TPLV305 - Gradient thermique dans un cylindre (Fourier)

Résumé :

Ce test est issu de la validation indépendante de la version 3 en thermique stationnaire linéaire.

Il valide les éléments thermiques axisymétriques de résolution harmonique (AXIS_FOURIER) et volumiques avec pour conditions aux limites des températures imposées suivant une fonction harmonique (mode 1).

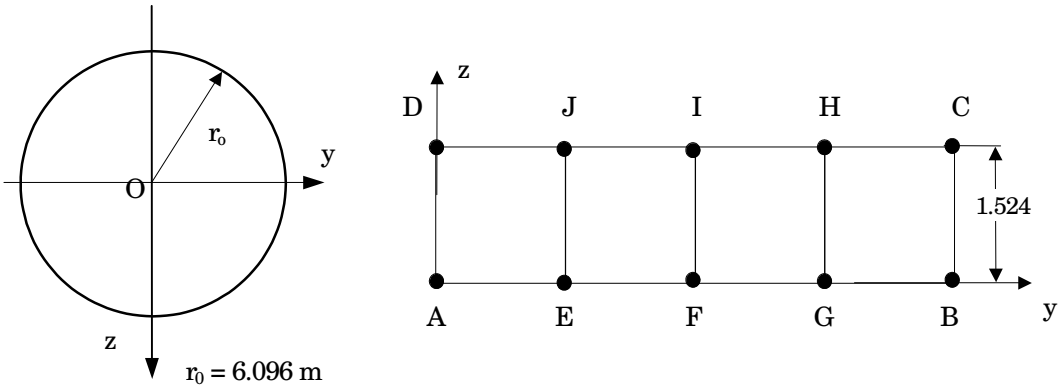
Il comporte deux modélisations, l'une 3D et l'autre utilisant des éléments thermiques axisymétriques « Fourier ».

L'intérêt de ce test est la validation des éléments thermiques AXIS_FOURIER et de la commande d'assemblage des champs (CREA_CHAMP, option ASSE).

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



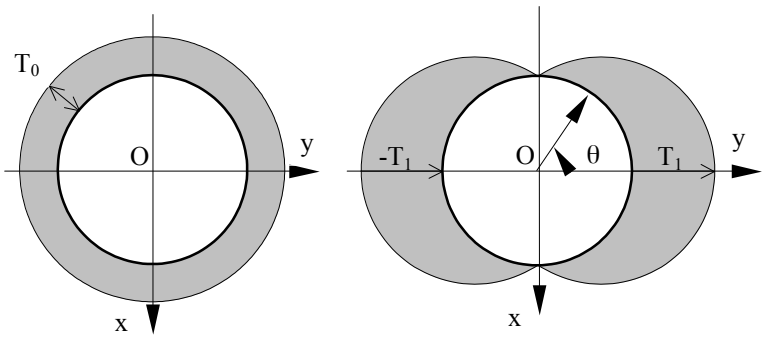
1.2 Propriétés du matériau

$\lambda = 1.7307\, W/m.°C$ Conductivité thermique

1.3 Conditions aux limites et chargements

La condition limite est appliquée sur la surface externe du cylindre, elle se décompose en:

- une condition limite symétrique de révolution associée à l'harmonique 0 :
  $CL1 : \; T_0 = -17.778\,°C$
- une condition limite symétrique par rapport à θ associée à l'harmonique 1 :
  $CL2 : \; T_1 \cos\theta = 44.444 \cos\theta\,(°C)$



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 solution de référence originale donnée dans le livre [bib1] est basée sur une approche analytique. Cette référence est citée dans le manuel de vérification d'ANSYS [bib2]

2.2 Résultats de référence

- Température aux points A , E , F , G , B pour le mode 0 ($CL1$),
- Température aux points A , E , F , G , B le mode 0 et mode 1 recombiné ($CL1+CL2$) pour $\theta=0°,45°,90°$ et $180°$.

2.3 Incertitude sur la solution

Inconnue, il n'a pas été possible de se procurer la référence originale (livre ancien, plus édité).

2.4 Références

[1] Kreith, F., " Principles of heat transfer", International Textbook Co., Scranton, Pennsylvania, 2nd Printing, 1959.

