TTLP100 – Échange-paroi en thermique transitoire

Résumé

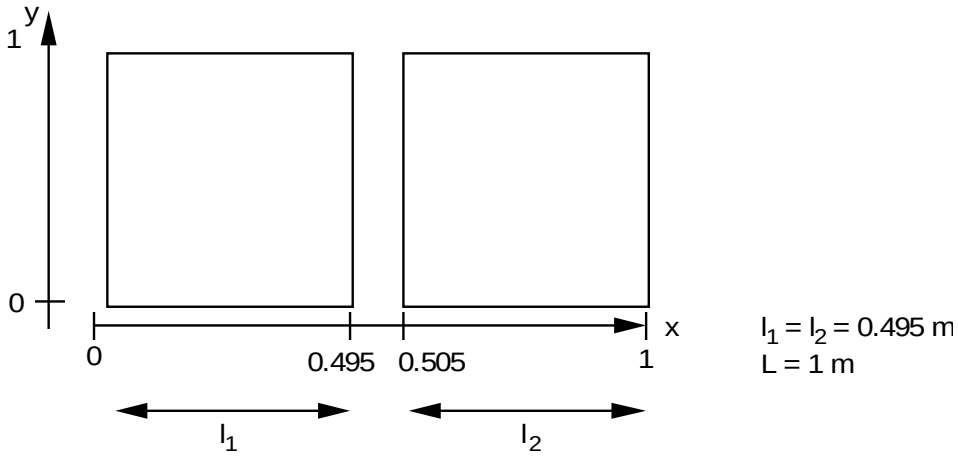
On calcule la réponse thermique transitoire linéaire ou non linéaire de deux plaques séparées par un jeu dans lequel s'effectue un transfert de chaleur. Le problème est 2D mais les conditions aux limites font que la température ne dépend que de l'abscisse et du temps. On atteint rapidement l'état stationnaire, qui est calculable analytiquement.

Le test permet de vérifier la bonne prise en compte des termes liés à l'échange de chaleur entre 2 parois.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



1.2 Propriétés de matériaux

$\lambda = 40\, W/m°C$

$\rho C_p = 7.3\,10^{-4}\, J/m^3°C$ ou $\beta = \begin{vmatrix} 0 \text{ à } 0°C \\ 220.10^{-3}\, J/m^3 \text{ à } 300°C \end{vmatrix}$

Pour traiter le même problème en thermique non linéaire, on définit une enthalpie β affine dont la pente est égale à la chaleur massique ρC_p

1.3 Conditions aux limites et chargements

$T(x=0) = 100°C = T_0$

$T(x=L) = 300°C = T_L$

Échange de chaleur entre les parois situées en $x=0.495$ et $x=0.505$, avec un coefficient d'échange de $80\, W/m^2°C$.

1.4 Conditions initiales

$T(t=0) =$ T_0 dans la plaque de gauche
T_L dans la plaque de droite

Copyright 2015 EDF R&D - 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

La solution analytique stationnaire est obtenue en résolvant un Laplacien nul sur chacune des deux plaques de la forme $T(x)=ax+b$, les 4 coefficients (2 par plaque) sont obtenus en explicitant les conditions aux limites :

