

**Manuel de Validation****Fascicule V4.21 : Thermique transitoire des structures linéiques****Document : V4.21.100**

# TTLL100 - Choc thermique sur un mur plan avec condition d'échange

---

**Résumé :**

Ce test de thermique linéaire transitoire consiste à imposer un choc thermique froid sur un mur plan infini à l'aide d'une condition limite d'échange. Le choc est modélisé par une rampe linéaire  $\Delta T = -100\text{ °C}$  en  $10^{-2}\text{ s}$ .

Le problème est traité en plan.

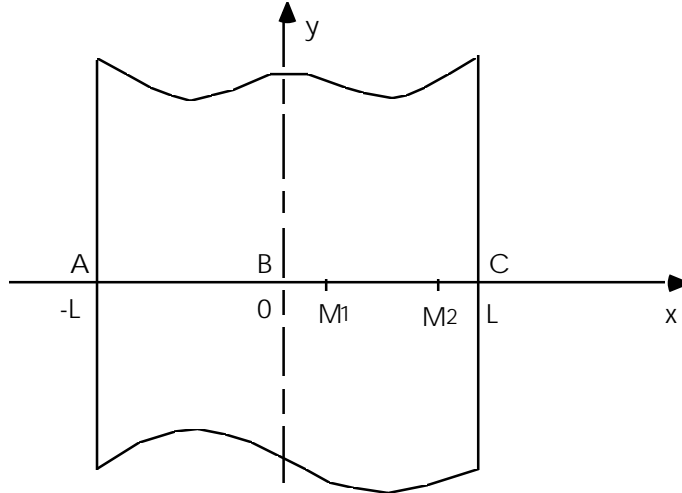
La solution de référence est analytique.

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 `PLAN_DIAG` avec "mass lumping").

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



$$\overline{AB} = \overline{BC} = L = 0.1 \text{ m}$$

$$x(M1) = 0.02 \text{ m}$$

$$x(M2) = 0.08 \text{ m}$$

### 1.2 Propriétés de matériaux

$$\lambda = 1 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$$

$$\rho C_p = 1000 \text{ J/m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

$$\text{Echange } \lambda \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{x=\pm L} = h (T_{ext} - T(x, t))$$

$$\text{avec } h = 100. \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\begin{cases} T_{ext}(C)_{t=0} = 100. \\ T_{ext}(C)_{t=10^{-2}} = 0. \end{cases}$$

### 1.4 Conditions initiales

$$T(x, 0) = 100^\circ\text{C} \text{ pour tout } x$$

Discretisation en temps (t) :

10	pas pour	[0.	,	1.D-2]	soit	$\Delta t = 10^{-3} \text{ s}$
9	pas pour	[1 D-2	,	1.D-1]	soit	$\Delta t = 10^{-2} \text{ s}$
9	pas pour	[1.D-1	,	1.]	soit	$\Delta t = 10^{-1} \text{ s}$
5	pas pour	[1.	,	2.]	soit	$\Delta t = 2.10^{-1} \text{ s}$
8	pas pour	[2.	,	10.]	soit	$\Delta t = 1 \text{ s}$

## 2 Solution de référence

### 2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

$$\frac{T(x,t) - T_{ext}}{T_0 - T_{ext}} = \sum_{n=1}^{+\infty} A_n \exp\left(-\xi_n \frac{\lambda}{\rho C_p L} t\right) \cos\left(\xi_n \frac{x}{L}\right)$$

$x$  = abscisse

$t$  = temps

$T_0$  = température initiale

$T_{ext}$  = température extérieure

$n$  = 1, 2, 3, ...

avec  $\xi_n$  racines positives de  $\xi_n \tan \xi_n = hL / \lambda = 10$ .

et  $A_n = A_n = \frac{4 \sin \xi_n}{2\xi_n + \sin(2\xi_n)}$

### 2.2 Résultats de référence

Températures aux points M1 ( $x = 0.02$ ) et M2 ( $x = 0.08$ ),  
et à différents instants ( $t = 0.1, 0.5, 2.0$  et  $10.0$ ).

Les valeurs de référence sont obtenues en calculant les 30 premiers termes de la série (Mathematica).

### 2.3 Incertitude sur la solution

Solution analytique.

### 2.4 Références bibliographiques

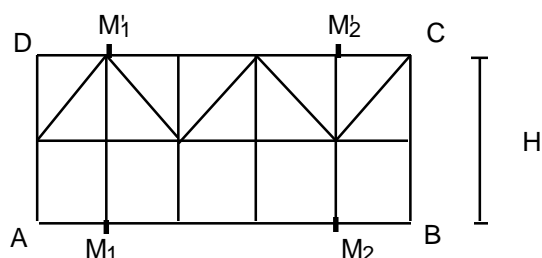
- [1] INCROPERA F.P., DE WITT D.P., Fundamentals of heat and mass transfer. Third Edition. 1990.

## 3 Modélisation A

### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

#### TRIA3, QUAD4

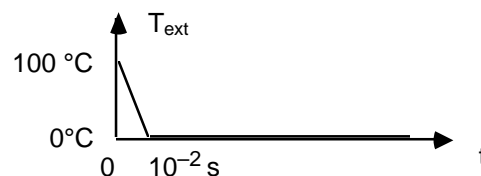
Par raison de symétrie, on ne maille qu'une moitié de l'épaisseur du mur. La modélisation est faite sur une hauteur  $H = 0.1$  m avec 2 couches d'éléments.



