TPLL01 - Mur plan infini en thermique linéaire

Résumé :

Ce cas test porte sur un calcul de thermique stationnaire linéaire. Il comprend 10 modélisations qui testent les éléments 2D et 3D.

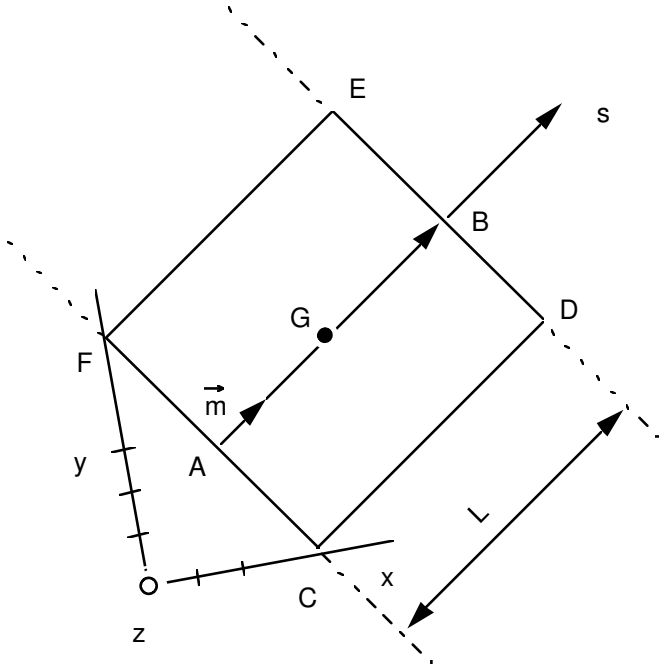
Ce cas test présente plusieurs intérêts :

- **pour les modélisations de A à I**, il teste sur presque tous les éléments 3D et 2D (sauf 2D_AXIS, PYRAM et lumpés), le calcul des options de base de thermique linéaire : "rigidité", "masse", échange, flux imposé, température imposée,
- **dans la modélisation J**, on calcule une cartographie d'erreur spatiale via l'option ERTH_ELEM de CALC_ERREUR sur laquelle va s'appuyer, dans une boucle Python, l'outil de raffinement/déraffinement HOMARD encapsulé dans MACR_ADAP_MAIL.
- L'orientation du mur est quelconque par rapport aux axes de coordonnées,
- C'est un des rares cas-tests à tester des éléments TETRA10 et QUAD9 en thermique linéaire et à combiner les commandes AFFE_CHAR_THER / LIAISON_DDL.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Le problème correspond à un mur infini :
CF et DE quelconque

L = 0.05 m

C = {0.03, 0.0, 0.0}
F = {0.0, 0.04, 0.0}
A = {0.015, 0.02, 0.0}

1.2 Propriétés de matériaux

$\lambda = 0.75 W/m°C$ Conductivité thermique

$\rho C_P = 2. J/m^3 °C$ Chaleur volumique

1.3 Conditions aux limites et chargements

- $[FE]$ et $[CD]$: flux nul
- $[FA]$: convection libre ($h = 30 W/m^2 °C$, $T^e = 140 °C$)
- $[AC]$: température imposée $T^i = 100 °C$
- $[ED]$:densité de flux imposé $\varphi^i = -1\,200 W/m^2$, (flux sortant)

1.4 Conditions initiales

Pour faire ce calcul stationnaire, on fait un calcul transitoire (sauf pour les modélisations A et G) pour lequel les conditions aux limites sont constantes dans le temps. Ceci permet de tester les calculs élémentaires de masse intervenant dans le premier membre ainsi que le deuxième membre.

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

$$T(s)=T_A+(T_B-T_A).\frac{s}{L} \quad S=\overline{AM} \quad M \text{ point courant}$$

$$\vec{\varphi}=-\lambda.\frac{T_B-T_A}{L}.\vec{m}$$

2.2 Résultats de référence

Températures et flux aux points A , B , G .

