

**Manuel de Validation**  
**Fascicule V4.23 : Thermique transitoire des systèmes plans**  
**Document : V4.23.303**

# **TTLP303 - Transfert de chaleur dans une plaque orthotrope : températures imposées**

## **Résumé :**

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

Analyse : Thermique transitoire linéaire

Problème : 2D plan

Fonctionnalités testées :

- élément thermique coque
- élément thermique plan
- matériau orthotrope
- algorithme de thermique transitoire
- conditions limites : températures imposées

Intérêt du test :

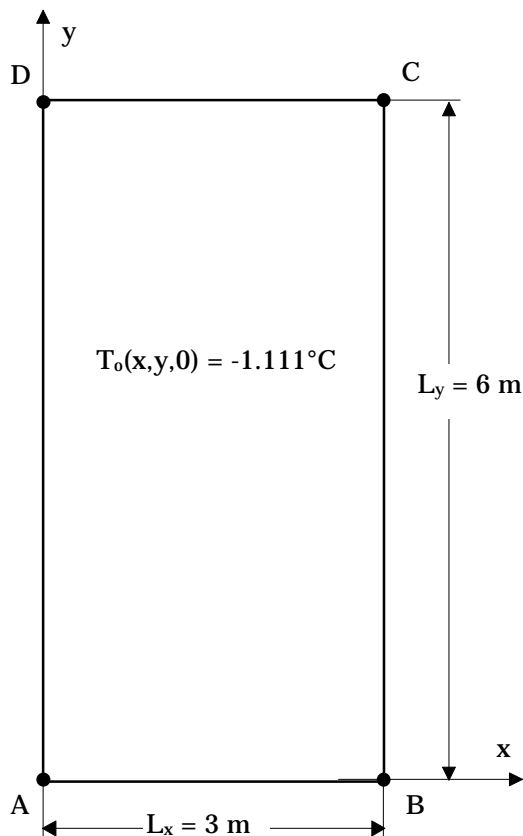
- matériau orthotrope
- solution analytique

Nombre de modélisations :

- 1 modélisation coque
- 1 modélisation plane

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



### 1.2 Propriétés du matériau

$\lambda_x$	=	1.319 W/m °C	conductivité thermique suivant l'axe x
$\lambda_y$	=	0.659 W/m °C	conductivité thermique suivant l'axe y
$\rho c$	=	1899.1 J/m <sup>3</sup> °C	chaleur volumique

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

Contour ABCD:  $T = -17.778^\circ\text{C}$

### 1.4 Conditions initiales

$T_0(t = 0) = -1.111^\circ\text{C}$

## 2 Solution de référence

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

$$T(x, y, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} A_n \sin \frac{n\pi x}{L_x} \sin \frac{j\pi y}{L_y} \exp \left[ - \left( \frac{\lambda_x n^2 \pi^2}{L_x^2} + \frac{\lambda_y j^2 \pi^2}{L_y^2} \right) t / \rho c \right]$$

$$\text{où } A_n = \left[ \frac{4(T_i)}{nj\pi^2} [(-1)^n - 1] [(-1)^j - 1] - 32 \right] \frac{5}{9} \quad T_i = \frac{5}{9} T_o + 32$$

Température en °C à t = 4320s							
3.0	-17.7778	-17.5742	-17.3905	-17.2448	-17.1515	-17.1189	
2.7	-17.7778	-17.5764	-17.3948	-17.2507	-17.1581	-17.1262	
2.4	-17.7778	-17.5832	-17.4077	-17.2684	-17.1790	-17.1482	
2.1	-17.7778	-17.5945	-17.4291	-17.2979	-17.2137	-17.1847	
1.8	-17.7778	-17.6102	-17.4590	-17.3391	-17.2620	-17.2355	
1.5	-17.7778	-17.6302	-17.4970	-17.3914	-17.3235	-17.3002	
1.2	-17.7778	-17.6542	-17.5426	-17.4541	-17.3973	-17.3777	
0.9	-17.7778	-17.6816	-17.5949	-17.5261	-17.4819	-17.4667	
0.6	-17.7778	-17.7120	-17.6526	-17.6056	-17.5753	-17.5649	
0.3	-17.7778	-17.7444	-17.7142	-17.6903	-17.6749	-17.6696	
0.0	-17.7778	-17.7778	-17.7778	-17.7778	-17.7778	-17.7778	
Y↑	X→	0.0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5

Les valeurs de référence sont obtenues avec n = j = 1000

### 2.2 Résultats de référence

t = 4 320s (1.2hr) : température aux points suivants :

- en x = 0.6: pour y = 0.6, 1.5, 2.4, 3.0
- en x = 1.5: pour y = 0.6, 1.5, 2.4, 3.0

### 2.3 Incertitude sur la solution

Solution analytique.

