TPLV105 - Thermique non linéaire stationnaire en repère mobile : simulation de l'essai Varestrain

Résumé :

Ce test présente la simulation thermique par éléments finis de l'essai Varestraint. Cet essai de soudabilité est employé pour caractériser la résistance à la fissuration à chaud des matériaux.

Ce test permet de tester un problème thermique non linéaire formulé dans un repère mobile sous condition de stationnarité.

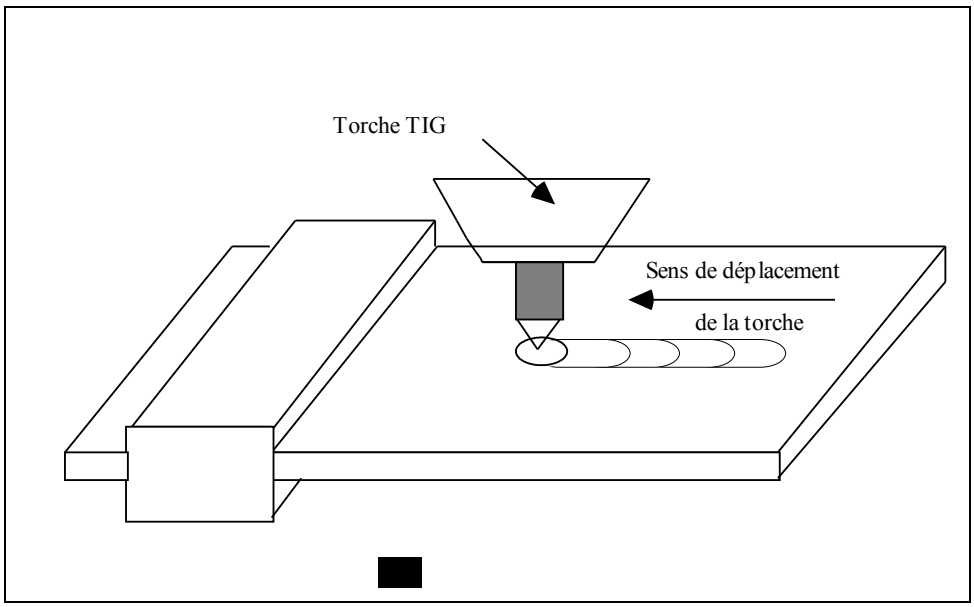
Dans ce test une seule modélisation est effectuée, il s'agit d'une modélisation thermique PLAN associé avec l'opérateur THER_NON_LINE_MO permettant de calculer la réponse stationnaire non linéaire avec un chargement mobile.

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

La géométrie étudiée est une plaque parallélépipédique de 200 mm de longueur, de 60 mm de largeur et de 7 mm d'épaisseur.



Epaisseur éprouvette	Largeur de l'éprouvette	Longueur de l'éprouvette
$7\,mm$	$60\,mm$	$200\,mm$