2.3 Incertitude sur la solution

Solution analytique.

2.4 Références

Cas test VPCS TPLL01.

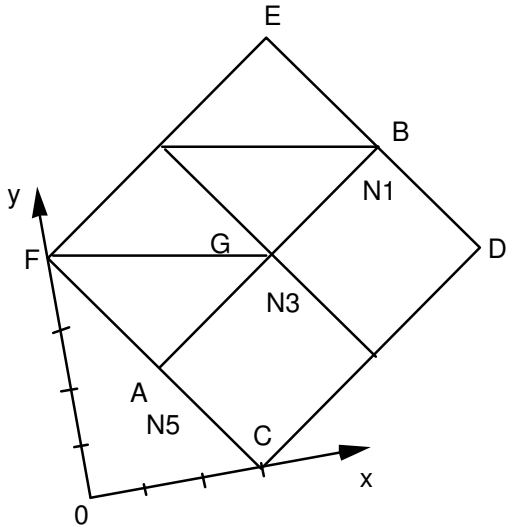
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Plan (QUAD4, TRIA3)

On maille une partie du mur infini, tel que le domaine soit un carré $\overline{DE}=\overline{CF}=L$ avec 4 mailles TRIA3 et 2 mailles QUAD4.



	x	y	
C	0.03	0	
D	0.07	0.03	
E	0.04	0.07	
F	0	0.04	
A	0.015	0.02	N5
B	0.055	0.05	N1
G	0.035	0.035	N3

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 9

Nombre de mailles et types : 2 QUAD4, 4 TRIA3

3.3 Remarques

Pour tester le mot-clé facteur LIAISON_DDL, on a introduit la relation linéaire (vérifiée par la solution) : $T(G)-T(B)=40.$

3.4 Valeurs testées

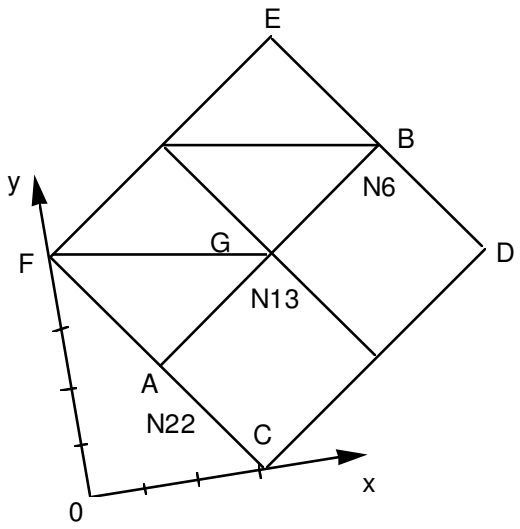
Identification	Référence
$T(A)°C$	100.
$T(B)°C$	20.
$T(G)°C$	60.
$\vec{\varphi}(m).\vec{i}\ (\forall m)\ W/m^2$	960.
$\vec{\varphi}(m).\vec{j}\ (\forall m)\ W/m^2$	720.

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Plan (QUAD8, TRIA6)



	x	y	
C	0.03	0	
D	0.07	0.03	
E	0.04	0.07	
F	0	0.04	
A	0.015	0.02	N22
B	0.055	0.05	N6
G	0.035	0.035	N13

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 23

Nombre de mailles et types : 4 TRIA6, 2 QUAD8

4.3 Remarque

Pour tester le mot clé facteur LIAISON_DDL , on a introduit la relation linéaire (vérifiée par la solution) $T(G)-T(B)=40.$

