E+01	-1.40000E+01	1.63667 E+03	0.6
1.50000E+01	-1.50000E+01	1.66105 E+03	-0.8



8 Modélisation F

8.1 Caractéristiques de la modélisation

Appui simple sur la ligne moyenne. Elastoplasticité de Von Mises à écrouissage isotrope linéaire en grands déplacements.

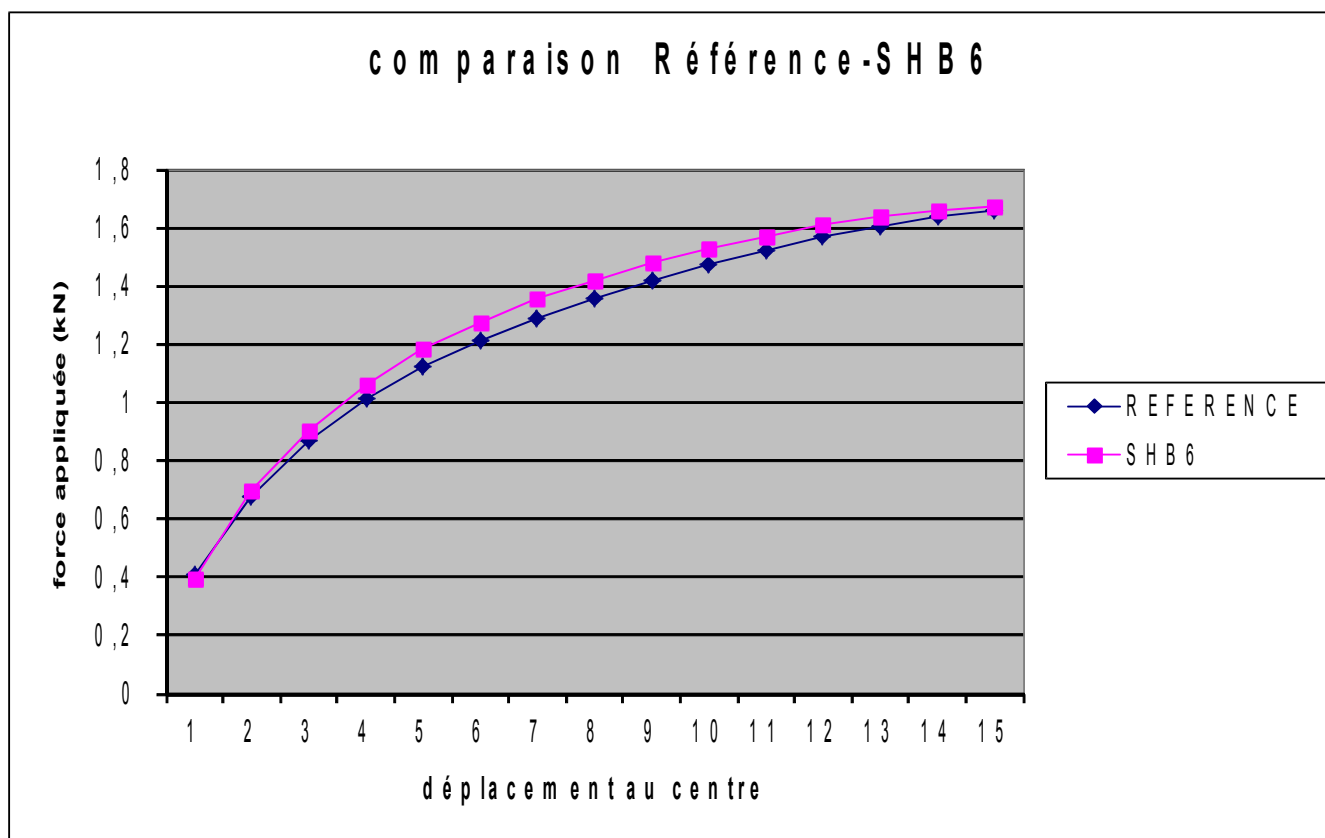
8.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 1922
Nombre de mailles et types : 1800 SHB6.