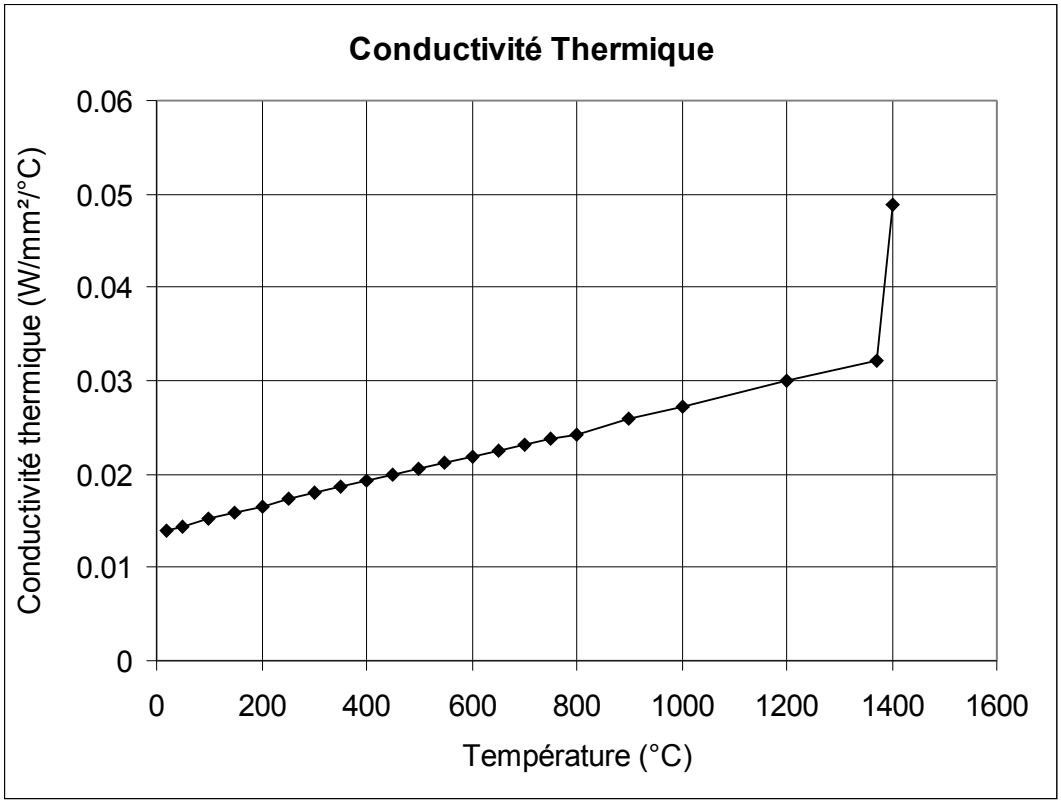
1.2 Propriétés du matériau

Le matériau considéré est un acier inoxydable austénitique forgé de type 316L (Z2CND17-12).

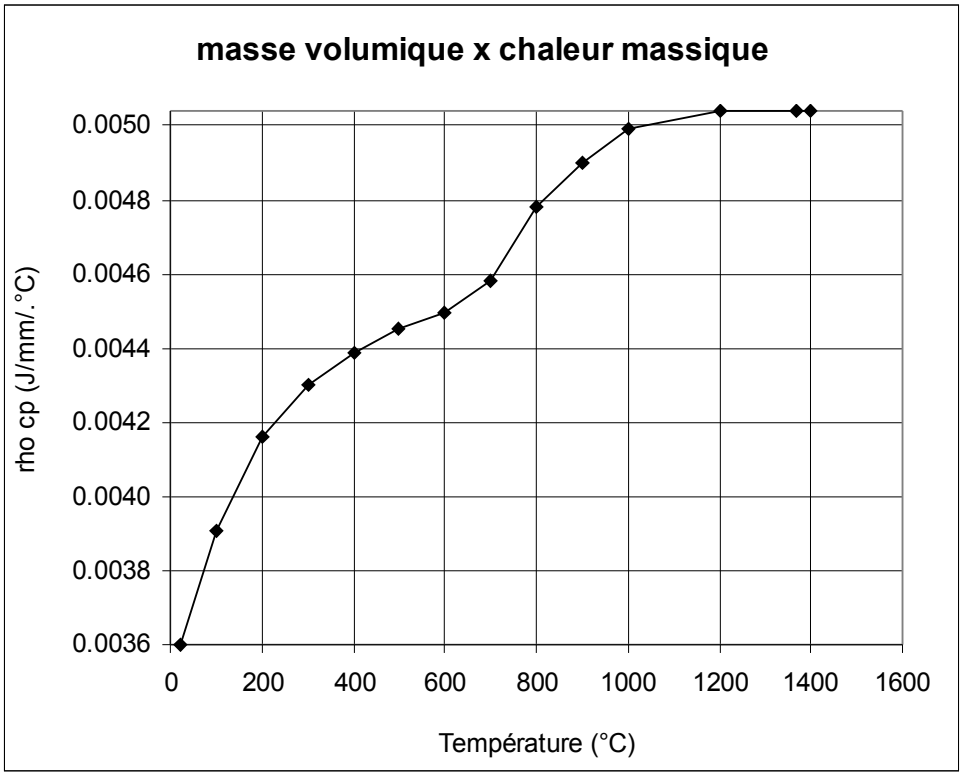
Pour la modélisation thermique non linéaire la conductivité thermique et le produit masse volumique capacité calorifique ρc varient en fonction de la température. Leurs valeurs sont données dans le tableau ci-dessous :