4.4 Valeurs testées

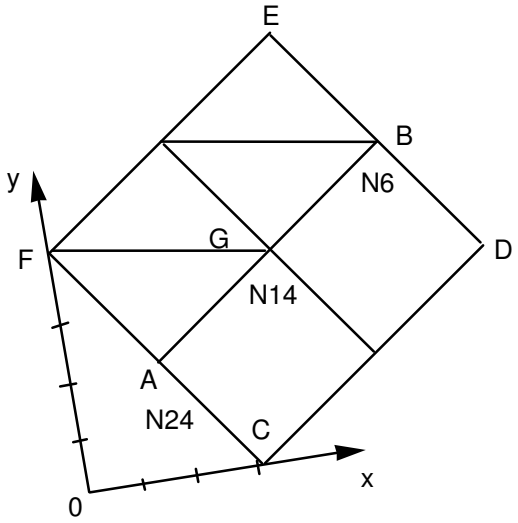
Identification	Référence
$T(A)°C$	100.
$T(B)°C$	20.
$T(G)°C$	60.
$\vec{\varphi}(m).\vec{i}\ (\forall m)\ W/m^2$	960.
$\vec{\varphi}(m).\vec{j}\ (\forall m)\ W/m^2$	720.

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

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Plan (QUAD8, TRIA6)



	x	y	
C	0.03	0	
D	0.07	0.03	
E	0.04	0.07	
F	0	0.04	
A	0.015	0.02	N24
B	0.055	0.05	N6
G	0.035	0.035	N14

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 25

Nombre de mailles et types : 4 TRIA6, 2 QUAD9

5.3 Valeurs testées

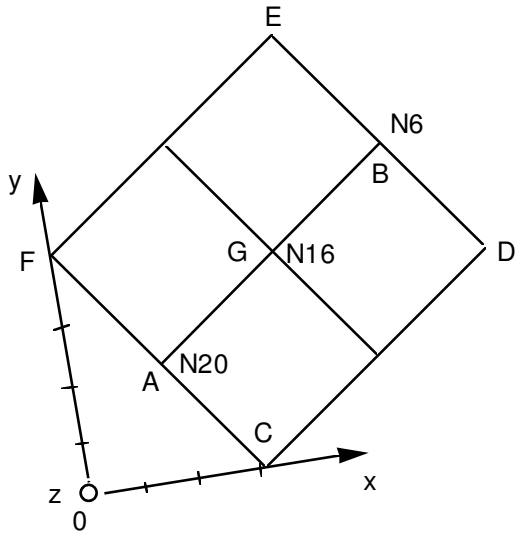
Identification	Référence
$T(A)°C$	100.
$T(B)°C$	20.
$T(G)°C$	60.
$\vec{\varphi}(m).\vec{i}\ (\forall m)\ W/m^2$	960.
$\vec{\varphi}(m).\vec{j}\ (\forall m)\ W/m^2$	720.

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

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

Volumique (HEXA8)



	x	y	z	
C	0.03	0	0	
D	0.07	0.03	0	
E	0.04	0.07	0	
F	0	0.04	0	
A	0.015	0.02	0	N20
B	0.055	0.05	0	N6
G	0.035	0.035	0	N16

6.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 21

Nombre de mailles et types : 4 HEXA8 + 20 QUAD4

6.3 Valeurs testées

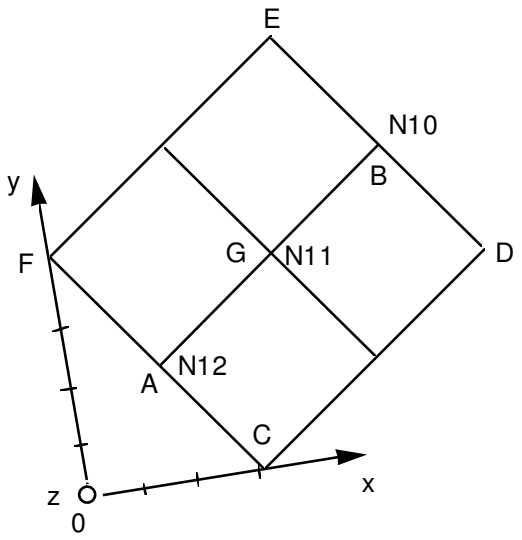
Identification	Référence
$T(A)°C$	100.
$T(B)°C$	20.
$T(G)°C$	60.
$\vec{\varphi}(m).\vec{i}\ (\forall\, m)\ W/m^2$	960.
$\vec{\varphi}(m).\vec{j}\ (\forall\, m)\ W/m^2$	720.

