

**Manuel de Validation****Fascicule V4.03 : Thermique stationnaire des plaques et des coques****Document : V4.03.101**

# **TPLS101 - Plaque infinie soumise à un échange thermique symétrique avec l'extérieur**

---

**Résumé :**

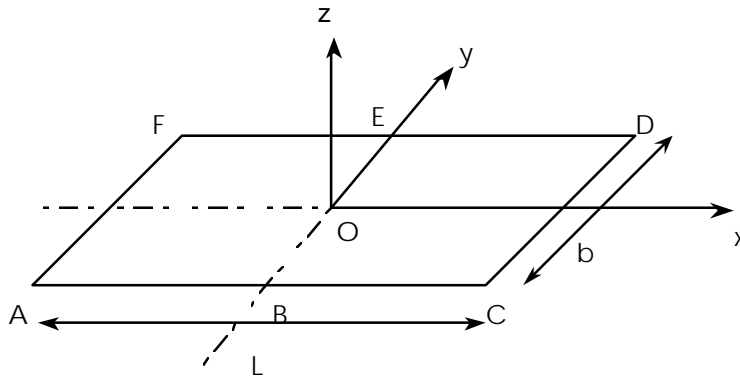
Ce test a pour but d'éprouver le modèle de coque thermique linéaire à trois champs par comparaison à la solution analytique, pour une plaque infinie soumise à un couple de conditions d'échange thermique avec l'extérieur, symétriques par rapport au feuillet moyen. L'équation de la chaleur est résolue en stationnaire, avec une conduction linéaire, isotrope, homogène.

Les résultats sont présentés pour les éléments finis disponibles de coque surfacique thermique triangles et quadrangles.

Par rapport au test TPLS100 [V4.03.100], celui-ci permet de vérifier la contribution des coefficients d'échange à la rigidité thermique, ainsi que diverses méthodes d'affectation des conditions aux limites. De plus, la solution est telle que la température est uniforme dans l'épaisseur.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



Longueur :  $L = 20\text{mm}$

Largeur :  $b = 2\text{mm}$

Epaisseur :  $h = 4\text{mm}$

### 1.2 Propriétés de matériaux

Conductivité  $\lambda = 1000 \text{ W/mm/}^\circ\text{C}$

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

- Température nulle au point O, sur toute l'épaisseur.
- Sur les faces supérieures (ABEF)<sup>+</sup> et inférieures (ABEF)<sup>-</sup> :  
coefficient d'échange :  $h = 10 \text{ W/mm}^2/^\circ\text{C}$   
température extérieure :  $T_{\text{ext}} = 50^\circ\text{C}$
- Sur les faces supérieure (BCDE)<sup>+</sup> et inférieure (BCDE)<sup>-</sup> :  
coefficient d'échange :  $h = 10 \text{ W/mm}^2/^\circ\text{C}$   
température extérieure :  $T_{\text{ext}} = -50^\circ\text{C}$

## 2 Solution de référence

---

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

#### Analytique

Pour plus de détails se référer au document [R3.11.01] et à la note [bib1].

### 2.2 Résultats de référence

Température en peau supérieure, inférieure et feuillet moyen.

### 2.3 Incertitude sur la solution

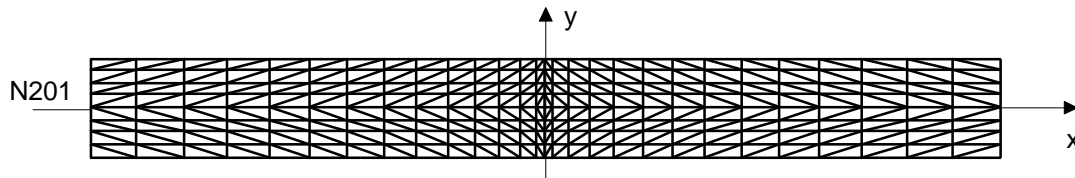
Solution analytique.

### 2.4 Références bibliographiques

- [1] S. ANDRIEUX, F. VOLDOIRE HI-71/7131 - Formulation d'un modèle de thermique pour les coques minces (7/12/90).

### 3 Modélisation A

#### 3.1 Caractéristiques de la modélisation



Découpage : 28 éléments en longueur,  
8 éléments en largeur.