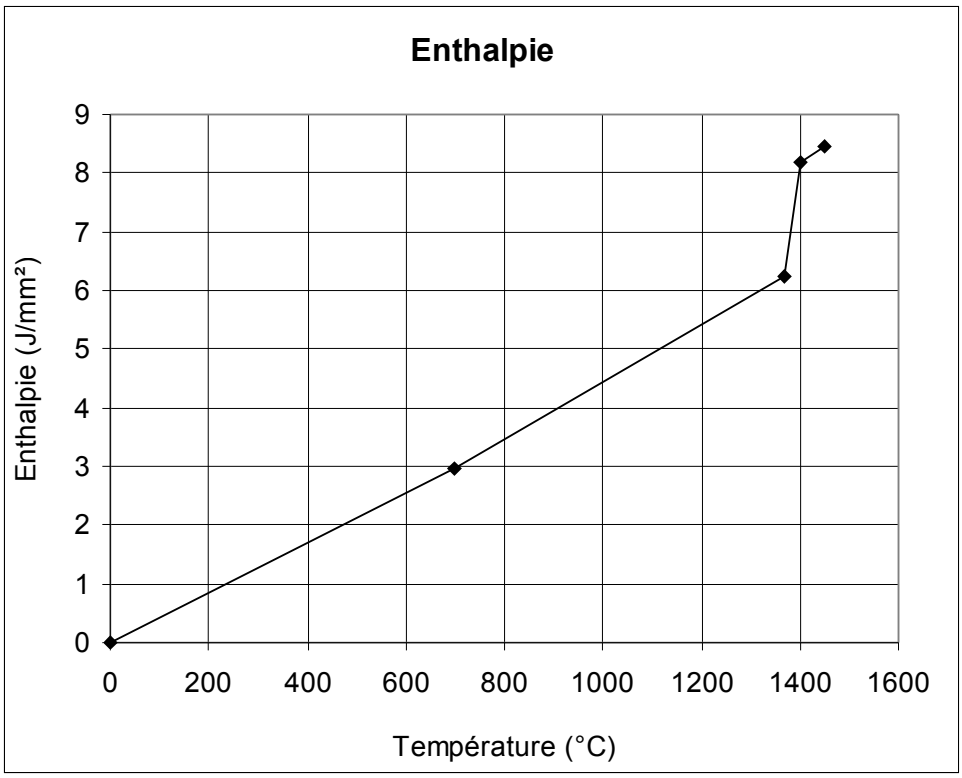
Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

T Température ($°C$)	λ Conductivité thermique ($W/(mm°C)$)	ρc ($J/mm^3°C$)	β Enthalpie (J/mm^3)
20	14.0 E-3	36.00 E-4	0.0
50	14.4 E-3		
100	15.2 E-3	39.05 E-4	
150	15.8 E-3		
200	16.6 E-3	41.63 E-4	
250	17.3 E-3		
300	17.9 E-3	43.00 E-4	
350	18.6 E-3		
400	19.2 E-3	43.90 E-4	
450	19.9 E-3		
500	20.6 E-3	44.50 E-4	
550	21.2 E-3		
600	21.8 E-3	44.95 E-4	
650	22.4 E-3		
700	23.1 E-3	45.80 E-4	2.979
750	23.7 E-3		
800	24.3 E-3	47.80 E-4	
900	26.0 E-3	49.00 E-4	
1000	27.3 E-3	49.90 E-4	
1200	29.9 E-3	50.40 E-4	
1370	32.2 E-3	50.40 E-4	6.232
1400	48.9 E-3	50.40 E-4	8.184
1450			8.444



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





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

1.3 Conditions aux limites

Les paramètres de soudage sont présentés dans le tableau ci-dessous :

I (Intensité)	U (Voltage)	V (Vitesse de défilement de la pièce)	Diamètre d'électrode
200A	13V	$14\,cm/min$	$3\,mm$

La surface supérieure de la plaque est soumise à l'action d'une torche. Cette torche est placée au centre de la plaque, à $15\,mm$ du bord, et se déplace parallèlement à sa longueur à vitesse constante ($14\text{cm}/min$) jusqu'à 85.5mm du bord correspondant à la position d'extinction de la torche.

1.4 Conditions initiales

Aucune.

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

La méthode de calcul de la densité de flux constant à imposer, les conditions aux limites imposées, ainsi que les résultats d'essai sont présentés dans [bib1].