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

7 Modélisation E

7.1 Caractéristiques de la modélisation

Volumique (PENTA6)



	x	y	z	
C	0.03	0	0	
D	0.07	0.03	0	
E	0.04	0.07	0	
F	0	0.04	0	
A	0.015	0.02	0	N12
B	0.055	0.05	0	N10
G	0.035	0.035	0	N11

7.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 21

Nombre de mailles et types : 8 PENTA6 + 8 TRIA3 + 16 QUAD4

7.3 Valeurs testées

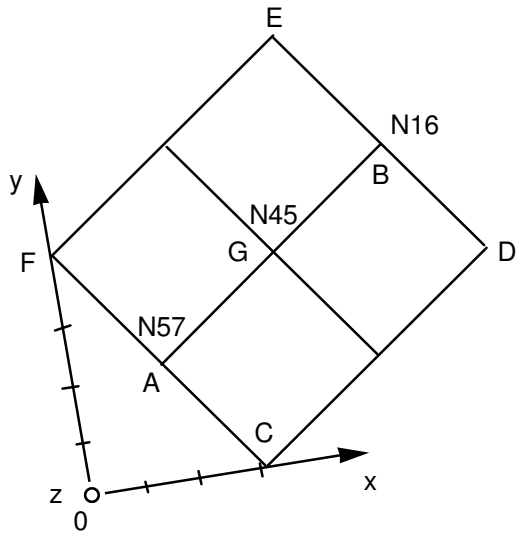
Identification	Référence
$T(A)°C$	100.
$T(B)°C$	20.
$T(G)°C$	60.
$\vec{\varphi}(m).\vec{i}\ (\forall m)\ W/m^2$	960.
$\vec{\varphi}(m).\vec{j}\ (\forall m)\ W/m^2$	720.

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

8 Modélisation F

8.1 Caractéristiques de la modélisation

Volumique (HEXA20)



	x	y	z	
C	0.03	0	0	
D	0.07	0.03	0	
E	0.04	0.07	0	
F	0	0.04	0	
A	0.015	0.02	0	N57
B	0.055	0.05	0	N16
G	0.035	0.035	0	N45

8.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 59

Nombre de mailles et types : 4 HEXA20 + 20 QUAD8

8.3 Valeurs testées

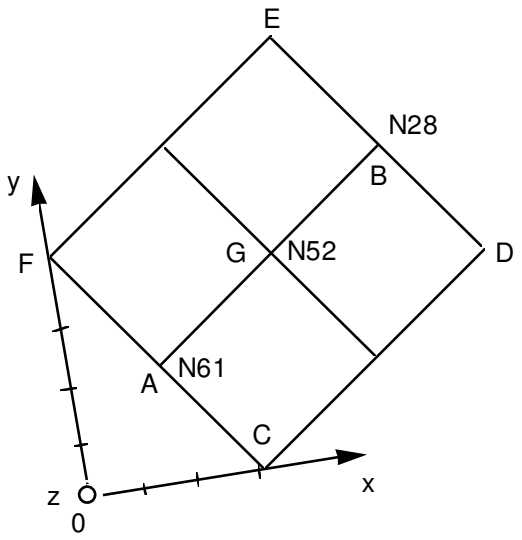
Identification	Référence
$T(A)°C$	100.
$T(B)°C$	20.
$T(G)°C$	60.
$\vec{\varphi}(m).\vec{i}\ (\forall m)\ W/m^2$	960.
$\vec{\varphi}(m).\vec{j}\ (\forall m)\ W/m^2$	720.