Conditions aux limites - chargement (trois calculs pour trois choix) :

- calcul a : chargements scalaires et dualisation de la condition de Dirichlet :  

```
TEMP_IMPO ( NOEUD : N1, TEMP_SUP : 0., TEMP : 0., TEMP_INF : 0.)
ECHANGE : ( GROUP_MA : GRSD1, COEF_H_SUP : 10., COEF_H_INF : 10.,
            TEMP_EXT_SUP : -50., TEMP_EXT_INF : -50.)
            ( GROUP_MA : GRSD2, COEF_H_SUP : 10., COEF_H_INF : 10.,
            TEMP_EXT_SUP : 50., TEMP_EXT_INF : 50.)
```
- calcul b : chargements fonctions constantes et dualisation de la condition de Dirichlet :  
comme ci-dessus, mais avec des fonctions constantes ayant mêmes valeurs.
- calcul c : chargements scalaires et chargement "cinématique" :  

```
THER_IMPO: (NOEUD : N1, TEMP_SUP : 0., TEMP : 0., TEMP_INF : 0.)
```

#### 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 969

Nombre de mailles et types : 448 mailles TRIA6

#### 3.3 Fonctionnalités testées

Commandes				Clés
AFFE_CARA_ELEM	COQUE	TOUT		[U4.24.01]
DEFI_MATERIAU	THER			[U4.23.01]
AFFE_MODELE	'THERMIQUE'	'COQUE'	TOUT	[U4.22.01]
AFFE_CHAR_THER	TEMP_IMPO	NOEUD		[U4.25.02]
	ECHANGE	GROUP_MA		
AFFE_CHAR_THER_F	TEMP_IMPO	NOEUD		[U4.25.02]
	ECHANGE	GROUP_MA		
AFFE_CHAR_CINE	THER_IMPO	NOEUD		[U4.25.05]
CALC_CHAR_CINE				[U4.41.03]

## 4 Résultats de la modélisation A

### 4.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster calcul a	Aster calcul b	Aster calcul c	% différence
Nœud N201	Temp_sup	49.999	49.9999	49.9999	0.002
(-10.,0.)	Temp	49.999	49.9999	49.9999	0.002
	Temp_inf	49.999	49.9999	49.9999	0.002
Nœud N176	Temp_sup	49.9658	49.9655	49.9655	0.001
(-5.15,0.)	Temp	49.9658	49.9655	49.9655	0.001
	Temp_inf	49.9658	49.9655	49.9655	0.001
Nœud N171	Temp_sup	49.8888	49.8879	49.8879	0.002
(-4.32,0.)	Temp	49.8888	49.8879	49.8879	0.002
	Temp_inf	49.8888	49.8879	49.8879	0.002
Nœud N166	Temp_sup	49.6631	49.6611	49.6611	0.008
(-3.53,0.)	Temp	49.6631	49.6611	49.6611	0.008
	Temp_inf	49.6631	49.6611	49.6611	0.008
Nœud N161	Temp_sup	49.0542	49.0500	49.0500	0.008
(-2.8,0.)	Temp	49.0542	49.0500	49.0500	0.008
	Temp_inf	49.0542	49.0500	49.0500	0.008
Nœud N156	Temp_sup	47.556	47.5482	47.5482	0.016
(-2.13,0.)	Temp	47.556	47.5482	47.5482	0.017
	Temp_inf	47.556	47.5482	47.5482	0.016
Nœud N141	Temp_sup	26.700	26.6833	26.6833	0.062
(-0.54,0.)	Temp	26.700	26.6828	26.6828	0.064
	Temp_inf	26.700	26.6833	26.6833	0.062
Nœud N136	Temp_sup	11.830	11.8212	11.8212	0.074
(-0.19,0.)	Temp	11.830	11.8206	11.8206	0.079
	Temp_inf	11.830	11.8212	11.8212	0.074
Nœud N11	Temp_sup	-26.700	-26.6833	-26.6833	0.062
(0.54,0.)	Temp	-26.700	-26.6828	-26.6828	0.064
	Temp_inf	-26.700	-26.6833	-26.6833	0.062
Nœud N26	Temp_sup	-47.556	-47.5482	-47.5482	0.016
(2.13,0.)	Temp	-47.556	-47.5481	-47.5481	0.017
	Temp_inf	-47.556	-47.5482	-47.5482	0.016

#### Contenu du fichier résultats

- Températures aux nœuds du calcul a,
- flux de chaleur sur le feuillet moyen (calcul a),
- valeurs testées reportées ci-dessus (calculs a, b, c).