8.3 Grandeurs testées et résultats de la modélisation F

Paramètres identifiés : déplacement en x du point $P2$, et coefficient de pilotage .:

Déplacement au point $P2$	Force appliquée au point $P2$	Référence	% différence
1.00000E+00	-1.00000E+00	0.40541 E+03	-2.0
2.00000E+00	-2.00000E+00	0.67551 E+03	2.8
3.00000E+00	-3.00000E+00	0.86633 E+03	4.4
4.00000E+00	-4.00000E+00	1.01265 E+03	4.8
5.00000E+00	-5.00000E+00	1.12588 E+03	5.0
6.00000E+00	-6.00000E+00	1.21543 E+03	5.1
7.00000E+00	-7.00000E+00	1.29151 E+03	4.9
8.00000E+00	-8.00000E+00	1.35855 E+03	4.6
9.00000E+00	-9.00000E+00	1.41888 E+03	4.3
1.00000E+01	-1.00000E+01	1.47379 E+03	3.8
1.10000E+01	-1.10000E+01	1.52345 E+03	3.3
1.20000E+01	-1.20000E+01	1.56775 E+03	2.6
1.30000E+01	-1.30000E+01	1.60583 E+03	2.0
1.40000E+01	-1.40000E+01	1.63667 E+03	1.4
1.50000E+01	-1.50000E+01	1.66105 E+03	0.8



9 Modélisation G

9.1 Caractéristiques de la modélisation

Appui simple sur la ligne moyenne. Elastoplasticité de Von Mises à écrouissage isotrope linéaire en grands déplacements.

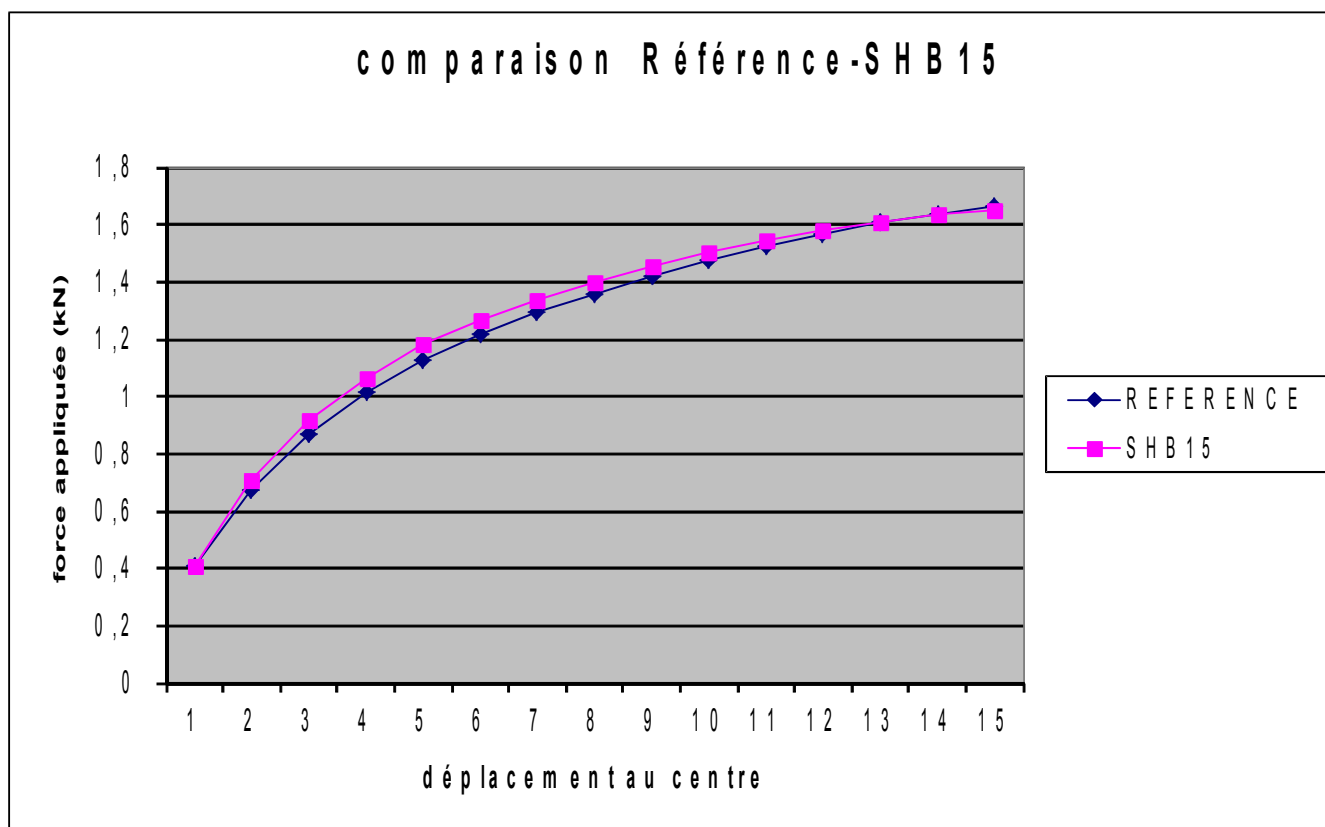
9.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 3803
Nombre de mailles et types : 1800 SHB15.