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

9 Modélisation G

9.1 Caractéristiques de la modélisation

Volumique (PENTA15)



	x	y	z	
C	0.03	0	0	
D	0.07	0.03	0	
E	0.04	0.07	0	
F	0	0.04	0	
A	0.015	0.02	0	N61
B	0.055	0.05	0	N28
G	0.035	0.035	0	N52

9.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 65

Nombre de mailles et types : 8 PENTA15 + 8 TRIA6 + 16 QUAD8

9.3 Valeurs testées

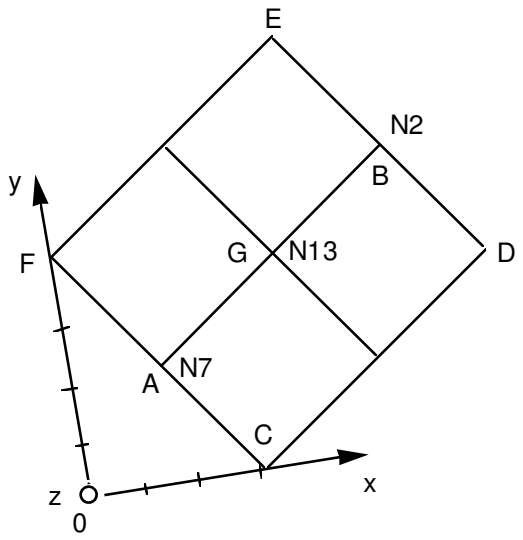
Identification		Référence
$T(A)°C$	100.	
$T(B)°C$	20.	
$T(G)°C$	60.	
$\vec{\varphi}(m).\vec{i}\ (\forall m)\ W/m^2$	960.	
$\vec{\varphi}(m).\vec{j}\ (\forall m)\ W/m^2$	720.	

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

10 Modélisation H

10.1 Caractéristiques de la modélisation

Volumique (TETRA4)



	x	y	z	
C	0.03	0	0	
D	0.07	0.03	0	
E	0.04	0.07	0	
F	0	0.04	0	
A	0.015	0.02	0	N7
B	0.055	0.05	0	N2
G	0.035	0.035	0	N13

10.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 18

Nombre de mailles et types : 20 TETRA4 + 6 TRIA3 + 16 QUAD8

10.3 Valeurs testées

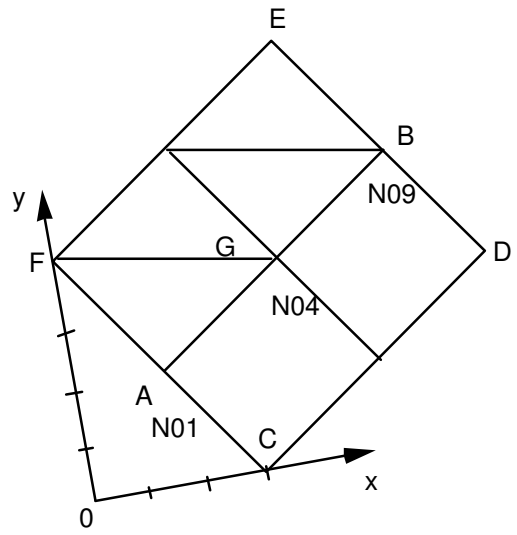
Identification	Référence
$T(A)°C$	100.
$T(B)°C$	20.
$T(G)°C$	60.
$\vec{\varphi}(m).\vec{i}\ (\forall m)\ W/m^2$	960.
$\vec{\varphi}(m).\vec{j}\ (\forall m)\ W/m^2$	720.

