TPLA01 - Cylindre creux infini en équilibre thermique

Résumé :

Thermique stationnaire linéaire.

Modèle axisymétrique ; 4 modélisations.

Solution analytique.

Intérêt du test :

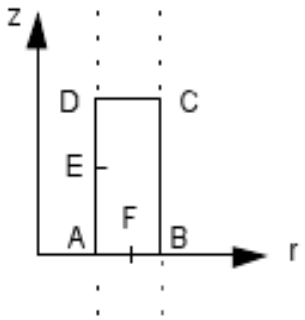
- **tous** les éléments axisymétriques : triangles et quadrangles, linéaires et quadratiques,
- élément de coque axisymétrique : segments quadratiques
- conditions aux limites variées : échange, température imposée, flux imposé,
- validation partielle de la matrice de "masse" thermique car on fait un "faux" transitoire.
- Option 'MASS_THER' de CALC_MATR_ELEM pour la modélisation A

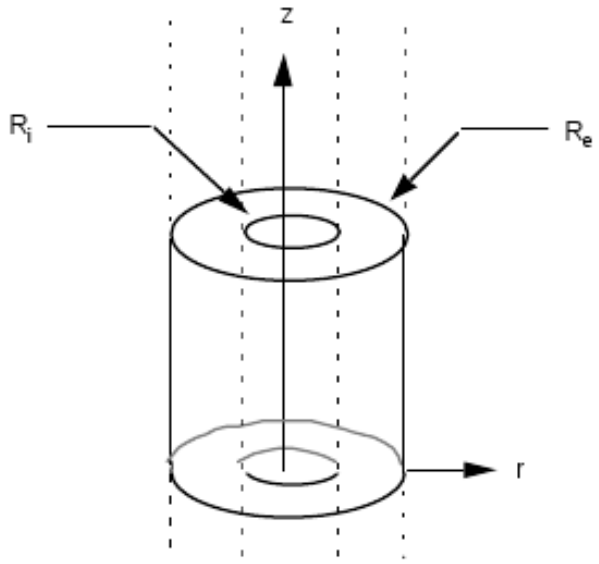
Les résultats ne sont pas affectés par la distorsion des mailles $h/l=40$.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie





Rayon intérieur	$R_i = 0.30\,m$
Rayon extérieur	$R_e = 0.35\,m$
Point F	$r = 0.32\,m$

1.2 Propriétés de matériaux

$\lambda = 1\,W/m°C$

$\rho C_P = 2\mathrm{J}/m^3°C$ (chaleur volumique)

1.3 Conditions aux limites et chargements

- $[DC] \cup [AB]$: $\Phi = 0\,W/m^2$
- $[EA]$: $T = T_i = 100°C$
- $[ED]$: $\Phi = \Phi_i = 1729.9091\,W/m^2$ (flux rentrant)
- $[CD]$: : échange $h = h_e = 500\,W/m^2°C$, $T = T_e = 17.03444°C$

1.4 Conditions initiales

Pour faire ce calcul stationnaire, on fait un calcul transitoire pour lequel les conditions aux limites sont constantes dans le temps. Ceci permet de tester les calculs élémentaires de masse intervenant dans le premier membre ainsi que le deuxième membre.

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

$$T(r) = T_i + \Phi \log\left(\frac{r}{R_i}\right)$$

avec :
$$\begin{cases} \Phi = \dfrac{T_e - Ti}{\log\left(\dfrac{R_e}{R_i}\right)} \\ \text{les flux } \textit{radiaux } \left(\lambda \dfrac{\partial T}{\partial r}\right) \text{sur les parois du cylindre sont :} \\ \Phi_i = +\lambda . \dfrac{\Phi}{R_i} \\ \Phi_e = +\lambda . \dfrac{\Phi}{R_e} \end{cases}$$

T_i: Température en peau « interne »
T_e: Température en peau « externe »

2.2 Résultats de référence

Températures et flux aux points A , B , D , F .

Pour le test de l'option 'MASS_THER' (opérateur CALC_MATR_ELEM), on doit utiliser une valeur donnée par un objet JEVEUX, qui correspond à une somme de contrôle.
C'est un test de non-régression numérique pure.
Pour tester, on active le mode debug de calcul.F90 puis on compare les valeurs des champs de sortie de MASS_THER dans CALC_MATR_ELEM avec la même chose que le THER_LINEAIRE du test.

