

Manuel de Validation**Fascicule V4.25 : Thermique transitoire des structures volumiques****Document : V4.25.100**

TTLV100 - Choc thermique dans un tuyau avec condition d'échange

Résumé :

Ce test de thermique linéaire transitoire consiste à imposer un choc thermique froid sur un cylindre creux supposé infini à l'aide d'une condition limite d'échange.

Le choc est modélisé par une rampe linéaire $\Delta T = -269^{\circ}\text{C}$ en 12 s.

Le problème est traité en axisymétrique.

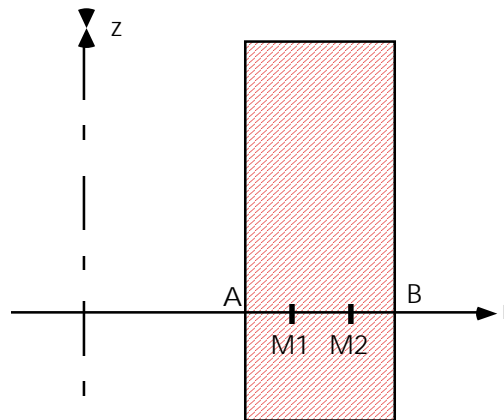
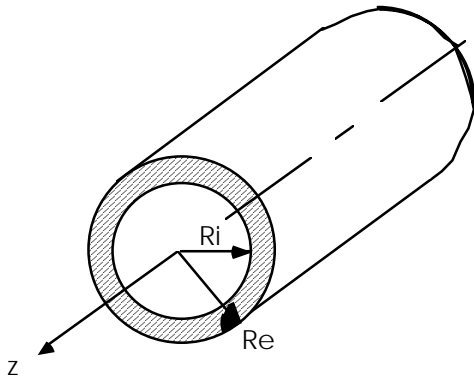
La solution de référence est obtenue sur un maillage fin.

Le test est effectué sur 2 modélisations : (TRIA3, QUAD4) et (TRIA6, QUAD9).

On teste l'algorithme de thermique linéaire transitoire lorsque la matrice de masse est diagonalisée (modélisation `AXIS_DIAG` avec "mass lumping").

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



$$R_i = 417 \text{ mm}$$

$$R_e = 496 \text{ mm}$$

$$r(A) = 417 \text{ mm}$$

$$r(B) = 496 \text{ mm}$$

$$r(M1) = 443.43 \text{ mm}$$

$$r(M2) = 469.67 \text{ mm}$$

1.2 Propriétés de matériaux

$$\lambda = 19.97 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$$

$$\rho C_p = 4.89488 \cdot 10^6 \text{ J/m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

1.3 Conditions aux limites et chargements

$$\text{Echange} \quad \lambda \left. \frac{\partial T}{\partial n} \right|_{r=R_i} = h (T_{ext} - T(r, t))$$

$$\text{avec} \quad h = 40000. \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\begin{cases} T_{ext}(A)_{t=0} = 289.^\circ\text{C} \\ T_{ext}(A)_{t=12.s} = 20.^\circ\text{C} \end{cases}$$

1.4 Conditions initiales

$$T(r, 0) = 289^\circ\text{C} \quad \text{pour tout } r$$

Discretisation en temps (t) :

12	pas pour	[0. , 12.]	soit	$\Delta t = 1. \text{ s}$
2	pas pour	[12. , 20.]	soit	$\Delta t = 4. \text{ s}$
4	pas pour	[20. , 100.]	soit	$\Delta t = 20. \text{ s}$
2	pas pour	[100. , 200.]	soit	$\Delta t = 50. \text{ s}$
2	pas pour	[200. , 400.]	soit	$\Delta t = 100. \text{ s}$
8	pas pour	[400. , 2000.]	soit	$\Delta t = 200. \text{ s}$

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

La solution de référence est obtenue sur un maillage fin comportant 99 éléments quadratiques QUAD8 dans l'épaisseur sans option de matrice de masse thermique diagonale.

2.2 Résultats de référence

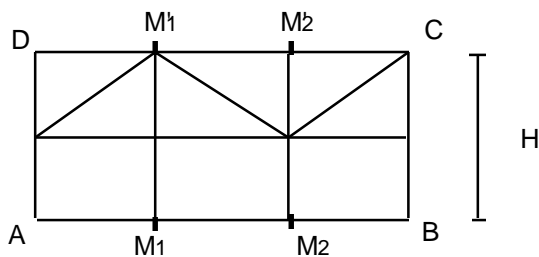
Températures aux points M1 ($r = 443.33$) et M2 ($r = 469.67$),
et à différents instants ($t = 12.$, $100.$, $600.$ et $2000.$).

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

TRIA3, QUAD4

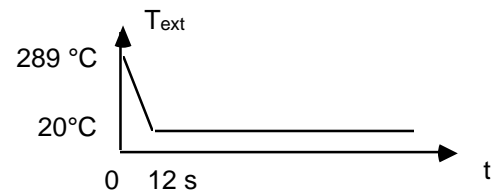
Le cylindre étant supposé infini, on ne maille qu'une tranche de hauteur $H = 40$ mm avec 2 couches d'éléments.