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

11 Modélisation I

11.1 Caractéristiques de la modélisation

Volumique (TETRA10)



	x	y	
C	0.03	0	
D	0.07	0.03	
E	0.04	0.07	
F	0	0.04	
A	0.015	0.02	N01
B	0.055	0.05	N09
G	0.035	0.035	N04

11.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 125

Nombre de mailles et types : 48 TETRA10 + 16 TRIA6

11.3 Valeurs testées

Identification	Référence
$T(A)°C$	100.
$T(B)°C$	20.
$T(G)°C$	60.
$\vec{\Phi}(m).\vec{i}\ (\forall m)\ W/m^2$	960.
$\vec{\Phi}(m).\vec{j}\ (\forall m)\ W/m^2$	720.

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

12 Modélisation J

12.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit d'un cas test fonctionnel et de non-régression informatique du calcul de l'indicateur d'erreur a posteriori implanté en thermique (cf. [R4.10.03]). Il exhume une cartographie d'erreur spatiale sur laquelle va s'appuyer, dans une boucle Python, l'outil de raffinement/déraffinement HOMARD encapsulé dans MACR_ADAP_MAIL (cf. [U7.03.01]).
Le calcul de cette carte d'indicateur d'erreur s'effectue, via l'option 'ERTH_ELEM' de l'opérateur de post-traitement CALC_ERREUR, sur un EVOL_THER (fournit au mot-clé RESULTAT) provenant d'un calcul thermique antérieur (linéaire ou non, transitoire ou stationnaire, isotrope ou orthotrope, via THER_LINEAIRE ou THER_NON_LINE, cf. environnement nécessaire, paramétrage et périmètre d'utilisation [R4.10.03] §6.2/4).
Ce calcul requiert au préalable le recours à l'option 'FLUX_ELNO' de CALC_CHAMP qui détermine les valeurs du vecteur flux thermique aux nœuds (cf. exemple d'utilisation [R4.10.03] §6.5).
L'indicateur est constitué de quinze composantes par élément et pour un instant donné. Dans ce cas test, on calcule les quinze composantes mais la procédure de raffinement/déraffinement ne s'appuie que sur la composante ERTABS qui représente l'erreur spatiale totale absolue (cf. [R4.10.03] §6.3).
Afin de pouvoir post-traiter via POST_RELEVE ou GIBI, on a besoin d'extrapoler des champs par élément en des champs aux nœuds par élément. Le rajout de l'option 'ERTH_ELNO_ELEM' (après l'appel à 'ERTH_ELEM_TEMP') permet d'effectuer cette transformation purement informatique. Pour un instant et un élément fini donné, elle ne fait que dupliquer les quinze composantes de l'indicateur sur chaque nœud de l'élément.
Cette modélisation constitue donc autant un exemple d'utilisation, dans une boucle PYTHON, des couplages « calcul d'indicateur »/ « raffinement/déraffinement de maillage » possibles, qu'un cas test de non-régression des options 'ERTH_ELEM_TEMP' et 'ERTH_ELNO_ELEM' et de leurs adhérence avec le processus de remaillage.
Ce cas test reprend les caractéristiques de la modélisation I et de son maillage (TETRA10 + TRIA6) associé.

12.2 Valeurs testées

On teste la non-régression informatique de la composante ERTREL (erreur spatiale totale relative) de l'indicateur d'erreur par rapport aux versions V6.2.1 des plate-formes SGI et SUN de *Code_Aster* et de la version V4.3 du logiciel HOMARD. La tolérance relative est donc sévère : 5.10^{-6} %.

Identification	*Aster*	Tolérance
Valeur de ERTREL sur la maille MA1 avant remaillage	4.15918735 10^{-5}	5.10^{-8}
Valeur de ERTREL sur le noeud NO4 avant remaillage	4.15918735 10^{-5}	5.10^{-8}
Valeur de ERTREL sur la maille M1 après remaillage	5.48408914 10^{-6}	5.10^{-7}

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

13 Synthèse des résultats

Le champ solution (linéaire) appartient à l'espace d'interpolation de tous les éléments testés. Les résultats sont donc naturellement excellents.

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