TPLA05 - Barre cylindrique avec densité de flux

Résumé :

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

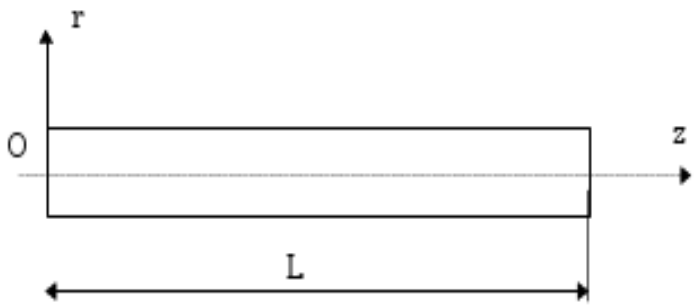
Il comprend deux modélisations, la première qui teste les éléments volumiques, la deuxième, les éléments 2D axisymétriques.

Des conditions aux limites en température imposée et en densité de flux sont prises en compte.
Les résultats issus de ce cas test sont comparés avec ceux fournis par VPCS.

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



$r = 0.01\,m$ (rayon du cylindre)
$L = 1\mathrm{m}$

1.2 Propriétés du matériau

$\lambda = 33.33\,W/m\,°C$ Conductivité thermique

1.3 Conditions aux limites et chargements

- Températures imposées,

  $T = 0\,°C$ en $z = 0.$
  $T = 500\,°C$ en $z = 1.$

- Densité de flux constante sur la surface cylindrique: $\varphi = -200\,W/m^2$ (flux sortant).

1.4 Conditions initiales

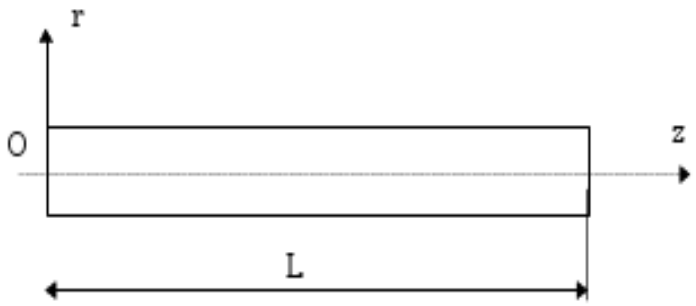
Sans objet.

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 de référence est celle donnée dans la fiche TPLA05/89 du guide VPCS



- Température en fonction de z : $T(z)=\frac{-\varphi}{\lambda r}z(z-L)+T_1.\frac{z}{L}$
- $T(z=0)=0 \qquad T(z=L)=T_1$.

Le cylindre est supposé infiniment long ($L \gg r$)

La température minimum est de $-4.17\,°C$ en $z=0.083\,m$

2.2 Résultats de référence

Température en $z=0.,0.1,...,0.8,0.9,1.0$

2.3 Incertitude sur la solution

$<1\%$
Solution analytique approchée (approximation : $T=cte$, pour tout r)

2.4 Références bibliographiques

[1] Guide de validation des progiciels de calcul de structures. Société Française des Mécaniciens, AFNOR 1990 ISBN 2-12-486611-7

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

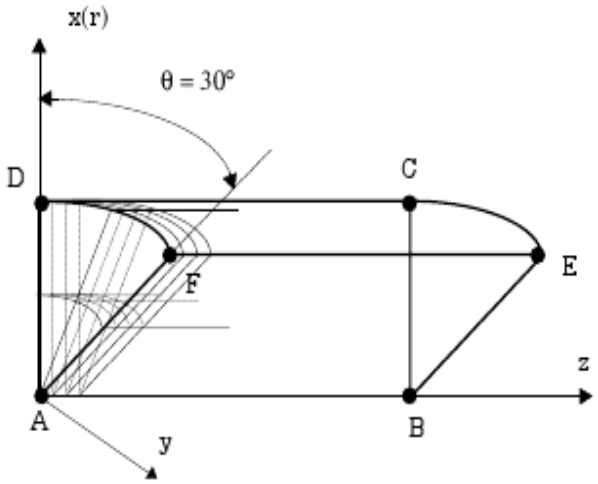
3D (PENTA15, HEXA20)

Conditions limites:

- faces ABCD, ABEF φ = 0
- face DFEC φ = -200 w/m²
- face AFD T= 0°C
- face BEC T= 500°C

Découpage:

- 80 éléments suivant z
- 2 éléments suivant θ
- 2 éléments suivant x



3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 1937
Nombre de mailles et types : 160 PENTA15, 160 HEXA20 (et 160 QUAD8)