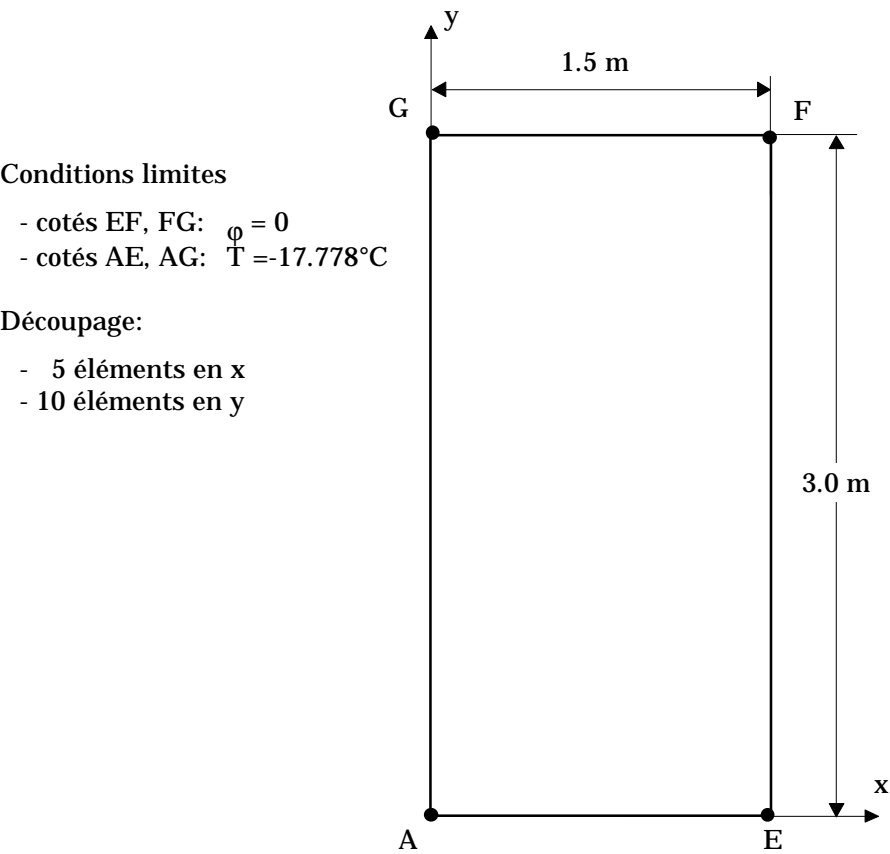
### 2.4 Références bibliographiques

- [1] J.C. Bruch Jr., G. Zyrolski, 'Transient two-dimensional heat conduction problems solved by the finite element method', Int. J. num. Meth. Engng, vol 8, n°3, pp 481-494, 1974.

3Modélisation A

3.1Caractéristiques de la modélisation

COQUE (TRIA6)



3.2Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 231  
Nombre de mailles et types : 100 TRIA6

3.3Fonctionnalités testées

Commandes				Clés
AFFE_MODELE	THERMIQUE	COQUE	TOUT	[U4.22.01]
DEFI_MATERIAU	THER_ORTH			[U4.23.01]
AFFE_CARA_ELEM	COQUE			[U4.24.01]
AFFE_CHAR_THER_F	TEMP_IMPO			[U4.25.02]
THER_LINEAIRE	TEMP_INIT	VALE		[U4.33.01]
	CARA_ELEM			
	LIST_INST			
RECU_CHAMP	INST			[U4.62.01]

