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.

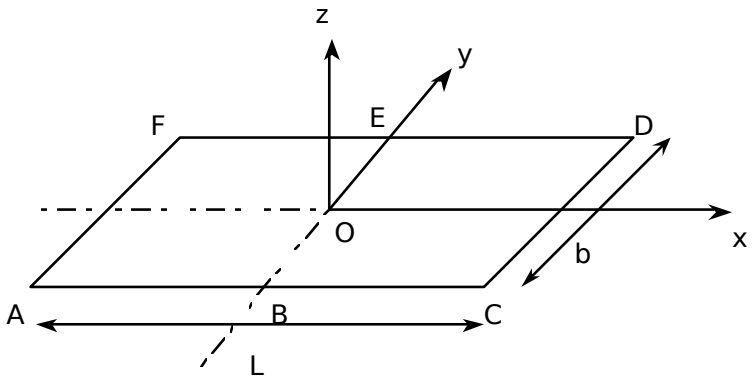
Les résultats sont présentés pour les éléments finis disponibles de coque surfacique thermique triangles et quadrangles.

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.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



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

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

Épaisseur : $h=4\text{mm}$

1.2 Propriétés de matériaux

Conductivité $\lambda=1000\,W/mm/°\,C$

1.3 Conditions aux limites et chargements

- Température nulle au point O, sur toute l'épaisseur.
- Sur les faces supérieures (ABEF)$^+$ et inférieure (ABEF)$^-$:

  coefficient d'échange : $h=10\,W/mm^2/°\,C$

  température extérieure : $Text=50°\,C$
- Sur les faces supérieure $(BCDE)^+$ et inférieure $(BCDE)^-$:

  coefficient d'échange : $h=10\,W/mm^2/°\,C$

  température extérieure : $T_{ext}=-50°\,C$

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

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.

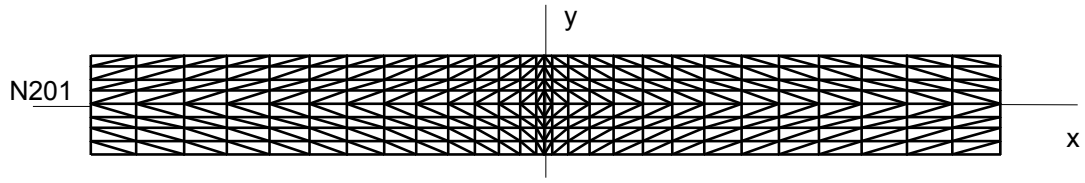
2.4 Références bibliographiques

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

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

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_MIL= 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_MIL= 0., TEMP_INF= 0.)
```

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 969

Nombre de mailles et types : 448 mailles TRIA6

3.3 Valeurs testées

Identification		Référence
Nœud $N201$ $(-10.,0.)$	Temp_sup	49.999
	Temp_mil	49.999
	Temp_inf	49.999
Nœud $N176$ $(-5.15,0.)$	Temp_sup	49.9658
	Temp_mil	49.9658
	Temp_inf	49.9658
Nœud $N171$ $(-4.32,0.)$	Temp_sup	49.8888
	Temp_mil	49.8888
	Temp_inf	49.8888
Nœud $N166$ $(-3.53,0.)$	Temp_sup	49.6631
	Temp_mil	49.6631
	Temp_inf	49.6631
Nœud $N161$	Temp_sup	49.0542

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

$(-2.8,0.)$	Temp_mil	49.0542
	Temp_inf	49.0542
Nœud N156	Temp_sup	47.556
$(-2.13,0.)$	Temp_mil	47.556
	Temp_inf	47.556
Nœud *N141*	Temp_sup	26.700
$(-0.54,0.)$	Temp_mil	26.700
	Temp_inf	26.700
Nœud *N136*	Temp_sup	11.830
$(-0.19,0.)$	Temp_mil	11.830
	Temp_inf	11.830
Nœud *N11*	Temp_sup	–26.700
$(0.54,0.)$	Temp_mil	–26.700
	Temp_inf	–26.700
Nœud *N26*	Temp_sup	–47.556
$(2.13,0.)$	Temp_mil	–47.556
	Temp_inf	–47.556

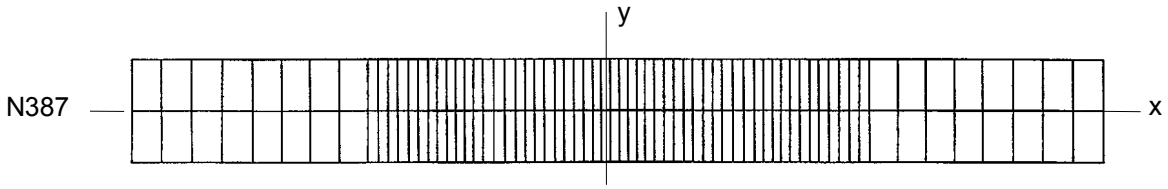
Contenu du fichier résultats

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

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Modélisation B

4.1 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_MIL : 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_MIL : 0., TEMP_INF : 0.)
```