Conditions limites

sur [AB], [BC] et [CD] : flux nul

sur [AD] : échange h, T_{ext}



points	nœuds	r	z
M1	N10	443.33	0.0
M2	N5	469.67	0.0
M'1	N11	443.33	40.
M'2	N7	469.67	40.

Conditions initiales
 $T = 289$ °C

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 12

Nombre de mailles et types : 3 QUAD4, 6 TRIA6

3.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Clés
AFFE_MODELE	MODELISATION
AFFE_CHAR_THER_F	AXIS_DIAG
THER_LINEAIRE	ECHANGE
	[U4.22.01]
	[U4.25.02]
	[U4.62.01]

4 Résultats de la modélisation A

4.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	% différence
M1 (r = 443.33)			
t = 12.	288.64	282.63	-2.08
t = 20.	202.76	199.84	-1.44
t = 600.	93.027	92.821	-0.22
t = 2000.	29.419	29.865	+1.51
M2 (r = 469.67)			
t = 12.	289.00	288.84	-0.06
t = 20.	275.04	268.63	-2.32
t = 600.	143.00	142.74	-0.18
t = 2000.	35.858	36.629	+2.15
M'1 (r = 443.33)			
t = 12.	288.64	283.09	-1.92
t = 20.	202.76	206.66	+1.92
t = 600.	93.027	93.731	+0.76
t = 2000.	29.419	29.988	+1.93
M'2 (r = 469.67)			
t = 12.	289.00	288.82	-0.06
t = 20.	275.04	267.66	-2.68
t = 600.	143.00	141.57	-1.00
t = 2000.	35.858	36.470	+1.71

4.2 Paramètres d'exécution

Version : 4.01.12

Machine : CRAY C98

Encombrement mémoire : 8 mégamots

Système : UNICOS

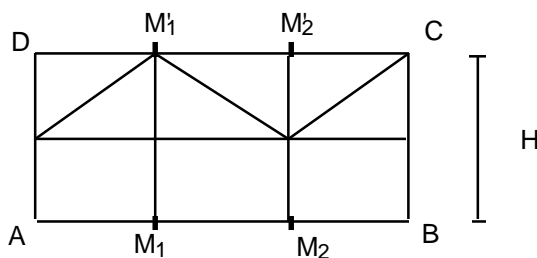
Temps CPU User : 7.6 secondes

5 Modélisation B

5.1 Caractéristiques de la modélisation

TRIA6, QUAD9

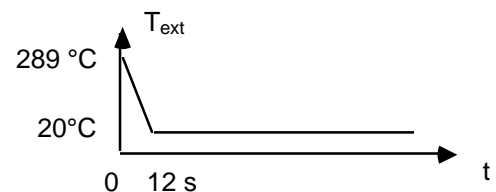
Le cylindre étant supposé infini, on ne maille qu'une tranche de hauteur $H = 40$ mm avec 2 couches d'éléments.



Conditions limites

sur [AB], [BC] et [CD] : flux nul

sur [AD] : échange h, T_{ext}



points	nœuds	r	z
M1	N25	443.33	0.0
M2	N9	469.67	0.0
M'1	N28	443.33	40.
M'2	N1	469.67	40.

Conditions initiales
 $T = 289$ °C

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 35

Nombre de mailles et types : 3 QUAD9, 6 TRIA6

5.3 Fonctionnalités testées

Commandes

Clés

CREA_MAILLAGE	MODI_MAILLE	OPTION :	'QUAD8_9'	[U4.12.06]
AFFE_MODELE	MODELISATION	AXIS_DIAG		[U4.22.01]
AFFE_CHAR_THER_F	ECHANGE			[U4.25.02]
THER_LINEAIRE				[U4.62.01]

6 Résultats de la modélisation B

6.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	% différence
M1 (r = 443.33)			
t = 12.	288.64	286.80	-0.63
t = 20.	202.76	202.25	-0.25
t = 600.	93.027	92.955	-0.08
t = 2000.	29.419	29.524	+0.36
M2 (r = 469.67)			
t = 12.	289.00	288.99	+0.00
t = 20.	275.04	273.35	-0.61
t = 600.	143.00	142.99	-0.00
t = 2000.	35.858	36.050	+0.54
M'1 (r = 443.33)			
t = 12.	288.64	287.13	-0.52
t = 20.	202.76	205.35	+1.28
t = 600.	93.027	93.378	+0.38
t = 2000.	29.419	29.580	+0.55
M'2 (r = 469.67)			
t = 12.	289.00	288.99	+0.00
t = 20.	275.04	272.65	-0.87
t = 600.	143.00	142.39	-0.43
t = 2000.	35.858	35.972	+0.32

6.2 Paramètres d'exécution

Version : 4.01.12

Machine : CRAY C98

Encombrement mémoire : 8 mégamots

Système : UNICOS

Temps CPU User : 8.0 secondes

7 Synthèse des résultats

La modélisation 'AXIS_DIAG' donne des résultats assez satisfaisants. Bien que le maillage ne comporte que 3 éléments dans l'épaisseur, l'écart sur les températures reste inférieur à 2.7 %.

Malgré la violence du choc thermique, la diagonalisation de la matrice de masse permet d'obtenir une solution en température qui n'oscille pas pendant le transitoire.