### 4.2 Paramètres d'exécution

Version : NEW 4.00.02

Machine : CRAY C90

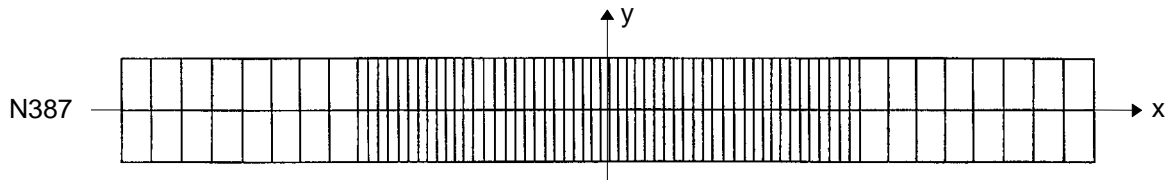
Encombrement mémoire : 16 mégamots

Système UNICOS : 9.0

Temps CPU User : 54.7 secondes

## 5 Modélisation B

### 5.1 Caractéristiques de la modélisation



Découpage : 68 éléments en longueur,  
2 éléments en largeur.

Conditions aux limites - chargement (trois calculs pour trois choix) :

- chargements scalaires et dualisation de la condition de Dirichlet :

```
TEMP_IMPO ( NOEUD : N1, TEMP_SUP : 0., TEMP : 0., TEMP_INF : 0.)
ECHANGE : ( GROUP_MA : GRSD1, COEF_H_SUP : 10., COEF_H_INF : 10.,
            TEMP_EXT_SUP : -50., TEMP_EXT_INF : -50.)
            ( GROUP_MA : GRSD2, COEF_H_SUP : 10., COEF_H_INF : 10.,
            TEMP_EXT_SUP : 50., TEMP_EXT_INF : 50.)
```

- chargements fonctions constantes et dualisation de la condition de Dirichlet :

comme ci-dessus, mais avec des fonctions constantes ayant mêmes valeurs.

- chargements scalaires et chargement "cinématique" :

```
THER_IMPO : (NOEUD : N1, TEMP_SUP : 0., TEMP : 0., TEMP_INF : 0.)
```

### 5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 456

Nombre de mailles et types : 136 mailles QUAD4

### 5.3 Fonctionnalités testées

Commandes				Clés
AFFE_CARA_ELEM	COQUE	TOUT		[U4.24.01]
DEFI_MATERIAU	THER			[U4.23.01]
AFFE_MODELE	'THERMIQUE'	'COQUE'	TOUT	[U4.22.01]
AFFE_CHAR_THER	TEMP_IMPO	NOEUD		[U4.25.02]
	ECHANGE	GROUP_MA		
AFFE_CHAR_THER_F	TEMP_IMPO	NOEUD		[U4.25.02]
	ECHANGE	GROUP_MA		
AFFE_CHAR_CINE	THER_IMPO	NOEUD		[U4.25.05]
CALC_CHAR_CINE				[U4.41.03]