2.3 Incertitude sur la solution

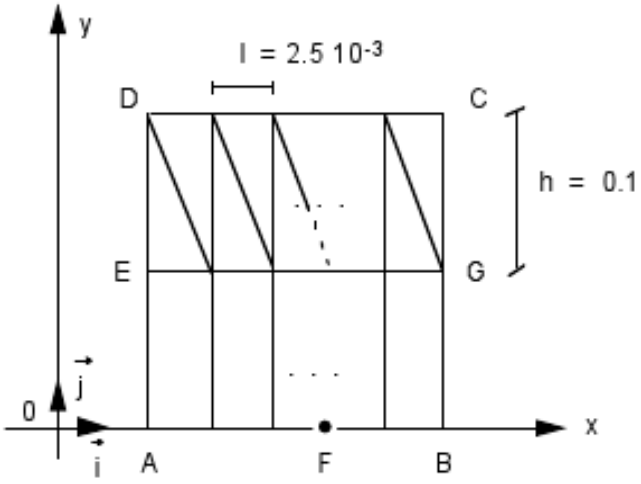
Solution analytique.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

axis (TRIA3, QUAD4)



	x	y	
A	0.30	0.00	N1
B	0.35	0.00	N41
D	0.30	0.10	N43
E	0.30	0.05	N2
F	0.32	0.00	N17

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 63.

Nombre de mailles et types : 40 TRIA3, 20 QUAD4

3.3 Valeurs testées

Identification	Référence
$T(A)$	100
$T(B)$	20
$T(F)$	66.506
$T(D)$	100
$\Phi(A)$	1729.91
$\Phi(B)$	1482.78
$\Phi(D)$	1729.91
$\Phi(F)$	1621.79

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

axis (TRIA6, QUAD8)

	x	y	
A	0.30	0.00	$N180$
B	0.35	0.00	$N10$
D	0.30	0.10	$N178$
E	0.30	0.05	$N183$
F	0.32	0.00	$N112$

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 185.

Nombre de mailles et types : 40 TRIA6, 20 QUAD8

4.3 Valeurs testées

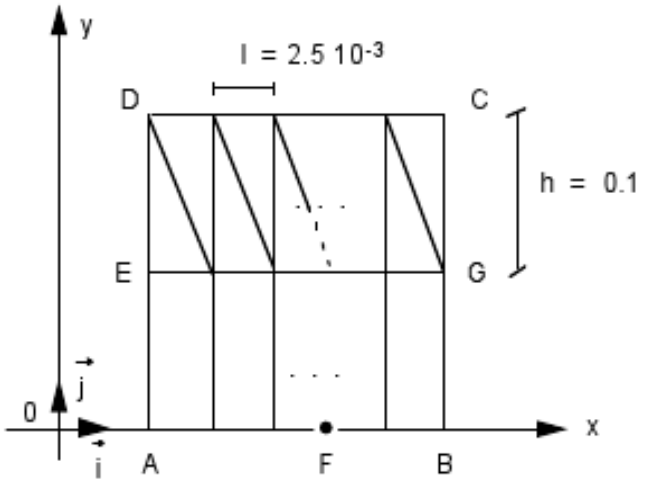
Identification	Référence
$T(A)$	100
$T(B)$	20
$T(F)$	66.506
$T(D)$	100
$\Phi(A)$	1729.91
$\Phi(B)$	1482.78
$\Phi(D)$	1729.91
$\Phi(F)$	1621.79

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

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

axis (TRIA6, QUAD9)



	x	y	
A	0.30	0.00	*N199*
B	0.35	0.00	*N10*
D	0.30	0.10	*N197*
E	0.30	0.05	*N203*
F	0.32	0.00	*N124*

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 205.

Nombre de mailles et types : 40 TRIA6, 20 QUAD9

5.3 Valeurs testées

Identification	Référence
$T(A)$	100
$T(B)$	20
$T(F)$	66.506
$T(D)$	100
$\Phi(A)$	1729.91
$\Phi(B)$	1482.78
$\Phi(D)$	1729.91
$\Phi(F)$	1621.79

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

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

COQUE_AXIS (SEG3)

6.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 21.

Nombre de mailles et types : 10 SEG3

6.3 Valeurs testées

Identification	Grandeur	Type de Référence	Référence	Tolérance (%)
$r=0.3(A)$	TEMP_SUP TEMP_MIL TEMP_INF	'ANALYTIQUE'	100	0,1
$r=0.31$		'ANALYTIQUE'	82,983	0,1
$r=0.32$		'ANALYTIQUE'	66,5063	0,1
$r=0.33$		'ANALYTIQUE'	50,5366	0,1
$r=0.34$		'ANALYTIQUE'	35,0437	0,1
$r=0.35(B)$		'ANALYTIQUE'	20	0,1

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

7 Synthèse des résultats

Ce problème est correctement résolu :

- avec les différents types d'éléments quel que soit le degré d'interpolation,
- n'est pas affecté par la forme des éléments $h/l=40$.

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