3.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Référence	tolérance
Température (°C)		
z = 0.0 r = .0 (n1 :A)	0.00	.00001
r = .01 (n17 :D)	0.00	.00001
z = 0.1 r = .0 (n193)	~ 4.00	1%
r = .01 (n209)	~ 4.00	1%
z = 0.2 r = .0 (n385)	4.00	1%
r = .01 (n401)	4.00	1%
z = 0.3 r = .0 (n577)	24.00	1%
r = .01 (n593)	24.00	1%
z = 0.4 r = .0 (n769)	56.00	1%
r = .01 (n785)	56.00	1%
z = 0.5 r = .0 (n961)	100.00	1%
r = .01 (n977)	100.00	1%
z = 0.6 r = .0 (n1153)	156.00	1%
r = .01 (n1169)	156.00	1%
z = 0.7 r = .0 (n1345)	224.00	1%
r = .01 (n1361)	224.00	1%
z = 0.8 r = .0 (n1537)	304.00	1%
r = .01 (n1553)	304.00	1%
z = 0.9 r = .0 (n1729)	396.00	1%
r = .01 (n1745)	396.00	1%
z = 1.0 r = .0 (n1921:B)	500.00	.00001
r = .01 (n1937:C)	500.00	.00001

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

(* : Température imposée)

3.4 Remarques

La chaleur volumique ρC_P n'intervient pas dans ce test, mais doit être déclarée pour *Code_Aster*. On prend $\rho C_P = 1.0 J/m^3 °C$.

La condition limite $\varphi = 0.$ est implicite sur les bords libres.

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

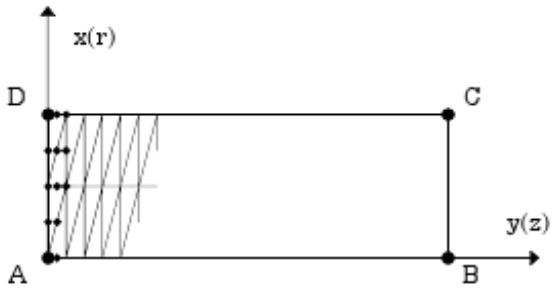
AXIS (TRIA6)

Conditions limites:

- coté CD φ = -200.W/m²
- coté AD T = 0°C
- coté BC T = 500°C

Découpage:

- 80 éléments suivant y
- 2 éléments suivant x



4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 805
Nombre de mailles et types : 320 TRIA6 (et 80 SEG3)

4.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Référence	tolérance
Température (°C)		
z = 0.0 r = .0 (n1 :A)	0.00	00001
r = .01 (n5 :D)	0.00	00001
z = 0.1 r = .0 (n81)	4.00	1%
r = .01 (n85)	4.00	1%
z = 0.2 r = .0 (n161)	4.00	1%
r = .01 (n165)	4.00	1%
z = 0.3 r = .0 (n241)	24.00	1%
r = .01 (n245)	24.00	1%
z = 0.4 r = .0 (n321)	56.00	1%
r = .01 (n325)	56.00	1%
z = 0.5 r = .0 (n401)	100.00	1%
r = .01 (n405)	100.00	1%
z = 0.6 r = .0 (n481)	156.00	1%
r = .01 (n485)	156.00	1%
z = 0.7 r = .0 (n561)	224.00	1%
r = .01 (n565)	224.00	1%
z = 0.8 r = .0 (n641)	304.00	1%
r = .01 (n645)	304.00	1%
z = 0.9 r = .0 (n721)	396.00	1%
r = .01 (n725)	396.00	1%
z = 1.0 r = .0 (n801:B)	500.00	00001
r = .01 (n805:C)	500.00	00001

(* : Température imposée)

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

4.4 Remarques

La chaleur volumique ρC_P n'intervient pas dans ce test, mais doit être déclarée pour le *Code_Aster*. On prend $\rho C_P = 1.0 J/m^3 °C$.

La condition limite $\varphi = 0.$ est implicite sur les bords libres.

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

5 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus sont satisfaisants, l'écart maximum est de 0.63%. La modélisation 3D (avec des mailles PENTA15, HEXA20) et la modélisation AXIS (avec des mailles TRIA6) donnent sensiblement les mêmes résultats (le maillage et le degré d'interpolation sont identiques).

La solution analytique qui est une solution approchée, suppose que le rapport r/L est très supérieur à 1. Pour ce test numérique, le rapport r/L a été pris égal à 100.

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