## 6 Résultats de la modélisation B

### 6.1 Valeurs testées

Identification		Référence	Aster calcul a	Aster calcul b	Aster calcul c	% différence
Nœud N387 (-10.,0.)	Temp_sup	49.999	49.9999	49.9999	49.9999	0.002
	Temp	49.999	49.9999	49.9999	49.9999	0.002
	Temp_inf	49.999	49.9999	49.9999	49.9999	0.002
Nœud N397 (-5.15,0.)	Temp_sup	49.9658	49.9669	49.9669	49.9669	0.002
	Temp	49.9658	49.9669	49.9669	49.9669	0.002
	Temp_inf	49.9658	49.9669	49.9669	49.9669	0.002
Nœud N401 (-4.32,0.)	Temp_sup	49.8888	49.8913	49.8913	49.8913	0.005
	Temp	49.8888	49.8913	49.8913	49.8913	0.005
	Temp_inf	49.8888	49.8913	49.8913	49.8913	0.005
Nœud N405 (-3.53,0.)	Temp_sup	49.6631	49.6661	49.6661	49.6661	0.006
	Temp	49.6631	49.6661	49.6661	49.6661	0.006
	Temp_inf	49.6631	49.6661	49.6661	49.6661	0.006
Nœud N409 (-2.8,0.)	Temp_sup	49.0542	49.0594	49.0594	49.0594	0.011
	Temp	49.0542	49.0594	49.0594	49.0594	0.011
	Temp_inf	49.0542	49.0594	49.0594	49.0594	0.011
Nœud N412 (-2.13,0.)	Temp_sup	47.556	47.5657	47.5657	47.5657	0.020
	Temp	47.556	47.5657	47.5657	47.5657	0.020
	Temp_inf	47.556	47.5657	47.5657	47.5657	0.020
Nœud N420 (-0.54,0.)	Temp_sup	26.700	26.7559	26.7559	26.7559	0.209
	Temp	26.700	26.7553	26.7553	26.7553	0.207
	Temp_inf	26.700	26.7559	26.7559	26.7559	0.209
Nœud N422 (-0.19,0.)	Temp_sup	11.830	11.8119	11.8119	11.8119	-0.153
	Temp	11.830	11.8106	11.8106	11.8106	-0.164
	Temp_inf	11.830	11.8119	11.8119	11.8119	-0.153
Nœud N426 (0.54,0.)	Temp_sup	-26.700	-26.7559	-26.7559	-26.7559	0.209
	Temp	-26.700	-26.7553	-26.7553	-26.7553	0.207
	Temp_inf	-26.700	-26.7559	-26.7559	-26.7559	0.209
Nœud N434 (2.13,0.)	Temp_sup	-47.556	-47.5657	-47.5657	-47.5657	0.020
	Temp	-47.556	-47.5656	-47.5656	-47.5656	0.020
	Temp_inf	-47.556	-47.5657	-47.5657	-47.5657	0.020

### 6.2 Paramètres d'exécution

Version : NEW 4.01.13

Machine : CRAY C90

Encombrement mémoire : 16 mégamots

Système UNICOS : 8.0

Temps CPU User : 8.666 secondes

## 7 Modélisation C

### 7.1 Caractéristiques de la modélisation



Découpage : 30 éléments en longueur,  
2 éléments en largeur.

Conditions aux limites - chargement (trois calculs pour trois choix) :

- chargements scalaires et dualisation de la condition de Dirichlet :

```
TEMP_IMPO ( NOEUD : N1, TEMP_SUP : 0., TEMP : 0., TEMP_INF : 0.)
ECHANGE : ( GROUP_MA :GRSD1, COEF_H_SUP : 10., COEF_H_INF : 10.,
            TEMP_EXT_SUP : -50., TEMP_EXT_INF : -50.)
            ( GROUP_MA :GRSD2, COEF_H_SUP : 10., COEF_H_INF : 10.,
            TEMP_EXT_SUP : 50., TEMP_EXT_INF : 50.)
```

- chargements fonctions constantes et dualisation de la condition de Dirichlet :

comme ci-dessus, mais avec des fonctions constantes ayant mêmes valeurs.

- chargements scalaires et chargement "cinématique" :

```
THER_IMPO : (NOEUD : N1, TEMP_SUP : 0., TEMP : 0., TEMP_INF : 0.)
```

### 7.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 410

Nombre de mailles et types : 60 mailles QUAD8

### 7.3 Fonctionnalités testées

Commandes				Clés
AFFE_CARA_ELEM	COQUE	TOUT		[U4.24.01]
DEFI_MATERIAU	THER			[U4.23.01]
AFFE_MODELE	'THERMIQUE'	'COQUE'	TOUT	[U4.22.01]
AFFE_CHAR_THER	TEMP_IMPO	NOEUD		[U4.25.02]
	ECHANGE	GROUP_MA		
AFFE_CHAR_THER_F	TEMP_IMPO	NOEUD		[U4.25.02]
	ECHANGE	GROUP_MA		
AFFE_CHAR_CINE	THER_IMPO	NOEUD		[U4.25.05]
CALC_CHAR_CINE				[U4.41.03]



