

TPLV305 - Gradient thermique dans un cylindre (Fourier)

Résumé :

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

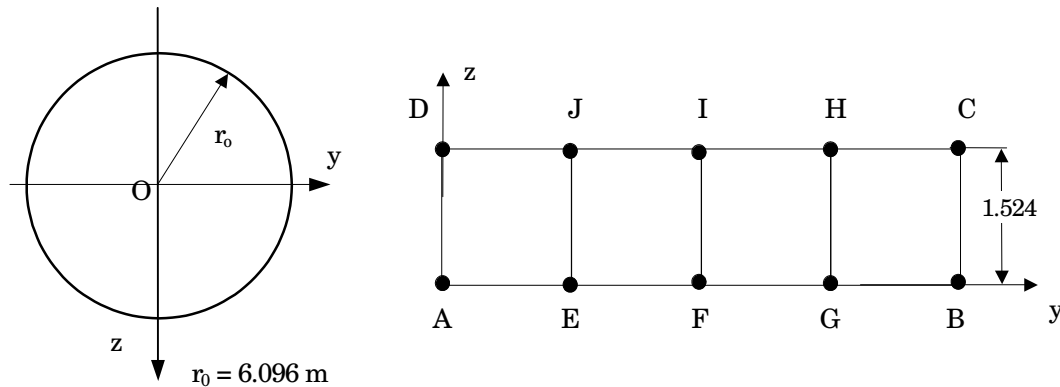
Il valide les éléments thermiques axisymétriques de résolution harmonique (`AXIS_FOURIER`) et volumiques avec pour conditions aux limites des températures imposées suivant une fonction harmonique (mode 1).

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`).

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



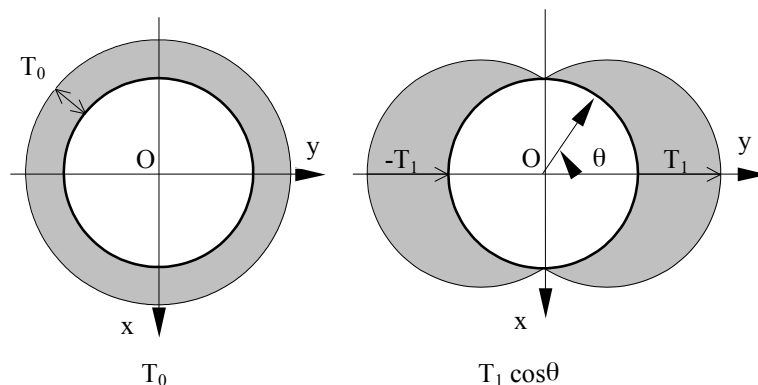
1.2 Propriétés du matériau

$\lambda = 1.7307 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ 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 :
 $CL1 : T_0 = -17.778^\circ\text{C}$
- une condition limite symétrique par rapport à θ associée à l'harmonique 1 :
 $CL2 : T_1 \cos \theta = 44.444 \cos \theta (^\circ\text{C})$



1.4 Conditions initiales

Sans objet.

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 recombinaison ($CL1 + CL2$) pour $\theta = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ 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).

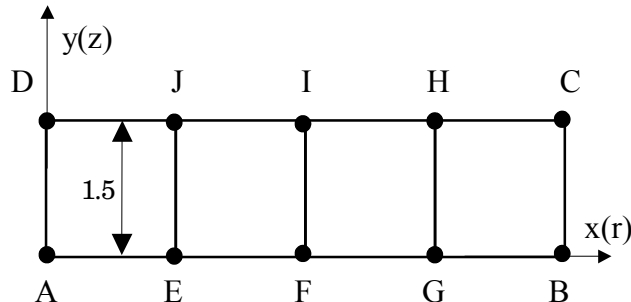
2.4 Références

- [1] Kreith, F., " Principles of heat transfer", International Textbook Co., Scranton, Pennsylvania, 2nd Printing, 1959.
- [2] ANSYS : "Verification manual", 1st edition, June 1, 1976

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) $T = -17.778 + 44.444 \cos \theta$

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 noeuds : 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
CLI + CL2 (mode 0 et 1)							
θ=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
θ=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
θ=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

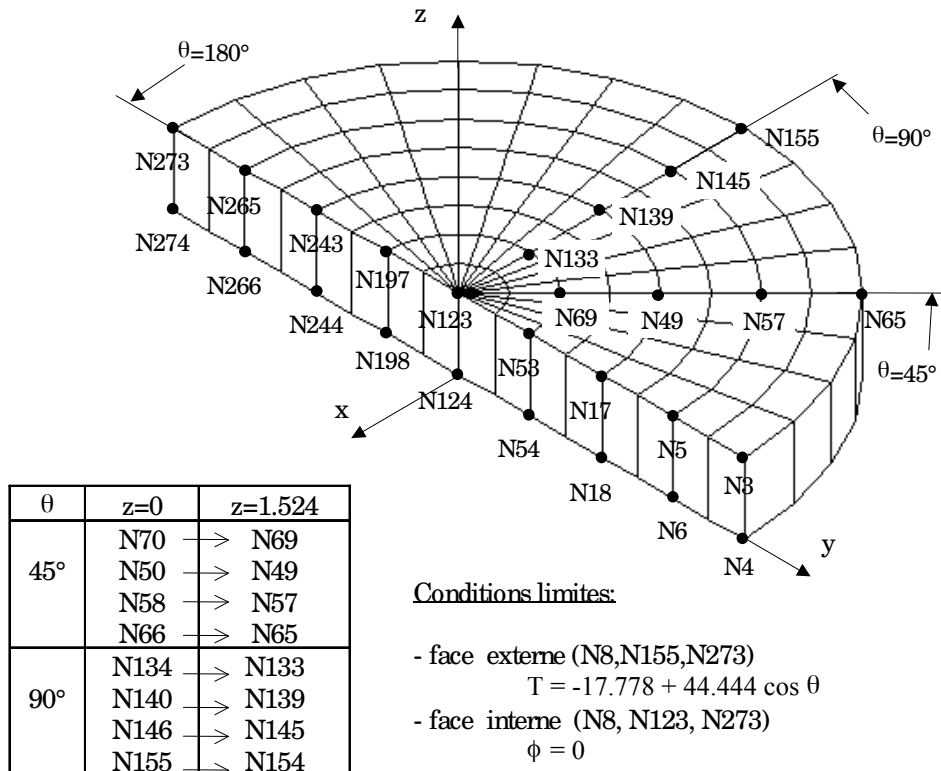
	N5, N6	-17.778	-17.778	0.000	1%	-5.68e-13	0.01
	N7, N8	-17.778	-17.778	0.000	1%	-2.27e-13	0.01
	N9, N10	-17.778	-17.778	0.000	1%	2.27e-13	0.01
$\theta = 180$	N1, N2	-17.778	-17.778	0.000	1%	-1.14e-12	0.01
	N3, N4	-28.889	-28.889	0.000	1%	-1.820e-8	0.01
	N5, N6	-40.000	-40.000	0.000	1%	-3.650e-8	0.01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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

3D (PENTA6, HEXA8)



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 $CL1 + CL2$:

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

4.4 Grandeurs testées et résultats

				Ecart relatif %		Ecart Absolu	
Identification	Référence	Aster	différence	tolérance	différence	tolérance	
<i>CLI+CL2</i>							
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

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.