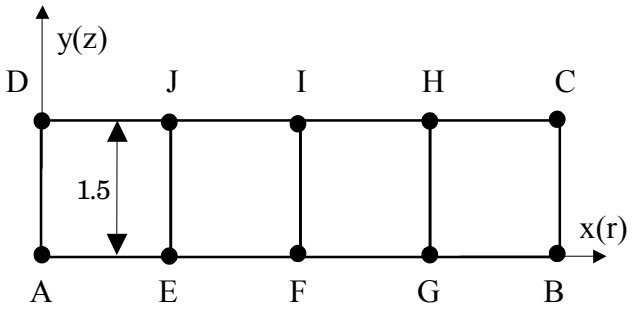
[2] ANSYS : "Verification manual", 1 st edition, June 1, 1976

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

AXIS_FOURIER (QUAD4)



Conditions limites:

- cotés AB, CD $\phi = 0$
- coté BC
  . mode 0 T = -17.778
  . mode (0 +1) T = -17.778 +44.444 cos θ

Points	x	noeuds
A	0.000	N1 , N2
E	1.524	N3 , N4
F	3.048	N5 , N6
G	4.572	N7 , N8
B	6.096	N9 , N10

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 10
Nombre de mailles et types : 4 QUAD4

3.3 Grandeurs testées et résultats

				Ecart relatif %		Ecart Absolu	
Identification		Référence	*Aster*	différence	tolérance	différence	tolérance
Température $(°C)$							
CL1 (mode = 0)							
	N1, N2	-17.778	-17.778	0.000	1%	-1.14e-12	0.01
	N3, N4	-17.778	-17.778	0.000	1%	-9.09e-13	0.01
	N5, N6	-17.778	-17.778	0.000	1%	-6.82e-13	0.01
	N7, N8	-17.778	-17.778	0.000	1%	-3.41e-13	0.01
	N9, N10 *	-17.778	-17.778	0.000	1%	0.000e+0	0.01
$CL1+CL2$ (mode 0 et 1)							
$\theta=0$	N1, N2	-17.778	-17.778	0.000	1%	-1.14e-12	0.01
	N3, N4	-6.667	-6.667	0.000	1%	1.820e-8	0.01
	N5, N6	4.444	4.444	0.000	1%	3.650e-8	0.01
	N7, N8	15.556	15.555	-0.006	1%	-1.000e-3	0.01
	N9, N10 *	26.667	26.666	-0.004	1%	-1.000e-3	0.01
$\theta=45$	N1, N2	-17.778	-17.778	0.000	1%	-1.14e-12	0.01
	N3, N4	-9.921	-9.921	0.003	1%	-3.370e-4	0.01
	N5, N6	-2.064	-2.065	0.033	1%	-6.730e-4	0.01
	N7, N8	5.792	5.792	0.000	1%	-1.040e-5	0.01
	N9, N10	13.649	13.649	-0.003	1%	-3.460e-4	0.01
$\theta=90$	N1, N2	-17.778	-17.778	0.000	1%	-1.14e-12	0.01
	N3, N4	-17.778	-17.778	0.000	1%	-9.09e-13	0.01

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

	N5, N6	-17.778	-17.778	0.000	1%	-5.68e-13	0.01
	N7, N8	-17.778	-17.778	0.000	1%	-2.27e-13	0.01
	N9, N10	-17.778	-17.778	0.000	1%	2.27e-13	0.01
$\theta=180$	N1, N2	-17.778	-17.778	0.000	1%	-1.14e-12	0.01
	N3, N4	-28.889	-28.889	0.000	1%	-1.820e-8	0.01
	N5, N6	-40.000	-40.000	0.000	1%	-3.650e-8	0.01
	N7, N8	-51.111	-51.111	0.000	1%	1.040e-6	0.01
	N9, N10	-62.222	-62.222	0.000	1%	2.27e-13	0.01