## 8 Résultats de la modélisation C

### 8.1 Valeurs testées

Identification		Référence	Aster calcul a	Aster calcul b	Aster calcul c	% différence
Nœud N227 (-10.,0.)	Temp_sup	49.999	49.9999	49.9999	49.9999	0.002
	Temp	49.999	49.9999	49.9999	49.9999	0.002
	Temp_inf	49.999	49.9999	49.9999	49.9999	0.002
Nœud N233 (-5.15,0.)	Temp_sup	49.9658	49.9656	49.9656	49.9656	0.001
	Temp	49.9658	49.9656	49.9656	49.9656	0.001
	Temp_inf	49.9658	49.9656	49.9656	49.9656	0.001
Nœud N235 (-4.32,0.)	Temp_sup	49.8888	49.8887	49.8887	49.8887	0.001
	Temp	49.8888	49.8887	49.8887	49.8887	0.001
	Temp_inf	49.8888	49.8887	49.8887	49.8887	0.001
Nœud N237 (-3.53,0.)	Temp_sup	49.6631	49.6598	49.6598	49.6598	-0.007
	Temp	49.6631	49.6598	49.6598	49.6598	-0.007
	Temp_inf	49.6631	49.6598	49.6598	49.6598	-0.007
Nœud N238 (-2.8,0.)	Temp_sup	49.0542	49.0459	49.0459	49.0459	-0.017
	Temp	49.0542	49.0459	49.0459	49.0459	-0.017
	Temp_inf	49.0542	49.0459	49.0459	49.0459	-0.017
Nœud N239 (-2.13,0.)	Temp_sup	47.556	47.5403	47.5403	47.5403	-0.033
	Temp	47.556	47.5403	47.5403	47.5403	-0.033
	Temp_inf	47.556	47.5403	47.5403	47.5403	-0.033
Nœud N242 (-0.54,0.)	Temp_sup	26.700	26.7039	26.7039	26.7039	0.015
	Temp	26.700	26.7034	26.7034	26.7034	0.013
	Temp_inf	26.700	26.7039	26.7039	26.7039	0.015
Nœud N243 (-0.19,0.)	Temp_sup	11.830	11.7826	11.7826	11.7826	-0.401
	Temp	11.830	11.7818	11.7818	11.7818	-0.407
	Temp_inf	11.830	11.7826	11.7826	11.7826	-0.401
Nœud N246 (0.54,0.)	Temp_sup	-26.700	-26.7039	-26.7039	-26.7039	0.015
	Temp	-26.700	-26.7034	-26.7034	-26.7034	0.013
	Temp_inf	-26.700	-26.7039	-26.7039	-26.7039	0.015
Nœud N249 (2.13,0.)	Temp_sup	-47.556	-47.5403	-47.5403	-47.5403	-0.033
	Temp	-47.556	-47.5402	-47.5402	-47.5402	-0.033
	Temp_inf	-47.556	-47.5403	-47.5403	-47.5403	-0.033

### 8.2 Paramètres d'exécution

Version : NEW 4.01.13

Machine : CRAY C90

Encombrement mémoire : 16 mégamots

Système UNICOS :

8.0

Temps CPU User :

9.585 secondes

## 9 Modélisation D

### 9.1 Caractéristiques de la modélisation



Découpage : 30 éléments en longueur,  
2 éléments en largeur.

Conditions aux limites - chargement (trois calculs pour trois choix) :

- chargements scalaires et dualisation de la condition de Dirichlet :

```
TEMP_IMPO ( NOEUD : N1, TEMP_SUP : 0., TEMP : 0., TEMP_INF : 0.)
ECHANGE : ( GROUP_MA :GRSD1, COEF_H_SUP : 10., COEF_H_INF : 10.,
            TEMP_EXT_SUP : -50., TEMP_EXT_INF : -50.)
            ( GROUP_MA :GRSD2, COEF_H_SUP : 10., COEF_H_INF : 10.,
            TEMP_EXT_SUP : 50., TEMP_EXT_INF : 50.)
```

- chargements fonctions constantes et dualisation de la condition de Dirichlet :

comme ci-dessus, mais avec des fonctions constantes ayant mêmes valeurs.

- chargements scalaires et chargement "cinématique" :

```
THER_IMPO : (NOEUD : N1, TEMP_SUP : 0., TEMP : 0., TEMP_INF : 0.)
```

### 9.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 470

Nombre de mailles et types : 60 mailles QUAD9

### 9.3 Fonctionnalités testées

Commandes				Clés
AFFE_CARA_ELEM	COQUE	TOUT		[U4.24.01]
DEFI_MATERIAU	THER			[U4.23.01]
AFFE_MODELE	'THERMIQUE'	'COQUE'	TOUT	[U4.22.01]
AFFE_CHAR_THER	TEMP_IMPO	NOEUD		[U4.25.02]
	ECHANGE	GROUP_MA		
AFFE_CHAR_THER_F	TEMP_IMPO	NOEUD		[U4.25.02]
	ECHANGE	GROUP_MA		
AFFE_CHAR_CINE	THER_IMPO	NOEUD		[U4.25.05]
CALC_CHAR_CINE				[U4.41.03]