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Températures sur la face supérieure et inférieure de la plaque proche de la torche

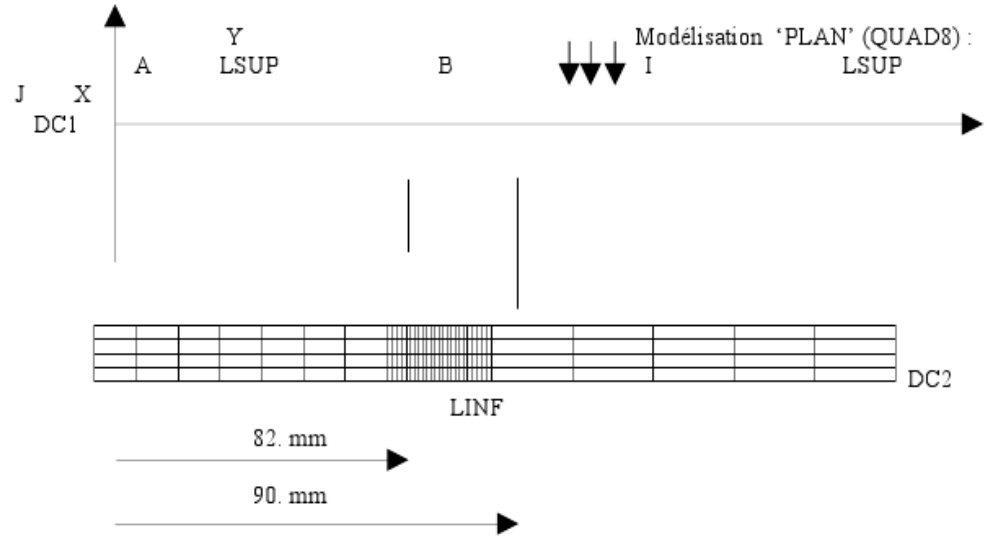
2.3 Références bibliographiques

- D. BUI : "Simulations thermiques par éléments finis de l'essai Varestraint", Note HI74/97/09

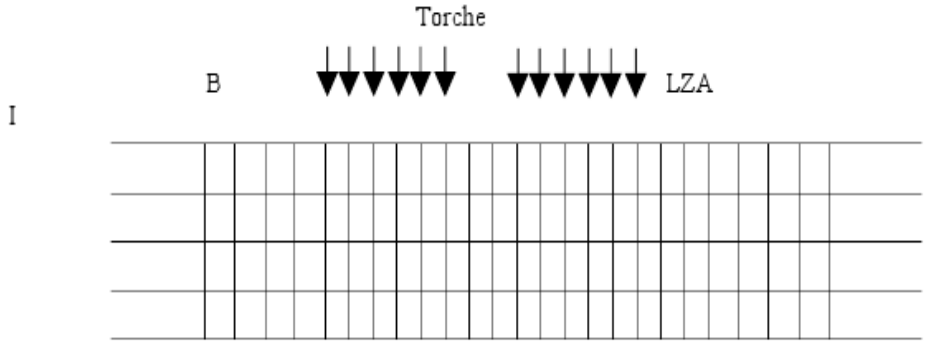
Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation



Zone centrale du maillage



Le centre de la torche est placé à $x=86.mm$ du bord gauche.

Conditions aux limites :

- Côté $DC1$: condition adiabatique ($flux=0$)
- Côté $DC2$: température imposée 20°C
- Surface supérieure LSUP : cette partie est composée des côtés AB et IJ
  Flux non linéaire imposé $QINOX$ (voir tableau et figure ci-dessous)
  Echange convectif : $h=15.10^{-6}W/(mm^{2.}°C)$, $T_{ext}=20°C$.
- Surface inférieure : LINF
  Flux non linéaire imposé $QINOX$ (voir tableau et figure ci-dessous)
  Echange convectif : $h=15.10^{-6}W/(mm^{2.}°C)$, $T_{ext}=20°C$.
- Vitesse de défilement de la pièce $V=-2.33\,mm/s$

