

## HSLA303 - Cylindre sous pression et dilatation thermique

---

### Résumé :

Le calcul est réalisé en axisymétrie. Le but du test est de valider les pre-déformations (mot-clé `PRE_EPSI`).

Le cylindre est soumis à une dilatation thermique homogène ( $\Delta T$  constant).

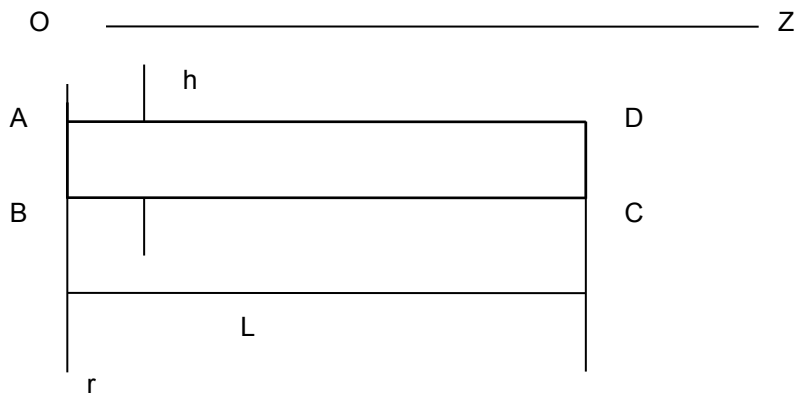
La procédure suivie est la suivante :

- soit  $\varepsilon_1$  le champ de déformations issues d'un 1<sup>er</sup> calcul, le cylindre étant soumis à une dilatation thermique homogène  $\Delta T$  ( $U_1$  le champ de déplacements résultants),
- dans un deuxième calcul, le cylindre est soumis à une pression interne, avec comme pré-déformations le champ de déformations  $\varepsilon_1$  (soit  $U_2$  le champ de déplacements résultant),
- on compare alors les résultats avec le champ  $U$ , obtenu avec cylindre sous pression, mais sans pré-déformations. On doit avoir la relation :  $U_2 = U + U_1$ .

## 1 Problème de référence

---

### 1.1 Géométrie



Longueur :  $L = 1 \text{ m}$   
Épaisseur :  $h = 0.0025 \text{ m}$   
Rayon extérieur :  $Re = 0.05 \text{ m}$

### 1.2 Propriétés de matériaux

$$E = 2.1 \times 10^{11} \text{ Pa}$$

$$\nu = 0.3$$

$$\alpha = 0.12 \times 10^{-4} / ^\circ \text{C}$$

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

- Section  $AB$  en appui (direction  $z$ ),
- Dilatation thermique dans l'épaisseur (calcul 1) :  $\Delta T = 100 \text{ }^\circ \text{C}$
- Pression interne (calcul 2) :  $p = 2 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
- Prise en compte de l'effet de fond.

### 1.4 Conditions initiales

Sans objet pour l'analyse statique.

## 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 :

$$\varepsilon_{zz} = \frac{(1-2\nu)(2R_e - h)}{4Eh} p = 3.714 \times 10^{-3}, \quad R_e = \text{rayon extérieur}$$

- Le déplacement axial dû à la pression est donné par :

$$U_z = Z \varepsilon_{zz}$$

- Les déformations dues au chargement thermique valent :

$$\varepsilon_{rr} = \varepsilon_{\theta\theta} = \varepsilon_{zz} = \alpha \Delta T = 1.2 \times 10^{-3}$$

- Le déplacement radial dû au chargement thermique vaut :

$$U_r = r \varepsilon_{rr} = 1.2 \times 10^{-3} r$$

### 2.2 Résultats de référence

- Déformation et déplacement radial et axial aux points  $A, B, C, D$  dus au chargement thermique.
- Déformation et déplacement axial aux points  $A, B, C, D$  dus à la pression.

### 2.3 Incertitude sur la solution

Solution analytique.