## 10 Résultats de la modélisation D

### 10.1 Valeurs testées

Identification		Référence	Aster calcul a	Aster calcul b	Aster calcul c	% différence
Nœud N227 (-10.,0.)	Temp_sup	49.999	49.9999	49.9999	49.9999	0.002
	Temp	49.999	49.9999	49.9999	49.9999	0.002
	Temp_inf	49.999	49.9999	49.9999	49.9999	0.002
Nœud N233 (-5.15,0.)	Temp_sup	49.9658	49.9656	49.9656	49.9656	0.001
	Temp	49.9658	49.9656	49.9656	49.9656	0.001
	Temp_inf	49.9658	49.9656	49.9656	49.9656	0.001
Nœud N235 (-4.32,0.)	Temp_sup	49.8888	49.8887	49.8887	49.8887	0.001
	Temp	49.8888	49.8887	49.8887	49.8887	0.001
	Temp_inf	49.8888	49.8887	49.8887	49.8887	0.001
Nœud N237 (-3.53,0.)	Temp_sup	49.6631	49.6598	49.6598	49.6598	-0.007
	Temp	49.6631	49.6598	49.6598	49.6598	-0.007
	Temp_inf	49.6631	49.6598	49.6598	49.6598	-0.007
Nœud N238 (-2.8,0.)	Temp_sup	49.0542	49.0459	49.0459	49.0459	-0.017
	Temp	49.0542	49.0459	49.0459	49.0459	-0.017
	Temp_inf	49.0542	49.0459	49.0459	49.0459	-0.017
Nœud N239 (-2.13,0.)	Temp_sup	47.556	47.5403	47.5403	47.5403	-0.033
	Temp	47.556	47.5403	47.5403	47.5403	-0.033
	Temp_inf	47.556	47.5403	47.5403	47.5403	-0.033
Nœud N242 (-0.54,0.)	Temp_sup	26.700	26.7039	26.7039	26.7039	0.015
	Temp	26.700	26.7034	26.7034	26.7034	0.013
	Temp_inf	26.700	26.7039	26.7039	26.7039	0.015
Nœud N243 (-0.19,0.)	Temp_sup	11.830	11.7826	11.7826	11.7826	-0.401
	Temp	11.830	11.7818	11.7818	11.7818	-0.407
	Temp_inf	11.830	11.7826	11.7826	11.7826	-0.401
Nœud N246 (0.54,0.)	Temp_sup	-26.700	-26.7039	-26.7039	-26.7039	0.015
	Temp	-26.700	-26.7034	-26.7034	-26.7034	0.013
	Temp_inf	-26.700	-26.7039	-26.7039	-26.7039	0.015
Nœud N249 (2.13,0.)	Temp_sup	-47.556	-47.5403	-47.5403	-47.5403	-0.033
	Temp	-47.556	-47.5402	-47.5402	-47.5402	-0.033
	Temp_inf	-47.556	-47.5403	-47.5403	-47.5403	-0.033

### 10.2 Paramètres d'exécution

Version : NEW 4.01.13

Machine : CRAY C90

Encombrement mémoire : 16 mégamots

Système UNICOS :

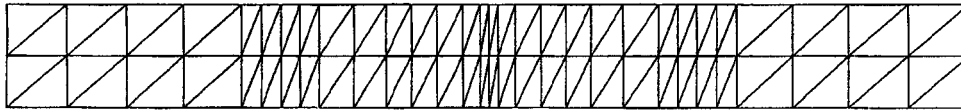
8.0

Temps CPU User :

10.858 secondes

## 11 Modélisation E

### 11.1 Caractéristiques de la modélisation



Découpage : 30 éléments en longueur,  
2 éléments en largeur.

Conditions aux limites - chargement (trois calculs pour trois choix) :

- chargements scalaires et dualisation de la condition de Dirichlet :

```
TEMP_IMPO ( NOEUD : N1, TEMP_SUP : 0., TEMP : 0., TEMP_INF : 0.)
ECHANGE : ( GROUP_MA : GRSD1, COEF_H_SUP : 10., COEF_H_INF : 10.,
            TEMP_EXT_SUP : -50., TEMP_EXT_INF : -50.)
            ( GROUP_MA : GRSD2, COEF_H_SUP : 10., COEF_H_INF : 10.,
            TEMP_EXT_SUP : 50., TEMP_EXT_INF : 50.)
```

- chargements fonctions constantes et dualisation de la condition de Dirichlet :

comme ci-dessus, mais avec des fonctions constantes ayant mêmes valeurs.

