

**Manuel de Validation****Fascicule V7.12 : -****Document : V7.12.303**

# HSLA303 - Cylindre sous pression et dilatation thermique

**Résumé :**

Le calcul est réalisé en axisymétrie. Le but du test est de valider les déformations initiales (mot-clé EPSI\_INIT).

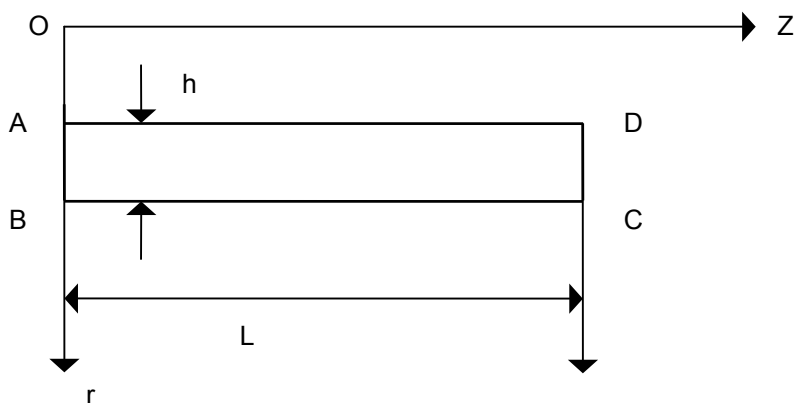
Le cylindre est soumis à une dilatation thermique homogène ( $\Delta T$  constant).

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  $\Delta T$  ( $\mathbf{U}_1$  le champ de déplacements résultants),
- dans un deuxième calcul, le cylindre est soumis à une pression interne, avec comme déformations initiales le champ de déformations  $\varepsilon_1$  (soit  $\mathbf{U}_2$  le champ de déplacements résultant),
- on compare alors les résultats avec le champ  $\mathbf{U}$ , obtenu avec cylindre sous pression, mais sans déformations initiales. On doit avoir la relation :  $\mathbf{U}_2 = \mathbf{U} + \mathbf{U}_1$ .

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



Longueur :  $L = 1 \text{ m}$   
Epaisseur :  $h = 0.0025 \text{ m}$   
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) :  $\Delta T = 100^\circ\text{C}$
- 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 :

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

- 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 :

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

### 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 Q 8

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 U1

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

char\_th :  
AFFE\_CHAR\_MECA ( TEMP\_CALCULEE = char\_no )

Déformations initiales : champ U2

EPSI\_INIT : ( 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 Fonctionnalités testées

#### Commandes

AFFE_MODELE	'MECANIQUE'	'AXIS'	TOUT
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	GROUP_NO	
	TEMP_CALCULEE		
	PRES_REP	GROUP_MA	
CREA_CHAMP	AFFE		
CALC_CHAM_ELEM	OPTION	'EPSI ELNO DEPL'	
AFFE_CHAR_MECA	EPSI_INIT		

## 4 Résultats de la modélisation A

### 4.1 Valeurs testées

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

Champ	Localisation	Variables	Référence	Aster	% Référence
Champ thermique $U_1$	A	Ur(DX)	$5.7 \times 10^{-5}$	$5.7 \times 10^{-5}$	$-6.42 \times 10^{-11}$
	B	Ur (DX)	$6 \times 10^{-5}$	$6 \times 10^{-5}$	$-7.14 \times 10^{-11}$
	C	Ur(DX)	$6 \times 10^{-5}$	$6 \times 10^{-5}$	$8.29 \times 10^{-12}$
		DY	$1.2 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$3.9 \times 10^{-10}$
	D	Ur(DX)	$5.7 \times 10^{-5}$	$5.7 \times 10^{-5}$	$1.19 \times 10^{-11}$
		U(DY)	$1.2 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$3.9 \times 10^{-10}$
	A, maille M1	$\varepsilon_{rr}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$-1.91 \times 10^{-10}$
		$\varepsilon_{\theta\theta}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$5.54 \times 10^{-10}$
		$\varepsilon_{zz}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$-1.12 \times 10^{-10}$
	B, maille M1	$\varepsilon_{rr}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$-1.89 \times 10^{-10}$
		$\varepsilon_{\theta\theta}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$5.57 \times 10^{-10}$
		$\varepsilon_{zz}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$-1.16 \times 10^{-10}$
	C, maille M10	$\varepsilon_{rr}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$-3.74 \times 10^{-11}$
		$\varepsilon_{\theta\theta}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$1.08 \times 10^{-10}$
		$\varepsilon_{zz}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$-4.74 \times 10^{-12}$
	D, maille M10	$\varepsilon_{rr}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$-3.98 \times 10^{-11}$
		$\varepsilon_{\theta\theta}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$1.12 \times 10^{-10}$
		$\varepsilon_{zz}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$-2.93 \times 10^{-12}$
Champ de pression $U$	C	$U_{\theta}$ (DY)	$3.714 \times 10^{-3}$	$3.997 \times 10^{-3}$	7.614
	D	$U_{\theta}$ (DY)	$3.714 \times 10^{-3}$	$3.997 \times 10^{-3}$	7.614
	C, maille M10	$\varepsilon_{\theta\theta}$	$3.714 \times 10^{-3}$	$3.996 \times 10^{-3}$	7.602
	D, maille M10	$\varepsilon_{\theta\theta}$	$3.714 \times 10^{-3}$	$3.996 \times 10^{-3}$	7.602
Champ $U_2$	C	$U_{\theta\theta}$	$4.914 \times 10^{-3}$	$5.197 \times 10^{-3}$	5.754
	D	$U_{\theta\theta}$	$4.914 \times 10^{-3}$	$5.197 \times 10^{-3}$	5.754
	C, maille	$\varepsilon_{\theta\theta}$	$4.914 \times 10^{-3}$	$5.196 \times 10^{-3}$	5.746
	D, maille	$\varepsilon_{\theta\theta}$	$4.914 \times 10^{-3}$	$5.196 \times 10^{-3}$	5.746

### 4.2 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  $1.2 \times 10^{-3}$ .

## 5 Synthèse des résultats

L'option `EPSI_INIT` (déformations initiales en constant) fournit des résultats tout à fait satisfaisants.