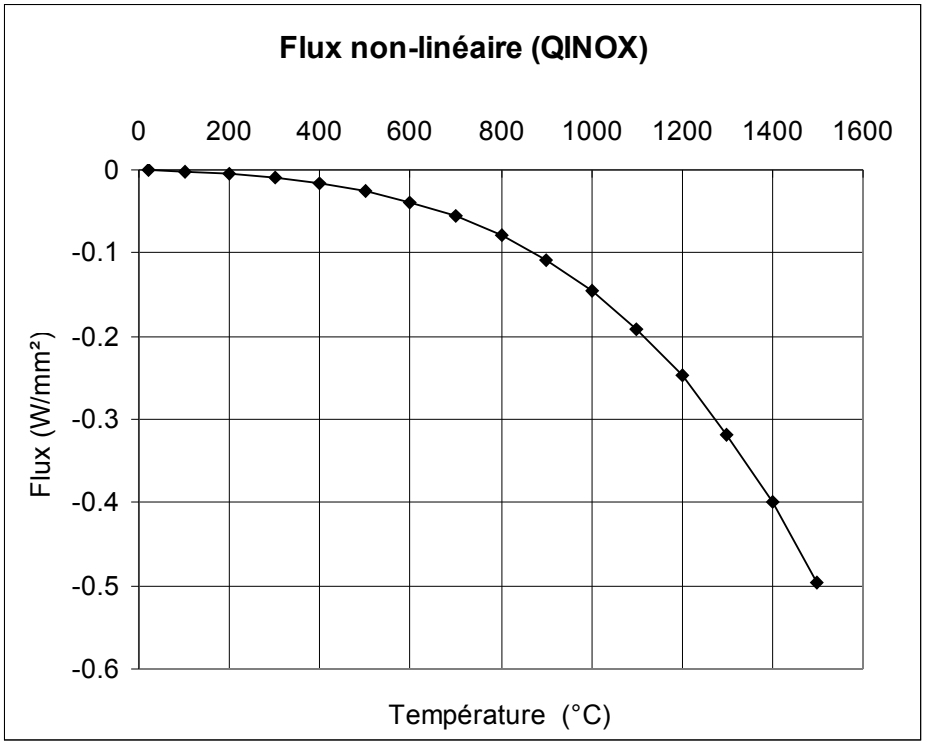
Chargement : Densité de flux apporté par la torche :

- Densité de flux imposé $Q=19.62\,W/mm^2$ sur le coté LZA ($B\rightarrow I$)

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

Température (°C)	$QINOX$ Flux non linéaire (W/mm^2)
20	0.00E+00
100	-1.76E-03
200	-5.04E-03
300	-9.80E-03
400	-1.63E-02
500	-2.59E-02
600	-3.89E-02
700	-5.64E-02

Température (°C)	$QINOX$ Flux non linéaire W/mm^2 ( )
800	-7.96E-02
900	-1.08E-01
1000	-1.46E-01
1100	-1.92E-01
1200	-2.48E-01
1300	-3.17E-01
1400	-3.99E-01
1500	-4.97E-01



3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de mailles : 144 (QUAD8)
Nombre de nœuds : 565

3.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Grandeur	Référence $(°C)$	Aster $(°C)$	% Différence
$N1(X=82,Y=0)$	$TEMP$	1755.0	1756.11	0.063
$N2(X=83,Y=0)$	$TEMP$	1920.0	1919.29	0.037
$N3(X=84,Y=0)$	$TEMP$	1910.0	1908.63	0.072
$N7(X=88,Y=0)$	$TEMP$	1494.0	1493.46	0.036
$N8(X=89,Y=0)$	$TEMP$	1300.0	1297.51	0.191
$N173(X=46.93,Y=0)$	$TEMP$	1160.0	1155.76	0.365
$N174(X=57.36,Y=0)$	$TEMP$	1215.0	1213.32	0.139

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

$N175(X=67.79, Y=0)$	TEMP	1295.0	1291.86	0.243
$N478(X=10.43, Y=-7)$	TEMP	1007.0	1001.09	0.587
$N522(X=52.14, Y=-7)$	TEMP	989.0	982.39	0.668
$N559(X=0, Y=-7)$	TEMP	980.0	973.92	0.621

3.4 Remarques

Dans le tableau ci-dessous nous présentons la position des nœuds dans le repère (xy) de la torche.

Nœuds situés sous la torche (Zone 1)	Nœuds situés à gauche de la torche (Zone 2)	Nœuds situés à gauche de la torche et en dessous de la plaque (Zone 3)
$N1: x=-4\,mm, y=0$	$N173: x=-39.0\,mm, y=0$	$N478: x=-86.0\,mm$
$N2: x=-3\,mm, y=0$	$N174: x=-28.6\,mm, y=0$	$N522: x=-81.0\,mm$
$N3: x=-2\,mm, y=0$	$N175: x=-18.2\,mm, y=0$	$N559: x=-18.2\,mm$
$N7: x=2\,mm, y=0$		
$N8: x=3\,mm, y=0$		

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