#### Conditions limites

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

sur [BC] : échange  $h, T_{\text{ext}}$



#### Conditions initiales

$T = 100$  °C

points	nœuds	x	y
M1	N16	0.02	0.0
M2	N6	0.08	0.0
M'1	N14	0.02	0.1
M'2	N4	0.08	0.1

### 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 18

Nombre de mailles et types : 5 QUAD4, 10 TRIA3

### 3.3 Fonctionnalités testées

#### Commandes

#### Clés

AFFE_MODELE	MODELISATION	PLAN_DIAG	[U4.22.01]
AFFE_CHAR_THER_F	ECHANGE		[U4.25.02]
THER_LINEAIRE			[U4.62.01]

## 4 Résultats de la modélisation A

### 4.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	% différence
M1 (x = 0.02) N16			
t = 0.1	100.00	99.998	+0.00
t = 0.5	99.408	99.042	-0.37
t = 2.0	79.859	79.794	-0.08
t = 10.0	15.717	16.138	+2.68
M2 (x = 0.08) N6			
t = 0.1	93.666	93.380	-0.31
t = 0.5	63.500	63.813	+0.49
t = 2.0	35.717	35.667	-0.14
t = 10.0	6.7948	6.9326	+2.03
M'1 (x = 0.02) N14			
t = 0.1	100.00	99.998	+0.00
t = 0.5	99.408	99.077	-0.33
t = 2.0	79.859	80.002	+0.18
t = 10.0	15.717	16.211	+3.14
M'2 (x = 0.08) N4			
t = 0.1	93.666	92.895	-0.82
t = 0.5	63.500	61.882	-2.55
t = 2.0	35.717	35.331	-1.08
t = 10.0	6.7948	6.8885	+1.38

### 4.2 Paramètres d'exécution

Version : 4.01.12

Machine : CRAY C98

Encombrement mémoire : 8 mégamots

Système : UNICOS

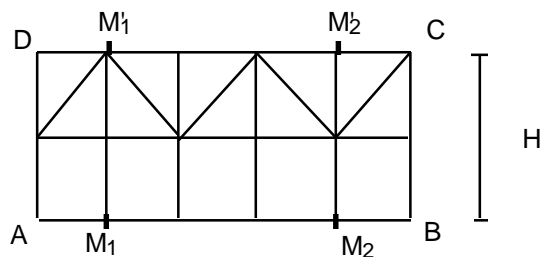
Temps CPU User: 9.2 secondes

## 5 Modélisation B

### 5.1 Caractéristiques de la modélisation

#### TRIA6, QUAD9

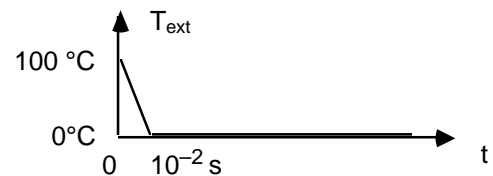
Par raison de symétrie, on ne maille qu'une moitié de l'épaisseur du mur. La modélisation est faite sur une hauteur  $H = 0.1$  m avec 2 couches d'éléments.



#### Conditions limites

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

sur [BC] : échange  $h, T_{\text{ext}}$



#### Conditions initiales

$T = 100$  °C

points	nœuds	x	y
M1	N16	0.02	0.0
M2	N6	0.08	0.0
M'1	N14	0.02	0.1
M'2	N4	0.08	0.1

### 5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 55

Nombre de mailles et types : 5 QUAD9, 10 TRIA6

### 5.3 Fonctionnalités testées

#### Commandes

#### Clés

CREA_MAILLAGE	MODI_MAILLE	OPTION :	'QUAD8_9'	[U4.12.06]
AFFE_MODELE	MODELISATION	PLAN_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 (x = 0.02) N18			
t = 0.1	100.00	100.00	+0.00
t = 0.5	99.408	99.278	-0.13
t = 2.0	79.859	79.898	+0.05
t = 10.0	15.717	16.043	+2.07
M2 (x = 0.08) N49			
t = 0.1	93.666	94.077	+0.44
t = 0.5	63.500	63.979	+0.75
t = 2.0	35.717	35.825	+0.30
t = 10.0	6.7948	6.9321	+2.02
M'1 (x = 0.02) N12			
t = 0.1	100.00	100.00	+0.00
t = 0.5	99.408	99.311	-0.10
t = 2.0	79.859	80.101	+0.30
t = 10.0	15.717	16.093	+2.39
M'2 (x = 0.08) N30			
t = 0.1	93.666	93.469	-0.21
t = 0.5	63.500	62.860	-1.01
t = 2.0	35.717	35.641	-0.21
t = 10.0	6.7948	6.9068	+1.65

### 6.2 Paramètres d'exécution

Version : 4.01.12

Machine : CRAY C98

Encombrement mémoire : 8 mégamots

Système : UNICOS

Temps CPU User : 10.0 secondes

---

## 7 Synthèse des résultats

---

La modélisation 'PLAN\_DIAG' donne des résultats assez satisfaisants. Bien que le maillage comporte peu d'éléments dans l'épaisseur, l'écart sur les températures reste inférieur à 3.2 %.

Bien que le choc thermique soit brutal, la diagonalisation de la matrice de masse permet d'obtenir une solution en température qui n'oscille pas pendant le transitoire.