

Manuel de Validation**Fascicule V4.41 : Thermique stationnaire non linéaire des structures axisymétriques
Document V4.41.300**

TPNA300 - Tube générateur de chaleur avec conductivité variable

Résumé :

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

Il s'agit d'un problème 2D axisymétrique représenté par quatre modélisations, deux axisymétriques, une plane et la dernière volumique.

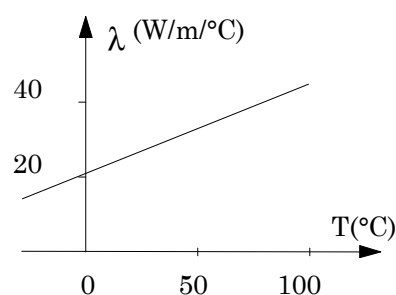
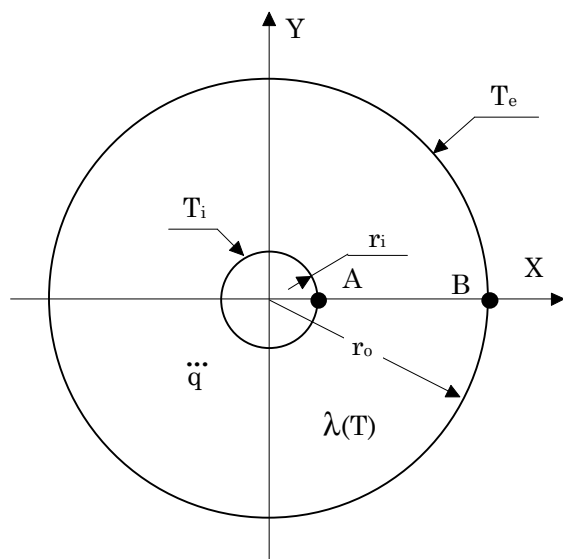
Les fonctionnalités testées sont les suivantes :

- élément thermique axisymétrique,
- élément thermique plan,
- élément thermique volumique,
- propriétés variables,
- conditions limites (source de chaleur, température imposée).

L'intérêt du test réside dans la prise en compte de propriétés variables et du comportement non linéaire.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



$$r_i = 6.35 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$r_o = 25.4 \times 10^{-3} \text{ m}$$

1.2 Propriétés du matériau

$$\lambda = C_o + C_1 T \text{ W/m}^\circ\text{C} \quad \text{Conductivité thermique}$$

avec $C_o = 21.461 \text{ W/m}^\circ\text{C}$
 $C_1 = 0.234 \text{ W/m}^\circ\text{C}^2$

1.3 Conditions aux limites et chargements

- surface intérieur : $T_i = -17.78^\circ\text{C}$,
- surface extérieur : $T_e = -17.78^\circ\text{C}$,
- source de chaleur : $Q = 1.035 \times 10^7 \text{ W/m}^3$.

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 estimation graphique. Cette référence est citée dans le manuel de vérification d'ANSYS [bib2].

2.2 Résultats de référence

Température le long de AB avec $\Delta r = 2.167$ mm

2.3 Incertitude sur la solution

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

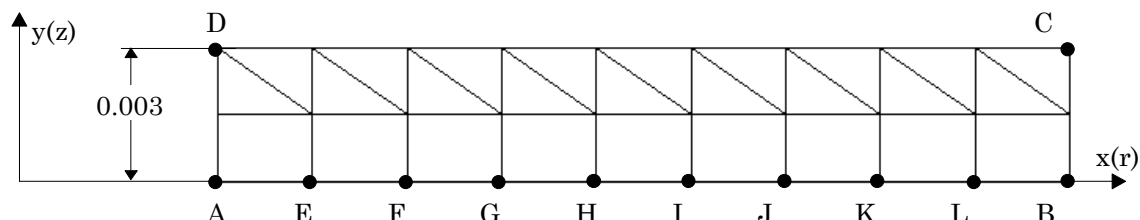
2.4 Références bibliographiques

- [1] Schneider, P.J., " Conduction Heat Transfer ", Addison-Wesley Publishing Co., Inc. Reading, Mass., 2nd Printing, 1957.
- [2] ANSYS, " verification manual", 1st edition, June 1, 1976

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

AXIS (QUAD4, TRIA3)



Conditions aux limites:

