

---

## SSNS102 - Flambage d'une coque cylindrique avec raidisseur

---

### Résumé :

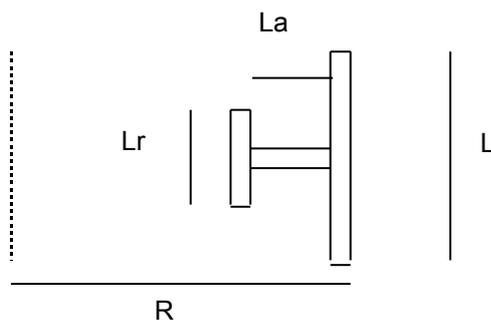
Ce test de mécanique quasi-statique non linéaire permet de valider les éléments SHB8 et SHB20 en non linéaire géométrique, avec ou sans prise en compte des pressions suiveuses et en flambage d'Euler. Il montre les capacités de cet élément à traiter des problèmes de coques minces avec raidisseur.

## 1 Problème de référence

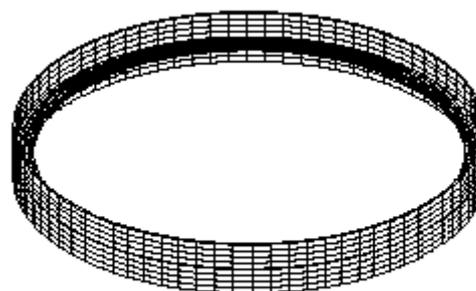
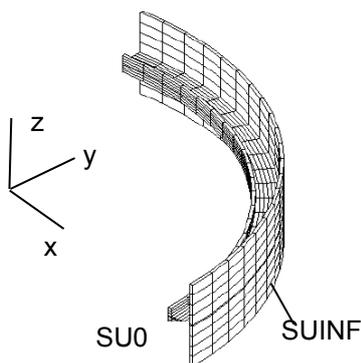
### 1.1 Géométrie

Coque cylindrique (dont on pourra représenter un quart), comportant un raidisseur en surface interne.

La section (axisymétrique) est de la forme suivante :



SU90



Géométrie : Rayon  $R=2.488\text{ m}$   
Hauteur  $L=600\text{ m}$   
Épaisseur  $h=0.024\text{ m}$   
Ame  $la=0.156\text{ m}$ ,  $h=0.01\text{ m}$   
Raidisseur  $lr=0.120\text{ m}$ ,  $h=0.024\text{ m}$

### 1.2 Propriétés du matériau

Matériau :  $E=2.10^{11}\text{ Pa}$   
 $\nu=0.3$

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

Conditions aux limites de symétrie : avec SU90 : DX = 0  
SU0 : DY = 0

Chargement : sur  $SUINF$  :  $DZ = 0$   
Pression externe uniforme  $P = 1 Pa$  considérée comme pression non suiveuse  
puis suiveuse

## 2 Solution de référence

### 2.1 Méthode de calcul

Solution numérique [bib1] : valeurs de l'instant (donc de la pression externe) en fonction du déplacement radial du point  $P2$  (avec pression non suivieuse).

### 2.2 Grandeurs et résultats de référence

Les charges critiques d'Euler trouvées par INCA [bib1] sont :

Mode	Grandeur	Unité	Référence : (Inca)
1	Pcr	(Pa)	1.27522
2	Pcr	(Pa)	2.70735
3	Pcr	(Pa)	2.81099
4	Pcr	(Pa)	2.83234
5	Pcr	(Pa)	3.11185
6	Pcr	(Pa)	3.25732
7	Pcr	(Pa)	3.61713
8	Pcr	(Pa)	3.99700
9	Pcr	(Pa)	4.07395
10	Pcr	(Pa)	4.10499

En grands déplacements, sans pression suivieuse, la solution trouvée par INCA est :

Instant = pression	Déplacement radial point
1.000E-01	- 6.414E-04
2.000E-01	- 1.288E-03
3.001E-01	- 1.942E-03
4.000E-01	- 2.604E-03
4.999E-01	- 3.279E-03
5.996E-01	- 3.971E-03
6.987E-01	- 4.688E-03
7.964E-01	- 5.443E-03
8.909E-01	- 6.256E-03
9.768E-01	- 7.142E-03
1.056E+00	- 8.254E-03
1.103E+00	- 9.278E-03
1.130E+00	- 1.020E-02
1.148E+00	- 1.106E-02
1.160E+00	- 1.189E-02
1.169E+00	- 1.271E-02
1.175E+00	- 1.351E-02
1.181E+00	- 1.430E-02
1.185E+00	- 1.509E-02
1.188E+00	- 1.587E-02
1.191E+00	- 1.681E-02
1.194E+00	- 1.774E-02
1.196E+00	- 1.866E-02
1.197E+00	- 1.959E-02
1.199E+00	- 2.051E-02
1.200E+00	- 2.144E-02
1.201E+00	- 2.236E-02
1.201E+00	- 2.328E-02