$$0.\leq x\leq 0.495 \ : \ T=T_0+\frac{h(T_L-T_0)}{\lambda+h(l_1+l_2)}x$$

$$0.505\leq x\leq 1. \ : \ T=T_L-\frac{h(T_L-T_0)}{\lambda+h(l_1+l_2)}(L-x)$$

2.2 Résultats de référence

Les températures sur la ligne $y=0$

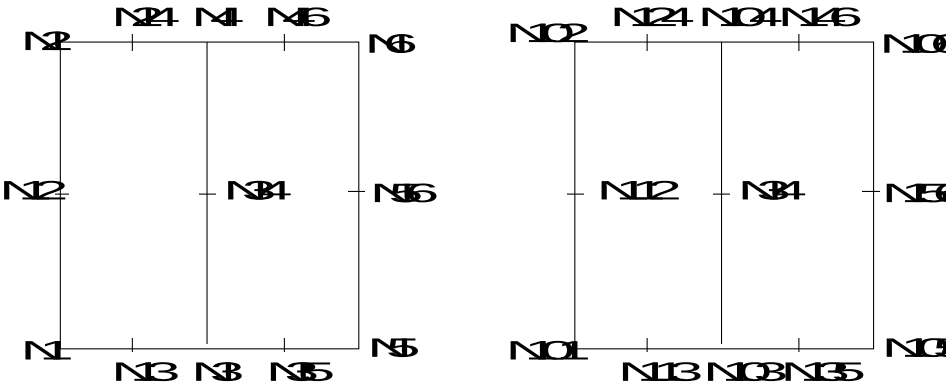
2.3 Incertitude sur la solution

Solution analytique.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation



Le maillage est effectué avec des éléments de type QUAD8.

Le calcul est fait en thermique non linéaire, avec $\theta = 0.57$.

On fait 50 pas de temps de 0 à $5.10^{-2} s$. Les résultats sont examinés en $t = 5.10^{-2} s$.

3.2 Caractéristiques du maillage

4 QUAD8, 4 SEG3, 26 nœuds

3.3 Valeurs testées

Identification	Référence
TEMP nœud *N3*	133.557026
TEMP nœud *N5*	166.442953
TEMP nœud *N101*	233.557047
TEMP nœud *N103*	266.442953

3.4 Remarques

La solution *Aster* a atteint l'état stationnaire à partir de $t = 4.710^{-2} s$.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Le calcul est fait en thermique non linéaire, avec $\theta = 0.57$.

On fait 1 pas de temps de 0 à $10^{-9} s$ et 300 pas de temps de $10^{-9} s$ à $1.5 10^{-5} s$

Les résultats sont examinés en $t = 1.5 10^{-5} s$.

4.2 Caractéristiques du maillage

4 QUAD8, 4 SEG3, 26 nœuds

4.3 Valeurs testées

Identification	Référence
TEMP nœud $N3$	133.557026
TEMP nœud $N5$	166.442953
TEMP nœud $N101$	233.557047
TEMP nœud $N103$	266.442953

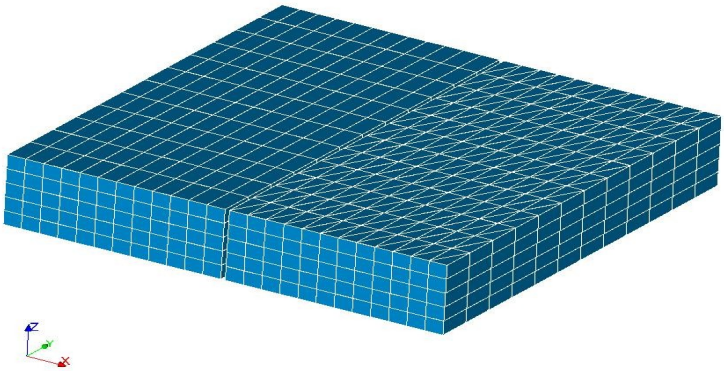
4.4 Remarques

La précision exigée sur les résultats n'est que de 10^{-3} (au lieu de 10^{-6} en linéaire) car on n'a pas encore, à $t = 1.5 10^{-5} s$, rigoureusement atteint l'état stationnaire.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation



Le calcul est fait en thermique non linéaire.

On fait 1 pas de temps de 0 à $10^{-9}s$ et 30 pas de temps de $10^{-9}s$ à $1.5\,10^{-5}s$. Les résultats sont examinés en $t=1.45\,10^{-5}s$.

5.2 Caractéristiques du maillage

720 HEXA8 pour la première plaque, 1440 PENTA6 pour la deuxième.

5.3 Valeurs testées

Identification	Référence
TEMP nœud $N25$	133.557026
TEMP nœud $N3$	166.442953
TEMP nœud $N5$	233.557047
TEMP nœud $N69$	266.442953

5.4 Remarques

Les résultats sont bien constants suivant l'axe z.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

6 Synthèses des résultats

L'énorme différence de temps de calcul entre THER_LINEAIRE et THER_NON_LINE s'explique en partie par le fait qu'on a dû discrétiser beaucoup plus finement les pas de temps en non linéaire (3000 entre 0 et $1.5\,10^{-5}s$ au lieu de 50 entre 0 et $5.10^{-2}s$) pour assurer la convergence de THER_NON_LINE.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)