- cotés AB, CD: $\varphi = 0$
- cotés AD, BC: $T = -17.78^\circ\text{C}$

Noeud	r (10 ⁻³ m)	z (10 ⁻³ m)	Points	Noeud	r (10 ⁻³ m)	z (10 ⁻³ m)
N4	8.47	0.0	E	N6	8.47	3.0
N7	10.58	0.0	F	N9	10.58	3.0
N10	12.70	0.0	G	N12	12.70	3.0
N13	14.82	0.0	H	N15	14.82	3.0
N16	16.92	0.0	I	N18	16.92	3.0
N19	19.05	0.0	J	N21	19.05	3.0
N22	21.17	0.0	K	N24	21.17	3.0
N25	23.28	0.0	L	N27	23.28	3.0

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 30

Nombre de mailles et types : 27 : (9 QUAD4, 18 TRIA3)

3.3 Fonctionnalités testées

Commandes

AFFE_MODELE	THERMIQUE	AXIS	TOUT
DEFI_MATERIAU	THER_NL		
AFFE_CHAR_THER	TEMP_IMPO		
	SOURCE		
THER_NON_LINE	TEMP_INIT	STATIONNAIRE	'OUI'
	EXCIT	CHARGE	
RECU_CHAMP	INST	0.	

4 Résultats de la modélisation A

4.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	% différence	tolérance
Température (°C)				
N4	-5.00	-4.92	-1.70	5%
N7	2.22	2.06	-7.35	5%
N10	5.56	5.57	0.10	5%
N13	6.67	6.60	-1.07	5%
N16	5.56	5.60	0.76	5%
N19	2.78	2.76	-0.71	5%
N22	-1.67	-1.93	15.30	5%
N25	-8.89	-8.63	-2.90	5%
N6	-5.00	-4.96	-0.87	5%
N9	2.22	2.04	-8.18	5%
N12	5.56	5.56	0.04	5%
N15	6.67	6.60	-1.02	5%
N18	5.56	5.61	0.91	5%
N21	2.78	2.77	-0.26	5%
N24	-1.67	-1.91	14.24	5%
N27	-8.89	-8.61	-3.17	5%

4.2 Paramètres d'exécution

Version : 5.03

Machine : SGI - ORIGIN 2000 - R12000

Encombrement mémoire : 8 mégamots

Temps CPU User : 2.24 secondes

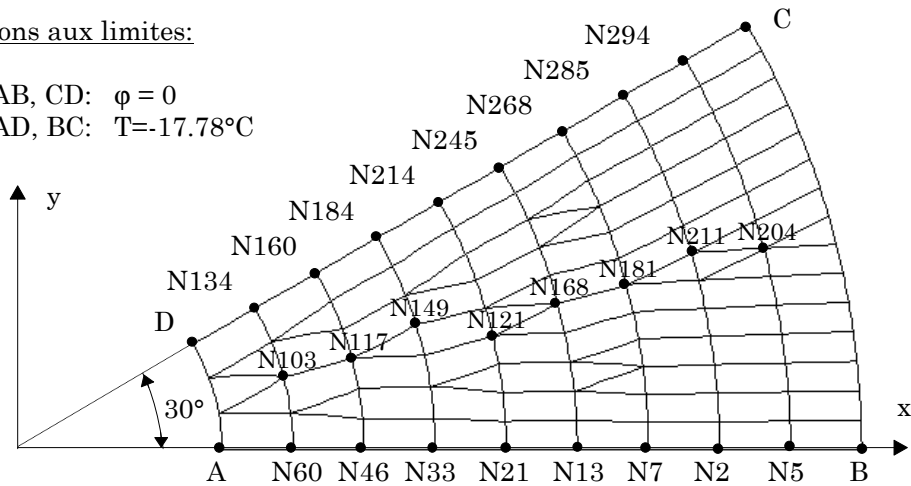
5 Modélisation B

5.1 Caractéristiques de la modélisation

PLAN (QUAD8, TRIA6)

Conditions aux limites:

- cotés AB, CD: $\varphi = 0$
- cotés AD, BC: $T=-17.78^{\circ}\text{C}$



5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 300
Nombre de mailles et types : 95 (73 QUAD8, 22 TRIA6)

5.3 Fonctionnalités testées

Commandes

AFFE_MODELE	THERMIQUE	PLAN	TOUT
DEFI_MATERIAU	THER_NL		
AFFE_CHAR_THER	TEMP_IMPO SOURCE		
THER_NON_LINE	TEMP_INIT EXCIT	STATIONNAIRE CHARGE	'OUI'
RECU_CHAMP	INST	0.	