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 456

Nombre de mailles et types : 136 mailles QUAD4

4.3 Valeurs testées

Identification		Référence
Nœud $N387$ $(-10.,0.)$	Temp_sup	49.999
	Temp_mil	49.999
	Temp_inf	49.999
Nœud $N397$ $(-5.15,0.)$	Temp_sup	49.9658
	Temp_mil	49.9658
	Temp_inf	49.9658
Nœud $N401$ $(-4.32,0.)$	Temp_sup	49.8888
	Temp_mil	49.8888
	Temp_inf	49.8888
Nœud $N405$ $(-3.53,0.)$	Temp_sup	49.6631
	Temp_mil	49.6631
	Temp_inf	49.6631
Nœud $N409$ $(-2.8,0.)$	Temp_sup	49.0542
	Temp_mil	49.0542

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

	Temp_inf	49.0542
Nœud *N412*	Temp_sup	47.556
$(-2.13,0.)$	Temp_mil	47.556
	Temp_inf	47.556
Nœud *N420*	Temp_sup	26.700
$(-0.54,0.)$	Temp_mil	26.700
	Temp_inf	26.700
Nœud *N422*	Temp_sup	11.830
$(-0.19,0.)$	Temp_mil	11.830
	Temp_inf	11.830
Nœud *N426*	Temp_sup	–26.700
$(0.54,0.)$	Temp_mil	–26.700
	Temp_inf	–26.700
Nœud *N434*	Temp_sup	–47.556
$(2.13,0.)$	Temp_mil	–47.556
	Temp_inf	–47.556

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

5 Modélisation C

5.1 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_MIL : 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_MIL : 0., TEMP_INF : 0.)
```

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 410

Nombre de mailles et types : 60 mailles QUAD8

5.3 Valeurs testées

Identification		Référence
Nœud $N227$ $(-10.,0.)$	Temp_sup	49.999
	Temp_mil	49.999
	Temp_inf	49.999
Nœud $N233$ $(-5.15,0.)$	Temp_sup	49.9658
	Temp_mil	49.9658
	Temp_inf	49.9658
Nœud $N235$ $(-4.32,0.)$	Temp_sup	49.8888
	Temp_mil	49.8888
	Temp_inf	49.8888
Nœud $N237$ $(-3.53,0.)$	Temp_sup	49.6631
	Temp_mil	49.6631
	Temp_inf	49.6631
Nœud $N238$	Temp_sup	49.0542
$(-2.8,0.)$	Temp_mil	49.0542

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

	Temp_inf	49.0542
Nœud *N239*	Temp_sup	47.556
$(-2.13,0.)$	Temp_mil	47.556
	Temp_inf	47.556
Nœud *N242*	Temp_sup	26.700
$(-0.54,0.)$	Temp_mil	26.700
	Temp_inf	26.700
Nœud *N243*	Temp_sup	11.830
$(-0.19,0.)$	Temp_mil	11.830
	Temp_inf	11.830
Nœud *N246*	Temp_sup	–26.700
$(0.54,0.)$	Temp_mil	–26.700
	Temp_inf	–26.700
Nœud *N249*	Temp_sup	–47.556
$(2.13,0.)$	Temp_mil	–47.556
	Temp_inf	–47.556

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

6 Modélisation D

6.1 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_MIL : 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_MIL : 0., TEMP_INF : 0.)
```