- chargements scalaires et chargement "cinématique" :

```
THER_IMPO : (NOEUD : N1, TEMP_SUP : 0., TEMP : 0., TEMP_INF : 0.)
```

### 11.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 590

Nombre de mailles et types : 120 mailles TRIA7

### 11.3 Fonctionnalités testées

Commandes				Clés
AFFE_CARA_ELEM	COQUE	TOUT		[U4.24.01]
DEFI_MATERIAU	THER			[U4.23.01]
AFFE_MODELE	'THERMIQUE'	'COQUE'	TOUT	[U4.22.01]
AFFE_CHAR_THER	TEMP_IMPO	NOEUD		[U4.25.02]
	ECHANGE	GROUP_MA		
AFFE_CHAR_THER_F	TEMP_IMPO	NOEUD		[U4.25.02]
	ECHANGE	GROUP_MA		
AFFE_CHAR_CINE	THER_IMPO	NOEUD		[U4.25.05]
CALC_CHAR_CINE				[U4.41.03]

## 12 Résultats de la modélisation E

### 12.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster calcul a	Aster calcul b	Aster calcul c	% différence
Nœud N227 (-10.,0.)	Temp_sup	49.999	49.9999	49.9999	0.002
	Temp	49.999	49.9999	49.9999	0.002
	Temp_inf	49.999	49.9999	49.9999	0.002
Nœud N233 (-5.15,0.)	Temp_sup	49.9658	49.9659	49.9659	0.001
	Temp	49.9658	49.9659	49.9659	0.001
	Temp_inf	49.9658	49.9659	49.9659	0.001
Nœud N235 (-4.32,0.)	Temp_sup	49.8888	49.8886	49.8886	0.001
	Temp	49.8888	49.8886	49.8886	0.001
	Temp_inf	49.8888	49.8886	49.8886	0.001
Nœud N237 (-3.53,0.)	Temp_sup	49.6631	49.6572	49.6572	-0.012
	Temp	49.6631	49.6572	49.6572	-0.012
	Temp_inf	49.6631	49.6572	49.6572	-0.012
Nœud N238 (-2.8,0.)	Temp_sup	49.0542	49.0428	49.0428	-0.023
	Temp	49.0542	49.0428	49.0428	-0.023
	Temp_inf	49.0542	49.0428	49.0428	-0.023
Nœud N239 (-2.13,0.)	Temp_sup	47.556	47.5377	47.5377	-0.038
	Temp	47.556	47.5376	47.5376	-0.039
	Temp_inf	47.556	47.5377	47.5377	-0.038
Nœud N242 (-0.54,0.)	Temp_sup	26.700	26.7178	26.7178	0.067
	Temp	26.700	26.7172	26.7172	0.064
	Temp_inf	26.700	26.7178	26.7178	0.067
Nœud N243 (-0.19,0.)	Temp_sup	11.830	11.7974	11.7974	-0.275
	Temp	11.830	11.7965	11.7965	-0.283
	Temp_inf	11.830	11.7974	11.7974	-0.275
Nœud N246 (0.54,0.)	Temp_sup	-26.700	-26.7178	-26.7178	0.067
	Temp	-26.700	-26.7172	-26.7172	0.064
	Temp_inf	-26.700	-26.7178	-26.7178	0.067
Nœud N249 (2.13,0.)	Temp_sup	-47.556	-47.5377	-47.5377	-0.038
	Temp	-47.556	-47.5376	-47.5376	-0.039
	Temp_inf	-47.556	-47.5377	-47.5377	-0.038

### 12.2 Paramètres d'exécution

Version : NEW 4.01.13  
Machine : CRAY C90  
Encombrement mémoire : 16 mégamots  
Système UNICOS : 8.0  
Temps CPU User : 14.679 secondes

## 13 Synthèse des résultats

---

On constate que les écarts sur la température sont faibles par rapport à la solution de référence (inférieures à 0.41%).

Les mailles QUAD8 et QUAD9 donnent les mêmes résultats.