6 Résultats de la modélisation B

6.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	% différence	tolérance
Température (°C)				
N60	-5.00	-4.84	-3.194	5%
N46	2.22	2.14	-3.491	5%
N33	5.56	5.65	1.544	5%
N21	6.67	6.66	-0.082	5%
N13	5.56	5.65	1.694	5%
N7	2.78	2.80	0.665	5%
N2	-1.67	-1.90	13.788	5%
N5	-8.89	-8.62	-3.089	5%
N134	-5.00	-4.84	-3.194	5%
N160	2.22	2.14	-3.491	5%
N184	5.56	5.65	1.543	5%
N214	6.67	6.66	-0.082	5%
N245	5.56	5.65	1.694	5%
N268	2.78	2.80	0.665	5%
N285	-1.67	-1.90	13.737	5%
N294	-8.89	-8.62	-3.089	5%
N103	-5.00	-4.84	-3.141	5%
N117	2.22	2.15	-3.365	5%
N149	5.56	5.65	1.557	5%
N121	6.67	6.66	-0.078	5%
N168	5.56	5.65	1.694	5%
N181	2.78	2.80	0.650	5%
N211	-1.67	-1.90	13.777	5%
N204	-8.89	-8.62	-3.075	5%

6.2 Paramètres d'exécution

Version : 5.03
Machine : SGI - ORIGIN 2000 - R12000
Encombrement mémoire : 8 mégamots
Temps CPU User : 2.83 secondes

8 Résultats de la modélisation C

8.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	% différence	tolérance
Température (°C)				
N22	-5.00	-4.90	-1.909	5%
N43	2.22	2.09	-5.933	5%
N67	5.56	5.58	0.408	5%
N102	6.67	6.63	-0.561	5%
N150	5.56	5.62	0.993	5%
N208	2.78	2.77	-0.217	5%
N251	-1.67	-1.92	15.047	5%
N291	-8.89	-8.63	-2.960	5%
N14	-5.00	-4.90	-1.908	5%
N30	2.22	2.09	-5.933	5%
N51	5.56	5.58	0.408	5%
N68	6.67	6.63	-0.561	5%
N90	5.56	5.62	0.993	5%
N114	2.78	2.77	-0.217	5%
N134	-1.67	-1.92	15.047	5%
N151	-8.89	-8.63	-2.960	5%
N19	-5.00	-4.93	-1.440	5%
N37	2.22	2.16	-2.596	5%
N61	5.56	5.54	-0.274	5%
N85	6.67	6.65	-0.260	5%
N124	5.56	5.60	0.705	5%
N177	2.78	2.82	1.536	5%
N220	-1.67	-1.90	13.946	5%
N255	-8.89	-8.58	-3.474	2%

8.2 Paramètres d'exécution

Version : 5.03

Machine : SGI - ORIGIN 2000 - R12000

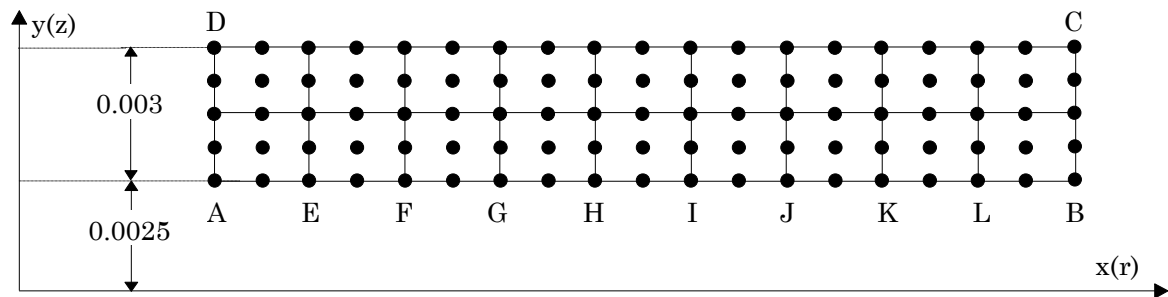
Encombrement mémoire : 8 mégamots

Temps CPU User : 2.81 secondes

9Modélisation D

9.1Caractéristiques de la modélisation

AXIS (QUAD9)



Conditions aux limites:

- cotés AB, CD: $\varphi = 0$
- cotés AD, BC: $T=-17.78^{\circ}\text{C}$

Noeud	r (10 ⁻³ m)	z (10 ⁻³ m)	Points	Noeud	r (10 ⁻³ m)	z (10 ⁻³ m)
N11	8.47	2.5	E	N15	8.47	5.5
N21	10.58	2.5	F	N25	10.58	5.5
N31	12.70	2.5	G	N35	12.70	5.5
N41	14.82	2.5	H	N45	14.82	5.5
N51	16.92	2.5	I	N55	16.92	5.5
N61	19.05	2.5	J	N65	19.05	5.5
N71	21.17	2.5	K	N75	21.17	5.5
N81	23.28	2.5	L	N85	23.28	5.5

9.2Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 95
Nombre de mailles et types : 18 QUAD9

9.3Fonctionnalités testées

Commandes			
AFFE_MODELE	THERMIQUE	3D	TOUT
DEFI_MATERIAU	THER_NL		
AFFE_CHAR_THER	TEMP_IMPO		
	SOURCE		
THER_NON_LINE	TEMP_INIT	STATIONNAIRE	'OUI'
	EXCIT	CHARGE	
RECU_CHAMP	INST	0.	

10 Résultats de la modélisation D

10.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	Ecart relatif %	Ecart Absolu		
			différence	tolérance	différence	tolérance
Température (°C)						
N11	-5.00	-4.83	-3.333	5%	0.167	0.3
N21	2.22	2.15	-3.347	5%	-0.074	0.3
N31	5.56	5.65	1.551	5%	0.086	0.3
N41	6.67	6.66	-0.078	5%	-0.005	0.3
N51	5.56	5.65	1.694	5%	0.094	0.3
N61	2.78	2.80	0.663	5%	0.018	0.3
N71	-1.67	-1.90	13.741	5%	-0.229	0.3
N81	-8.89	-8.62	-3.088	5%	0.275	0.3
N15	-5.00	-4.83	-3.333	5%	0.167	0.3
N25	2.22	2.15	-3.347	5%	-0.074	0.3
N35	5.56	5.65	1.551	5%	0.082	0.3
N45	6.67	6.66	-0.078	5%	-0.005	0.3
N55	5.56	5.65	1.694	5%	0.094	0.3
N65	2.78	2.80	0.663	5%	0.018	0.3
N75	-1.67	-1.90	13.741	5%	-0.229	0.3
N85	-8.89	-8.62	-3.088	5%	0.275	0.3

10.2 Paramètres d'exécution

Version : 5.03
Machine : SGI - ORIGIN 2000 - R12000
Encombrement mémoire : 8 mégamots
Temps CPU User : 2.44 secondes

11 Synthèse des résultats

Les quatre modélisations donnent des résultats dont certaines valeurs dépassent la tolérance fixée initialement (5%) :

- pour la modélisation A (AXIS : QUAD4, TRIA3), l'écart maximum est de 15,3% et 4 valeurs sur 16 dépassent la tolérance,
- pour la modélisation B (PLAN : QUAD8, TRIA6), l'écart maximum est de 13,8% et 3 valeurs sur 24 dépassent la tolérance,
- pour la modélisation C (3D : HEXA8, PENTA6), l'écart maximum est de 15% et 5 valeurs sur 24 dépassent la tolérance,
- pour la modélisation D (AXIS : QUAD9), l'écart maximum est de 13,7% et 4 valeurs sur 16 dépassent la tolérance.

Ces dépassements de tolérance sont observés pour des valeurs proche de 0.

Les calculs ont été effectués en °C. La détermination de l'écart, en considérant les températures en °F (comme dans la solution de référence), donne un écart maximum très différent de celui obtenu en °C (3% au lieu de 15%).

De plus, il n'a pas été possible de se procurer la référence originale (livre de Kreith), citée dans le manuel de vérification d'ANSYS. La méthode d'obtention de la solution de référence (estimation graphique) et son incertitude ne sont donc pas connues.

Les résultats sont considérés comme acceptables compte tenu des points évoqués ci-dessus.

Ce test a permis de tester la prise en compte une conductivité thermique variable au sein de plusieurs modélisations. Les principales commandes testées sont les suivantes :

- `DEFI_MATERIAU` associé au mot clé `THER_NL`, permettant de définir les caractéristiques d'un matériau dont les caractéristiques varient en fonction de la température,
- `THER_NON_LINE` commande permettant la résolution d'un problème non linéaire thermique stationnaire ou non.