SSLS125 - Flambement d'un cylindre libre sous pression externe

Résumé :

Ce test représente un calcul de stabilité d'une enveloppe cylindrique mince libre à ses extrémités soumise à une pression externe. On calcule les charges critiques conduisant au flambement élastique d'Euler. La matrice de rigidité géométrique utilisée dans la résolution du problème aux valeurs propres est celle qui est due aux contraintes initiales.

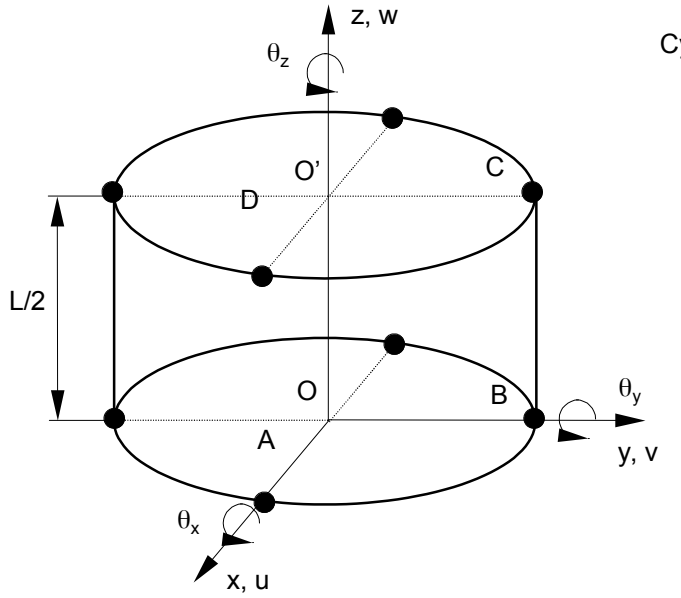
Il permet de valider la modélisation éléments finis SHB (éléments linéaires SHB8 et SHB6 et éléments quadratiques SHB20 et SHB15)

La charge critique et le mode propre obtenus sont comparés à une solution de référence analytique.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Cylindre libre aux extrémités

La symétrie du problème permet de modéliser un quart de cylindre de longueur L , avec des conditions de symétrie spécifiques au bord inférieur.

$L=2\mathrm{m}$
Rayon moyen $R=2\mathrm{m}$
Épaisseur $e=0.02\mathrm{m}$

1.2 Propriétés du matériau

Les propriétés du matériau constituant la plaque sont :

$E=2.10^{11}\,Pa$ Module d'Young
$\nu=0.3$ Coefficient de poisson

1.3 Conditions aux limites et chargements

•Chargement :
- •pression uniformément répartie de $p_{cr}=1.Pa$ sur la partie cylindrique.
- •Conditions de symétrie :
  - •sur AB : DZ = 0
  - •sur BC : DX=0
  - •sur DA : DY=0

1.4 Conditions initiales

Sans objet

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

La pression critique est donnée en [bib1] ou [bib2] par l'expression suivante :

$$P_{CR}=\frac{E}{12.(1-\nu^2)}.n^2.(\frac{e}{R})^3$$

avec n numéro du mode (ici $n=2,4,6$)

2.2 Résultats de référence

Les pressions critiques (en Pa) sont :