## 3 Modélisation A

---

### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

AXIS, maille Q8

Découpage : 10 éléments suivant la longueur  
1 élément dans l'épaisseur

Conditions limites :

en  $A$ ,  $B$             DDL\_IMPO = ( GROUP\_NO = 'A' , DY = 0. )  
DDL\_IMPO = ( GROUP\_NO = 'B' , DY = 0. )

Pression + effet de fond : champ  $U$

PRES\_REP : ( GROUP\_MA = cont\_pr , PRES = 2.E8 )  
FORCE\_CONTOUR : ( GROUP\_MA = effond , FY = 1.95E9 )

Dilatation thermique : champ  $U_1$

char\_no :  
CREA\_CHAMP ( AFFE = ( TOUT = 'OUI' , NOM\_CMP = 'TEMP' , VALE = 100. ) )

char\_th :  
AFFE\_MATERIAU ( AFFE\_VARC = F (TOUT = 'OUI' , CHAM\_GD = CHAR\_NO, VALE\_REF  
= 0., NOM\_VARC = 'TEMP' , )

Pré-déformations : champ  $U_2$

PRE\_EPSI : ( TOUT = 'OUI' , EPXX = 1.2E-3, EPYY = 1.2E-3,  
EPZZ = 1.2E-3, EPXY = 0.)

Noms des nœuds :

$A=N1$        $B=N2$        $C=N3$        $D=N4$

### 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 53

Nombre de mailles et types : 10 QUAD8, 22 SEG3

### 3.3 Grandeurs testées et résultats

Résultats concernant les champs  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U$

Champ	Localisation	Variables	Référence	
Champ thermique $U_1$	$A$	$Ur(DX)$	$5.7 \times 10^{-5}$	
	$B$	$Ur(DX)$	$6 \times 10^{-5}$	
	$C$	$Ur(DX)$	$6 \times 10^{-5}$	
		$DY$	$1.2 \times 10^{-3}$	
	$D$	$Ur(DX)$	$5.7 \times 10^{-5}$	
		$U(DY)$	$1.2 \times 10^{-3}$	
	$A$ , maille $MI$		$\epsilon_{rr}$	$1.2 \times 10^{-3}$
			$\epsilon_{\theta\theta}$	$1.2 \times 10^{-3}$
			$\epsilon_{zz}$	$1.2 \times 10^{-3}$
	$B$ , maille $MI$		$\epsilon_{rr}$	$1.2 \times 10^{-3}$
			$\epsilon_{\theta\theta}$	$1.2 \times 10^{-3}$
			$\epsilon_{zz}$	$1.2 \times 10^{-3}$
	$C$ , maille $M10$		$\epsilon_{rr}$	$1.2 \times 10^{-3}$
			$\epsilon_{\theta\theta}$	$1.2 \times 10^{-3}$
			$\epsilon_{zz}$	$1.2 \times 10^{-3}$
	$D$ , maille $M10$		$\epsilon_{rr}$	$1.2 \times 10^{-3}$
		$\epsilon_{\theta\theta}$	$1.2 \times 10^{-3}$	
		$\epsilon_{zz}$	$1.2 \times 10^{-3}$	
		$U_{\theta}(DY)$	$3.714 \times 10^{-3}$	
		$U_{\theta}(DY)$	$3.714 \times 10^{-3}$	
Champ de pression $U$	$C$	$U_{\theta}(DY)$	$3.714 \times 10^{-3}$	
	$D$	$U_{\theta}(DY)$	$3.714 \times 10^{-3}$	
	$C$ , maille $M10$	$\epsilon_{\theta\theta}$	$3.714 \times 10^{-3}$	
	$D$ , maille $M10$	$\epsilon_{\theta\theta}$	$3.714 \times 10^{-3}$	
Champ $U_2$	$C$	$U_{\theta\theta}$	$4.914 \times 10^{-3}$	
	$D$	$U_{\theta\theta}$	$4.914 \times 10^{-3}$	
	$C$ , maille	$\epsilon_{\theta\theta}$	$4.914 \times 10^{-3}$	
	$D$ , maille	$\epsilon_{\theta\theta}$	$4.914 \times 10^{-3}$	

## 3.4 Remarques

- Le but du test n'est pas d'obtenir une grande précision au niveau des résultats, mais simplement de vérifier la relation :  $U_2 = U + U_1$  ; de ce fait, le calcul n'a été réalisé qu'avec un maillage grossier.
- On constate que la relation recherchée est bien vérifiée à l'extrémité libre du cylindre.
- On vérifie par ailleurs que le champ de déformation issu de la dilatation thermique est uniformément égal à  $1.2 \times 10^{-3}$ .

## 4 Synthèse des résultats

---

L'option `PRE_EPSI` (pré-déformations en constant) fournit des résultats tout à fait satisfaisants.