1.202E+00	- 2.420E-02
1.202E+00	- 2.512E-02
1.203E+00	- 2.622E-02
1.203E+00	- 2.732E-02
1.203E+00	- 2.843E-02
1.204E+00	- 2.953E-02
1.204E+00	- 3.063E-02
1.204E+00	- 3.172E-02
1.204E+00	- 3.282E-02
1.203E+00	- 3.391E-02
1.203E+00	- 3.500E-02
1.203E+00	- 3.608E-02
1.203E+00	- 3.737E-02
1.203E+00	- 3.866E-02
1.202E+00	- 3.992E-02
1.202E+00	- 4.115E-02
1.202E+00	- 4.234E-02
1.202E+00	- 4.347E-02
1.201E+00	- 4.450E-02
1.201E+00	- 4.540E-02
1.201E+00	- 4.609E-02
1.202E+00	- 4.644E-02

## 2.3 Incertitudes sur la solution

Sans objet

## 2.4 Références

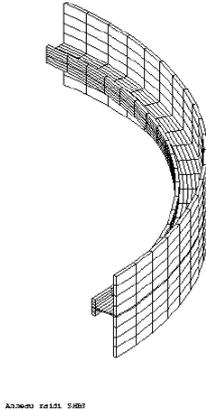
- [1] "Elastoplastic Stability analysis on shells using the physically stabilised finite element SHB8PS"  
A.Legay, A.Combescure, International Journal for Numerical Methods in Engineering, 20 1-6,  
2000,

## 3 Modélisation A

---

### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

1/4 du cylindre raidi :



### 3.2 Caractéristiques du maillage

966 nœuds, 440 SHB8,  
180 QUAD4 (peau externe)

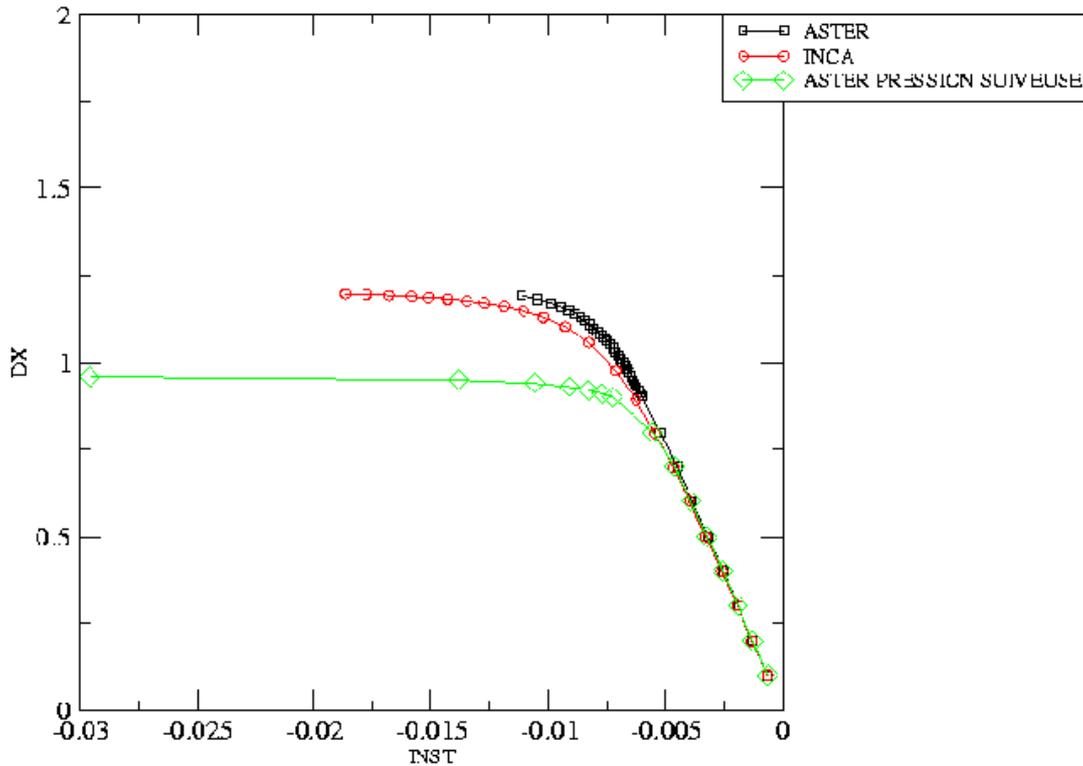
### 3.3 Grandeurs testées et résultats

La 1<sup>ère</sup> charge critique d'Euler calculée en «élasticité linéaire (petits déplacements) vaut :