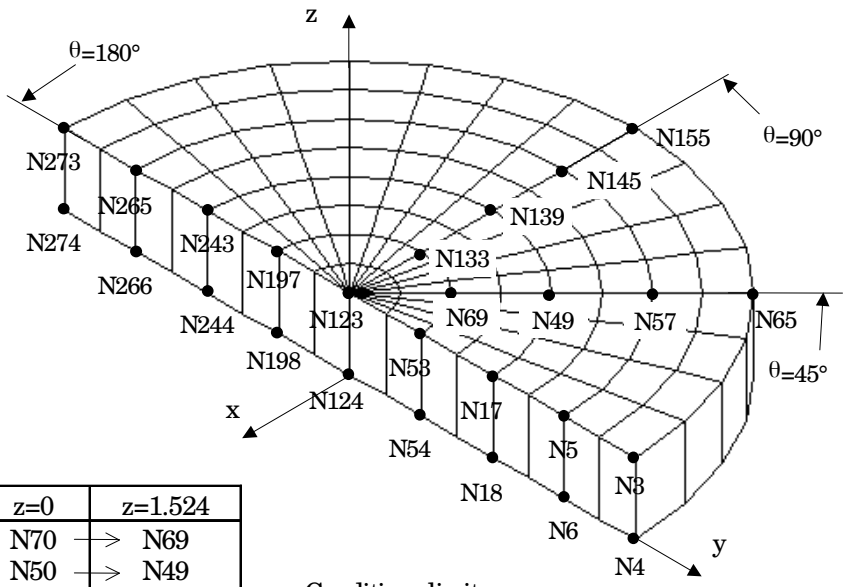
* températures imposées

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

3D (PENTA6, HEXA8)



θ	z=0	z=1.524
45°	N70	N69
	N50	N49
	N58	N57
	N66	N65
90°	N134	N133
	N140	N139
	N146	N145
	N155	N154

Conditions limites:

- face externe (N8,N155,N273)
  $T = -17.778 + 44.444 \cos\theta$
- face interne (N8, N123, N273)
  $\phi = 0$

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 274
Nombre de mailles et types : 128 (16 PENTA6, 112 HEXA8)

4.3 Remarques

Les calculs ont été réalisés en considérant le chargement complet $CL1+CL2$:

$$T_{imp} = -17.778 + 44.444 \cos\theta$$

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

4.4 Grandeurs testées et résultats

Identification		Référence	*Aster*	Ecart relatif % différence	Ecart relatif % tolérance	Ecart Absolu différence	Ecart Absolu tolérance
$CL1+CL2$							
Température $(°C)$							
$\theta=0$	N123,N124	-17.778	-17.778	0.000	1%	-3.330e-5	0.01
	N53,N54	-6.667	- 6.667	0.000	1%	1.330e-7	0.01
	N17,N18	4.444	4.444	0.001	1%	2.840e-5	0.01
	N5,N6	15.556	15.555	-0.006	1%	-9.730e-4	0.01
	N3,N4 *	26.667	26.666	-0.004	1%	-1.000e-3	0.01
$\theta=45$	N69,N70	-9.921	-9.921	0.003	1%	-3.460e-4	0.01
	N49,N50	-2.064	-2.065	0.031	1%	-6.480e-4	0.01
	N57,N58	5.792	5.792	0.001	1%	8.240e-5	0.01
	N65,N66 *	13.649	13.649	0.000	1%	-5.68e-13	0.01
$\theta=90$	N133,N134	-17.778	-17.778	0.000	1%	-3.750e-5	0.01
	N139,N140	-17.778	-17.778	0.000	1%	-5.030e-5	0.01
	N145,N146	-17.778	-17.778	0.000	1%	-6.990e-5	0.01
	N155,N156 *	-17.778	-17.778	0.000	1%	9.09e-13	0.01
$\theta=180$	N197,N198	-2.889	-2.889	0.000	1%	-6.440e-5	0.01
	N243,N244	-40.000	-40.000	0.000	1%	-7.680e-5	0.01
	N265,N266	-5.1111	-5.1111	0.000	1%	-5.210e-5	0.01
	N273,N274 *	-62.222	-62.222	0.000	1%	+6.82e-13	0.01

* températures imposées

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

5 Synthèse des résultats

Les deux modélisations effectuées (AXIS_FOURIER et 3D) donnent des résultats excellents, l'écart maximum est de -0.006% pour les deux modélisations

Ce test a permis de tester en AXIS_FOURIER la commande CREA_CHAMP avec les opérandes suivantes:

- COMB_FOURIER pour calculer la température en un angle donnée,
- ASSE pour effectuer une combinaison linéaire des modes 0 et 1.

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