9.3 Grandeurs testées et résultats de la modélisation G

Paramètres identifiés : déplacement en x du point $P2$, et coefficient de pilotage .:

Déplacement au point $P2$	Force appliquée au point $P2$	Référence	% différence
1.00000E+00	-1.00000E+00	0.40541 E+03	1.3
2.00000E+00	-2.00000E+00	0.67551 E+03	5.1
3.00000E+00	-3.00000E+00	0.86633 E+03	5.7
4.00000E+00	-4.00000E+00	1.01265 E+03	5.3
5.00000E+00	-5.00000E+00	1.12588 E+03	4.8
6.00000E+00	-6.00000E+00	1.21543 E+03	4.3
7.00000E+00	-7.00000E+00	1.29151 E+03	4.5
8.00000E+00	-8.00000E+00	1.35855 E+03	3.7
9.00000E+00	-9.00000E+00	1.41888 E+03	3.1
1.00000E+01	-1.00000E+01	1.47379 E+03	2.5
1.10000E+01	-1.10000E+01	1.52345 E+03	2.0
1.20000E+01	-1.20000E+01	1.56775 E+03	1.4
1.30000E+01	-1.30000E+01	1.60583 E+03	0.7
1.40000E+01	-1.40000E+01	1.63667 E+03	-0.2
1.50000E+01	-1.50000E+01	1.66105 E+03	-0.6



10 Modélisation H

10.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation identique à la modélisation C, sauf le comportement. On a choisi ici de l'élastoplasticité de Von Mises à écrouissage mixte : isotrope linéaire et cinématique linéaire (avec un coefficient de Prager nul), afin de tester la possibilité d'utiliser divers comportements.

10.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 242
Nombre de mailles et types : 100 HEXA8.

10.3 Grandeurs testées et résultats de la modélisation C

Paramètres identifiés : déplacement en x du point $P2$, et coefficient de pilotage :

Déplacement au point $P2$	Force appliquée au point $P2$	Référence	% différence
1.00000E+00	-1.00000E+00	0.40541 E+03	2.8
2.00000E+00	-2.00000E+00	0.67551 E+03	6.0
3.00000E+00	-3.00000E+00	0.86633 E+03	6.5
4.00000E+00	-4.00000E+00	1.01265 E+03	6.5
5.00000E+00	-5.00000E+00	1.12588 E+03	5.5
6.00000E+00	-6.00000E+00	1.21543 E+03	5.0
7.00000E+00	-7.00000E+00	1.29151 E+03	4.5
8.00000E+00	-8.00000E+00	1.35855 E+03	4.0
9.00000E+00	-9.00000E+00	1.41888 E+03	3.5
1.00000E+01	-1.00000E+01	1.47379 E+03	3.0
1.10000E+01	-1.10000E+01	1.52345 E+03	2.5
1.20000E+01	-1.20000E+01	1.56775 E+03	2.0
1.30000E+01	-1.30000E+01	1.60583 E+03	1.6
1.40000E+01	-1.40000E+01	1.63667 E+03	1.4
1.50000E+01	-1.50000E+01	1.66105 E+03	1.1

Les résultats sont identiques à ceux de la modélisation C, ce qui était attendu.

11 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus par *Code_Aster* avec la modélisation SHB montrent la capacité de tous les éléments de cette modélisation à traiter des problèmes de coques minces avec non linéarités géométriques et comportementales.