

SSLV304 – Cylindre sous pression extérieure variable

Résumé :

L'objectif de ce cas-test est de valider l'application d'une pression sur une structure axi-symétrique, à partir d'une décomposition en série de Fourier de la charge (modélisation `AXIS_FOURIER`).

La pression appliquée est fonction des trois coordonnées de l'espace (r, θ, z) .

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

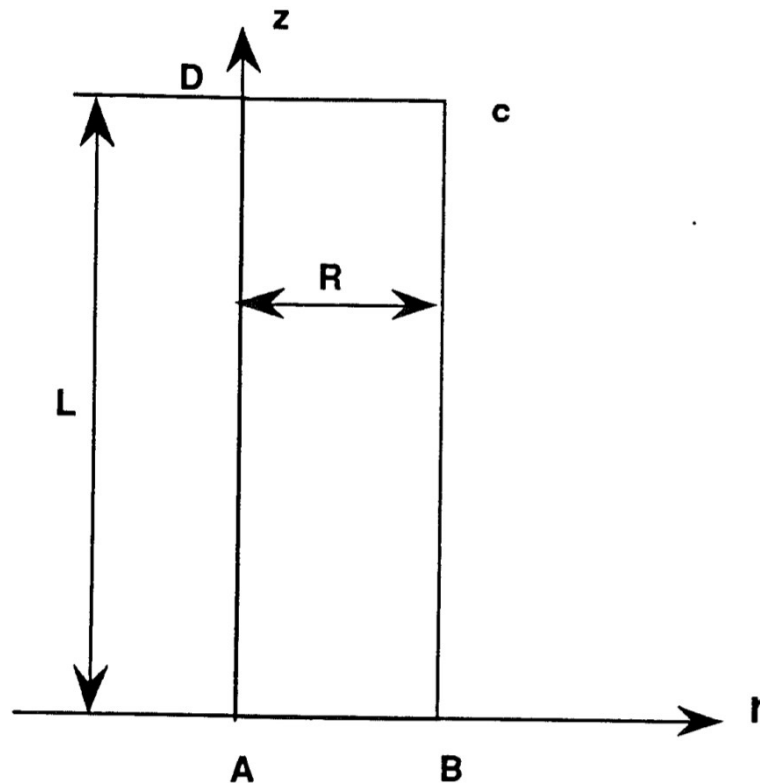


Figure 1.1 Géométrie du problème et système de chargement

Longueur : $L=0.24\text{ m}$

Rayon : $R=0.006\text{ m}$

1.2 Propriétés du matériau

| | |
|------------------------|----------------------------------|
| Module d'Young | $E=2.1 \times 10^{11}\text{ Pa}$ |
| Coefficient de Poisson | $\nu=0.3$ |

1.3 Conditions aux limites et chargements

Déplacement imposé :

| | |
|-----------------------------|--------------------|
| Encastrement sur le côté AB | $DX=0, DY=0, DZ=0$ |
|-----------------------------|--------------------|

Chargement imposé : $p_0=10\,000\text{ Pa}$

| | |
|------------------------------------|---|
| Pression extérieure sur le côté BC | Composante radiale : $-p_0 \frac{R}{L} \sin(\theta)$ (normale à la circonférence) |
|------------------------------------|---|

| | |
|--------------------------------------|--|
| | Composante axiale : $p_0 \frac{z}{L} \sin(\theta)$ (suivant z) |
| Pression extérieure sur le côté DC | Composante radiale : $p_0 \sin(\theta)$ (suivant r) Composante circonférentielle : $p_0 \cos(\theta)$ (suivant θ) Composante axiale : $\frac{1-\nu}{\nu} \frac{p_0 r}{L} \sin(\theta)$ (normale à la section) |

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

La déformation due à la pression seule est donnée par :

$$u_r = \frac{p_0}{\nu E L} \times \frac{1}{1-2\nu} \times \frac{z^2}{4} \sin(\theta) ; u_z = \frac{-p_0}{2\nu E L} r z \sin(\theta) ; u_\theta = \frac{p_0}{\nu E L} \times \frac{1}{1-2\nu} \times \frac{z^2}{4} \cos(\theta) .$$

Le champ de contraintes vaut :

$$\sigma_{rr} = -\frac{p_0 r \sin(\theta)}{L} ; \sigma_{zz} = -\frac{1-\nu}{\nu L} p_0 r \sin(\theta) ; \sigma_{\theta\theta} = -\frac{p_0 r \sin(\theta)}{L} ;$$

$$\sigma_{rz} = \frac{p_0 z \sin(\theta)}{L} ; \sigma_{r\theta} = 0 ; \sigma_{\theta z} = \frac{p_0 z \cos(\theta)}{L} .$$

2.2 Résultats de référence

Déplacements radiaux (D_X), verticaux (D_Y) et ortho-radiaux (D_Z) aux points C et D pour un angle $\theta = 45^\circ$.

Contraintes aux points A et B .

2.3 Incertitude sur la solution

Solution analytique.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation A

Modélisation `AXIS_FOURIER` en mode 1 (la décomposition de la charge s'effectue suivant le mode 1).

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 455

Nombre de mailles et types : 400 `TRIA3`, 160 `QUAD4`

3.3 Grandeurs testées et résultats

Pour $\theta=45$,

| Grandeur | Composante | Localisation | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance |
|-----------|------------|------------------|-------------------|--------------------------------|-----------|
| DEPL | DX | Point D (N461) | 'ANALYTIQUE' | 1.683587×10^{-8} m | 0.25 % |
| DEPL | DY | Point D (N461) | 'ANALYTIQUE' | 0.0 | 1.E-14 Pa |
| DEPL | DZ | Point D (N461) | 'ANALYTIQUE' | 1.683587×10^{-8} | 0.25 % |
| DEPL | DX | Point C (N460) | 'ANALYTIQUE' | 1.683587×10^{-8} | 0.25 % |
| DEPL | DY | Point C (N460) | 'ANALYTIQUE' | -3.36717×10^{-10} | 5.2 % |
| DEPL | DZ | Point C (N460) | 'ANALYTIQUE' | 1.683587×10^{-8} | 0.25 % |
| SIGM_ELNO | SIXX | Point B (N5) | 'ANALYTIQUE' | -176.77 | 1.3 % |
| SIGM_ELNO | SIYY | Point B (N5) | 'ANALYTIQUE' | -412.48 | 3.7 % |
| SIGM_ELNO | SIZZ | Point B (N5) | 'ANALYTIQUE' | -176.77 | 2.4 % |
| SIGM_ELNO | SIXY | Point B (N5) | 'ANALYTIQUE' | 0.0 | 5.0 Pa |
| SIGM_ELNO | SIXX | Point A (N1) | 'ANALYTIQUE' | 0.0 | 45.0 Pa |
| SIGM_ELNO | SIYY | Point A (N1) | 'ANALYTIQUE' | 0.0 | 105.0 Pa |
| SIGM_ELNO | SIZZ | Point A (N1) | 'ANALYTIQUE' | 0.0 | 45.0 Pa |
| SIGM_ELNO | SIXY | Point A (N1) | 'ANALYTIQUE' | 0.0 | 30.0 Pa |

3.4 Remarques

Le test fait apparaître la nécessité, dans des modélisations avec éléments linéaires, d'utiliser des maillages très fins pour parvenir à des résultats satisfaisants.

4 Synthèse des résultats

Les résultats sont en bon accord avec la solution analytique.