6.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 470

Nombre de mailles et types : 60 mailles QUAD9

6.3 Valeurs testées

Identification		Référence
Nœud $N227$ (–10.,0.)	Temp_sup	49.999
	Temp_mil	49.999
	Temp_inf	49.999
Nœud $N233$ $(-5.15,0.)$	Temp_sup	49.9658
	Temp_mil	49.9658
	Temp_inf	49.9658
Nœud $N235$ $(-4.32,0.)$	Temp_sup	49.8888
	Temp_mil	49.8888
	Temp_inf	49.8888
Nœud $N237$ $(-3.53,0.)$	Temp_sup	49.6631
	Temp_mil	49.6631
	Temp_inf	49.6631
Nœud $N238$ $(-2.8,0.)$	Temp_sup	49.0542
	Temp_mil	49.0542

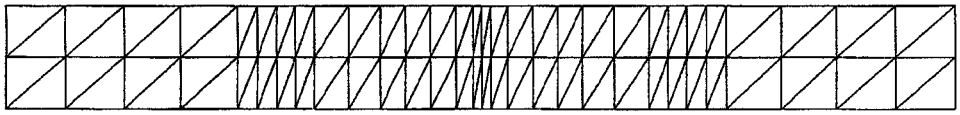
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

	Temp_inf	49.0542
Nœud $N239$	Temp_sup	47.556
$(-2.13,0.)$	Temp_mil	47.556
	Temp_inf	47.556
Nœud $N242$	Temp_sup	26.700
$(-0.54,0.)$	Temp_mil	26.700
	Temp_inf	26.700
Nœud $N243$	Temp_sup	11.830
$(-0.19,0.)$	Temp_mil	11.830
	Temp_inf	11.830
Nœud $N246$	Temp_sup	–26.700
$(0.54,0.)$	Temp_mil	–26.700
	Temp_inf	–26.700
Nœud $N249$	Temp_sup	–47.556
$(2.13,0.)$	Temp_mil	–47.556
	Temp_inf	–47.556

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

7 Modélisation E

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_MIL = 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_MIL : 0., TEMP_INF : 0.)
```

7.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 590

Nombre de mailles et types : 120 mailles TRIA7

7.3 Valeurs testées

Identification		Référence
Nœud $N227$ $(-10.,0.)$	Temp_sup	49.999
	Temp_mil	49.999
	Temp_inf	49.999
Nœud $N233$ $(-5.15,0.)$	Temp_sup	49.9658
	Temp_mil	49.9658
	Temp_inf	49.9658
Nœud $N235$ $(-4.32,0.)$	Temp_sup	49.8888
	Temp_mil	49.8888
	Temp_inf	49.8888
Nœud $N237$ $(-3.53,0.)$	Temp_sup	49.6631
	Temp_mil	49.6631
	Temp_inf	49.6631
Nœud $N238$ $(-2.8,0.)$	Temp_sup	49.0542
	Temp_mil	49.0542

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

	Temp_inf	49.0542
Nœud $N239$	Temp_sup	47.556
$(-2.13,0.)$	Temp_mil	47.556
	Temp_inf	47.556
Nœud $N242$	Temp_sup	26.700
$(-0.54,0.)$	Temp_mil	26.700
	Temp_inf	26.700
Nœud $N243$	Temp_sup	11.830
$(-0.19,0.)$	Temp_mil	11.830
	Temp_inf	11.830
Nœud $N246$	Temp_sup	–26.700
$(0.54,0.)$	Temp_mil	–26.700
	Temp_inf	–26.700
Nœud $N249$	Temp_sup	–47.556
$(2.13,0.)$	Temp_mil	–47.556
	Temp_inf	–47.556

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

8 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.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)