## 4 Résultats de la modélisation A

### 4.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	Ecart relatif %		Ecart Absolu	
			différence	tolérance	différence	tolérance
Température en °C						
x = 0.6						
T(y = 0.6)	-17.6526			1%		0.05
T(y = 1.5)	-17.4970			1%		0.05
T(y = 2.4)	-17.4077			1%		0.05
T(y = 3.0)	-17.3905			1%		0.05
x = 1.5						
T(y = 0.6)	-17.5649			1%		0.05
T(y = 1.5)	-17.3002			1%		0.05
T(y = 2.4)	-17.1482			1%		0.06
T(y = 3.0)	-17.1189			1%		0.05

### 4.2 Paramètres d'exécution

Version : 3.06

Machine : CRAY C90

Encombrement mémoire : mégamots

Système : 8.04 UNICOS

Temps CPU User : secondes

5Modélisation B

5.1Caractéristiques de la modélisation

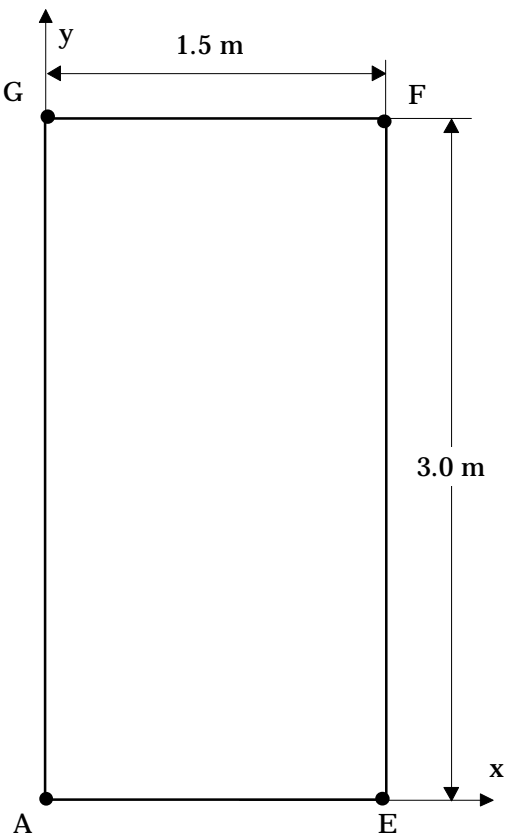
COQUE (TRIA3)

Conditions limites

- cotés EF, FG:  $\varphi = 0$
- cotés AE, AG:  $T = -17.778^{\circ}\text{C}$

Découpage:

- 5 éléments en x
- 10 éléments en y



5.2Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 66  
Nombre de mailles et types : 100 TRIA3

5.3Fonctionnalités testées

Commandes				Clés
AFFE_MODELE	THERMIQUE	COQUE	TOUT	[U4.22.01]
DEFI_MATERIAU	THER_ORTH			[U4.23.01]
AFFE_CARA_ELEM	COQUE			[U4.24.01]
AFFE_CHAR_THER_F	TEMP_IMPO			[U4.25.02]
THER_LINEAIRE	TEMP_INIT	VALE		[U4.33.01]
	CARA_ELEM			
	LIST_INST			
RECU_CHAMP	INST			[U4.62.01]

## 6 Résultats de la modélisation B

### 6.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	Ecart relatif %		Ecart Absolu	
			différence	tolérance	différence	tolérance
Température en °C						
x = 0.6						
T(y = 0.6)	-17.6526			1%		0.05
T(y = 1.5)	-17.4970			1%		0.05
T(y = 2.4)	-17.4077			1%		0.05
T(y = 3.0)	-17.3905			1%		0.05
x = 1.5						
T(y = 0.6)	-17.5649			1%		0.05
T(y = 1.5)	-17.3002			1%		0.05
T(y = 2.4)	-17.1482			1%		0.06
T(y = 3.0)	-17.1189			1%		0.05