Mode (n)	Référence
2	73260
4	293040
6	659340

2.3 Incertitudes sur la solution

Solution analytique

2.4 Références bibliographiques

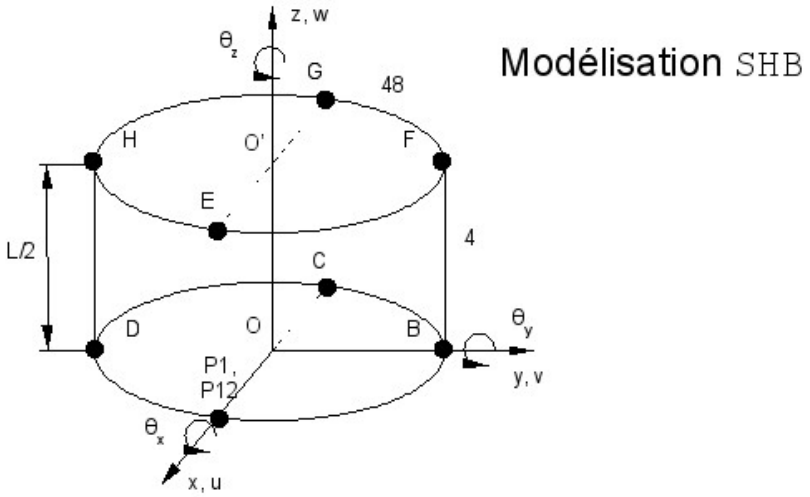
1) S.P. TIMOSHENKO, J.M. GERE : Théorie de la stabilité élastique, page 500, deuxième édition, DUNOD 1966.

2) BO O. ALMROTH, D.O. BRUSH : Buckling of bars, plates and shells, page 173, Mc Graw-Hill, New York,1975.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation



Modélisation SHB

3.2 Caractéristiques du maillage

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

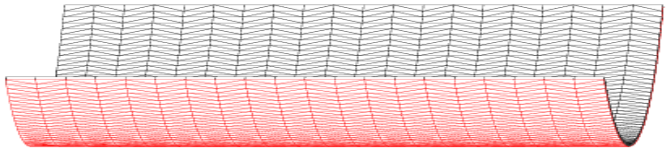
3.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Mode (n)	Référence	*Aster*	% différence
Pression critique (Pa)	2	73260	72492	1.05
	4	293040	293481	0.15
	6	659340	673600	2.2

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation



4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 2982 (20 éléments dans la hauteur, 70 sur la circonférence)
Nombre de mailles et types : 2800 PENTA6

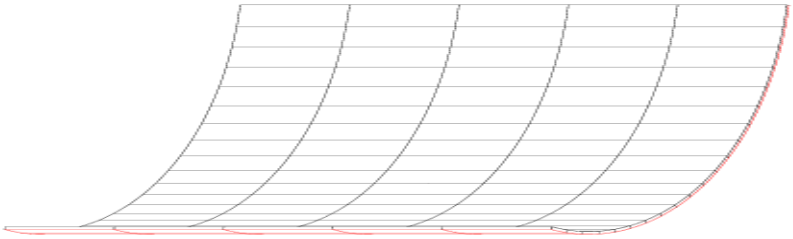
4.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Mode (n)	Référence	*Aster*	% différence
Pression critique (Pa)	2	73260	75544	3.1
	4	293040	302291	3.1
	6	659340	680524	3.2

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation



5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 828 (5 éléments dans la hauteur, 20 sur la circonférence)
Nombre de mailles et types : 100 HEXA20

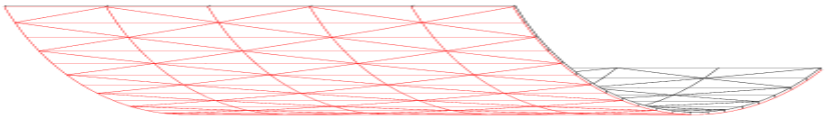
5.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Mode (n)	Référence	*Aster*	% différence
Pression critique (Pa)	2	73260	71996	-1.7
	4	293040	287912	-1.7
	6	659340	647176	-1.8

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation



6.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 1028 (5 éléments dans la hauteur, 20 sur la circonférence)
Nombre de mailles et types : 200 PENTA15

6.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Mode (n)	Référence	*Aster*	% différence
Pression critique (Pa)	2	73260	73235	-0.03
	4	293040	293111	0.02
	6	659340	659800	0.07

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

7 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus sont satisfaisants. Les incertitudes sur la pression critique ne dépassent pas 3% . A noter que pour obtenir cette précision, l'élément SHB6 a besoin d'un maillage plus fin que les autres éléments (3000 nœuds au lieu de 1000).

La déformée modale obtenue correspond bien au mode circonférentiel attendu : $n=2$ pour les deux modélisations.

Ce test a permis de tester la modélisation SHB en flambement linéaire d'Euler d'une structure mince soumis à une pression extérieure.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)