Mode	Grandeur	Référence : (Inca)	Aster	%différence
1	Pcr (Pa)	1.27522	1.24	-2.8%

En grands déplacements, sans et avec pression suiveuse, la courbe pression-déplacement calculée est la suivante :

## SSNS101



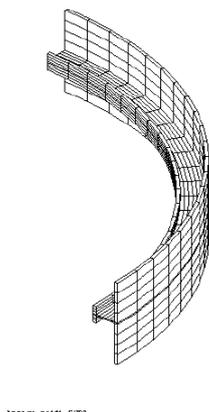
La solution de référence (calcul INCA sans pression suivieuse) est comparée à la solution Aster dans le tableau suivant :

Instant	Dx référence	Aster	%différence
1.00000E-01	-6.41400000000000D-04	-6.3006176337386D-04	-1.768
2.00000E-01	-1.28800000000000D-03	-1.2632416324434D-03	-1.922
3.00100E-01	-1.94200000000000D-03	-1.9010690490242D-03	-2.108
4.00000E-01	-2.60400000000000D-03	-2.5432700501389D-03	-2.332
4.99900E-01	-3.27900000000000D-03	-3.1933972632090D-03	-2.611
5.99600E-01	-3.97100000000000D-03	-3.8536429365519D-03	-2.955
6.98700E-01	-4.68800000000000D-03	-4.5271166527079D-03	-3.432
7.96400E-01	-5.44300000000000D-03	-5.2186387464667D-03	-4.122
8.90900E-01	-6.25600000000000D-03	-5.9353730232798D-03	-5.125

## 4 Modélisation B

### 4.1 Caractéristiques de la modélisation

1/4 du cylindre raidi :



### 4.2 Caractéristiques du maillage

3293 nœuds, 440 SHB20,  
180 QUAD8 (peau externe)

### 4.3 Grandeurs testées et résultats

La 1<sup>ère</sup> charge critique d'Euler calculée en «élasticité linéaire (petits déplacements) » vaut :

Mode	Grandeur	Référence : (Inca)	Aster	%différence
1	Pcr (Pa)	1.27522	1.23	-3.5%

En grands déplacements, sans et avec pression suiveuse, la courbe pression-déplacement calculée est la suivante :

La solution de référence (calcul INCA sans pression suiveuse) est comparée à la solution Aster dans le tableau suivant :

Instant	Dx référence	Aster	%différence
1.00000E-01	-6.4140000000000D-04	-6.3119635530626D-04	-1.591
2.00000E-01	-1.2880000000000D-03	-1.2655634673936D-03	-1.742
3.00100E-01	-1.9420000000000D-03	-1.9046566026826D-03	-1.923
4.00000E-01	-2.6040000000000D-03	-2.5482463080658D-03	-2.141
4.99900E-01	-3.2790000000000D-03	-3.1999661426587D-03	-2.410
5.99600E-01	-3.9710000000000D-03	-3.8621475556741D-03	-2.741
6.98700E-01	-4.6880000000000D-03	-4.5383923586560D-03	-3.191
7.96400E-01	-5.4430000000000D-03	-5.2340019182260D-03	-3.840
8.90900E-01	-6.2560000000000D-03	-5.9581981972785D-03	-4.760

## 5 Synthèse des résultats

---

Les résultats obtenus par *Code\_Aster* avec les éléments SHB8 et SHB20 montrent leur capacité à traiter des problèmes de coques minces avec non linéarités géométriques.

Les résultats avec pression non suivieuse sont proches de ceux de la référence. Ils sont un peu meilleurs avec le SHB20 qu'avec le SHB8, pour le même nombre de mailles.

Les résultats avec pression suivieuse, pour lesquels on n'a pas de solution de référence, montrent tout de même la bonne prise en compte de cette hypothèse dans les calculs.