### 6.2 Paramètres d'exécution

Version : 3.06

Machine : CRAY C90

Encombrement mémoire : mégamots

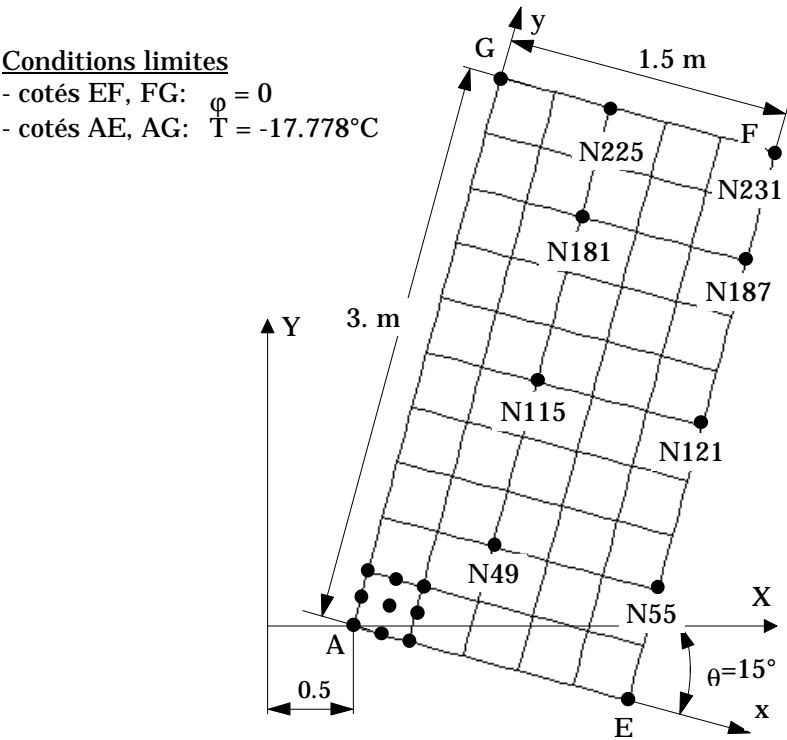
Système : 8.04 UNICOS

Temps CPU User : secondes

## 7Modélisation C

### 7.1Caractéristiques de la modélisation

PLAN (QUAD9)



### 7.2Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 231  
Nombre de mailles et types : 50 QUAD9

### 7.3Fonctionnalités testées

Commandes				Clés
AFFE_MODELE	THERMIQUE	PLAN	TOUT	[U4.22.01]
DEFI_MATERIAU	THER_ORTH			[U4.23.01]
AFFE_CHAR_THER_F	TEMP_IMPO			[U4.25.02]
AFFE_CARA_ELEM	MASSIF	ANGL_REP		[U4.24.01]
THER_LINEAIRE	TEMP_INIT	VALE		[U4.33.01]
	CARA_ELEM			
	LIST_INST			
RECU_CHAMP	INST			[U4.62.01]

### 7.4Remarques

La discrétisation en pas de temps est la suivante :

240 pas pour [ 0. , 4320.D0 ] soit  $\Delta t = 18.D0$



## 8 Résultats de la modélisation C

### 8.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	Ecart relatif %		Ecart Absolu	
			différence	tolérance	différence	tolérance
Température en °C						
x = 0.6						
N49 (y = 0.6)	-17.6526	-17.6515	-0.006	1%	0.001	0.05
N115 (y = 1.5)	-17.4970	-17.4942	-0.016	1%	0.003	0.05
N181 (y = 2.4)	-17.4077	-17.4040	-0.021	1%	0.004	0.05
N225 (y = 3.0)	-17.3905	-17.3867	-0.022	1%	0.004	0.05
x = 1.5						
T(y = 0.6)	-17.5649	-17.5627	-0.012	1%	0.002	0.05
T(y = 1.5)	-17.3002	-17.2952	-0.029	1%	0.005	0.05
T(y = 2.4)	-17.1482	-17.1418	-0.037	1%	0.006	0.06
T(y = 3.0)	-17.1189	-17.1123	-0.039	1%	0.007	0.05

### 8.2 Paramètres d'exécution

Version : 4.02

Machine : CRAY C90

Encombrement mémoire : 8 mégamots

Système : 8.04 UNICOS

Temps CPU User : 20.6 secondes

## 9 Synthèse des résultats

---

Les deux modélisations COQUE donnent des résultats très éloignés de la solution de référence, deux anomalies logicielles ont été émises sous les numéros AL 96-144 et AL 96-178.

La modélisation PLAN, effectuée avec des mailles QUAD9, donne des résultats satisfaisants, l'écart maximum obtenu est de 0.039%.