HSNS101 - Plaque carrée en traction et température variables. Contraintes planes intégrées par la méthode de DE BORST et une méthode directe.

Résumé :
Ce test, inspiré de celui proposé par l'IPSI pour la journée Phi2As du 30 Mars 2000 (test HSNV124) permet de valider la méthode de De Borst pour traiter la condition de contraintes planes pour un comportement non linéaire quelconque. En particulier, on teste ici la méthode pour les comportements VMIS_CINE_LINE, VMIS_CINE_GC, VMIS_CIN1_CHAB et VMIS_CIN2_CHAB, par comparaison à VMIS_ECMI_LINE, qui utilise une méthode d'intégration directe des contraintes planes. Tous les paramètres de ces différents modèles sont ajustés de façon à reproduire en fait le même comportement.

Quatre modélisations permettent de valider les contraintes planes (méthode de Borst).

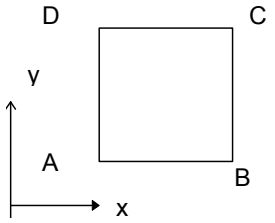
Les résultats sont comparés à ceux du test HSNV124 (référence analytique).

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Élément de volume matérialisé par une plaque carrée $ABCD$ de côté unitaire $1\,mm$:



1.2 Propriétés des matériaux

$E=2.10^5\,MPa$, $\nu=0.3$, $\alpha=2.10^5\,°C^{-1}$
Le matériau est élastoplastique avec un écrouissage cinématique linéaire :

$$\sigma=\pm\sigma_y(T)+C(T)\varepsilon^p$$

$SIGY=200.-1.7.\mathrm{T}$ (en Mpa)
Module d'écrouissage D_SIGM_EPSI = $C(T)=1000+2990.\mathrm{T}$ (en MPa)

1.3 Conditions aux limites et chargements

Tels que l'état de contraintes et de déformation soient uniformes dans l'élément de volume :
Point A bloqué en x et y .
$DY=0$ sur AB
Force répartie sur CD : Fy
Température uniforme T sur $ABCD$. La température de référence vaut $0\,°C$.

Fy et T varient en fonction du temps de la façon suivante :

instant t	0	1s	2s
$Fy(t)$	0	$210\,MPa$	$210\,MPa$
$T(t)$	0	$0\,°C$	$100\,°C$

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

Solution analytique pour la déformation plastique, identique au test HSNV124B.
Pour les déplacements (éléments de structure) : Comparaison avec les déplacements obtenus avec *Code_Aster* pour la modélisation A.

2.2 Résultats de référence

Évolution de la déformation plastique suivant y et du déplacement suivant y (la déformation plastique n'étant pas accessible pour les éléments de structure).
Déformation plastique :

$t=1\text{s}$ **(** $T=0\,°C$ **)** : $\varepsilon^p=1\,\%$

Chauffage : Déformation plastique constante jusqu'à $t=356/316=1.12658\text{s}\quad T=12.658\,°C$

Ensuite, la déformation plastique diminue pour atteindre à $t=2\text{s}\quad \varepsilon^p=0.08\,\%$

On teste aussi les composantes SIYY (constante) et SIZZ (nulle, si le calcul est bien effectué en contraintes planes).

$T(s)$	Déformation plastique EPYY	DY (mm)	SIYY (Mpa)	SIZZ (Mpa)
1	0.01	$1.105\,10^{-2}$	210	0
1.1	0.01	$1.115\,10^{-2}$	210	0
2	8.10^{-4}	$2.85\,10^{-3}$	210	0

2.3 Précision sur les résultats de référence

Analytique

2.4 Références bibliographique

1) IPSI : journée d'étude Phi2AS sur les comportements non linéaires des matériaux du 30 mars 2000

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation C_PLAN. Le comportement à écrouissage cinématique linéaire est modélisé de quatre façons :

- soit à l'aide du comportement VMIS_CINE_LINE, en prenant :
  D_SIGM_EPSI = $E.C(T)/(E+C(T))$ avec $C(T)=(1000+2990.\mathrm{T})$
- soit à l'aide du comportement VMIS_ECMI_LINE, en prenant :
  D_SIGM_EPSI = $E.C(T)/(E+C(T))$ et la constante de Prager $PRAG=2/3\,C(T)$
- soit à l'aide du comportement VMIS_CIN1_CHAB, en gardant uniquement l'écrouissage cinématique linéaire : Il suffit de prendre alors : $R_0=R_I=SIGY$, $b=0$, $C_I=C(T)$, $G_0=0$
- soit à l'aide du comportement VMIS_CIN2_CHAB, en choisissant les paramètres de telle façon que les deux variables cinématiques soient identiques : Il suffit de prendre alors : $R_0=R_I=SIGY$, $b=0$, $C1_I=C2_I=C(T)/2$, $G1_0=G2_0=0$

Discrétisation temporelle : 1 pas de temps entre $t=0\mathrm{s}$ et $t=1\mathrm{s}$ et 40 pas de temps entre $t=1\mathrm{s}$ et $t=2\mathrm{s}$.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage comporte une maille QUAD4

3.3 Grandeurs testées et résultats

Comportement	Instant	Déformation et contraintes	Référence	*Aster*	% différence
VMIS_CINE_LINE	1.1	EPYY	0.01	0.01	0.
	2	EPYY	8.E–4	8.E–4	0
	1.	SIYY	210	210	0
	1	SIZZ	0.	5.e–7	5.e–7
VMIS_ECMI_LINE	t1 = 1.1	EPYY	0.01	0.01	0.
	2	EPYY	8.E–4	8.E–4	0
	1.	SIYY	210	210	0
	1	SIZZ	0.	0.	0.
VMIS_CIN1_CHAB	t1 = 1.1	EPYY	0.01	0.01	0.
	2	EPYY	8.E–4	8.E–4	0
	1.	SIYY	210	210	0
	1	SIZZ	0.	5.e–7	5.e–7
VMIS_CIN2_CHAB	t1 = 1.1	EPYY	0.01	0.01	0.
	2	EPYY	8.E–4	8.E–4	0
	1.	SIYY	210	210	0
	1	SIZZ	0.	2.8.e–5	2.8.e–5

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation DKT. Epaisseur unité (pour retrouver les mêmes solutions de référence que le cas C_PLAN). Le comportement à écrouissage cinématique linéaire est modélisé de quatre façons :

- soit à l'aide du comportement VMIS_CINE_LINE, en prenant :
  D_SIGM_EPSI = $E.C(T)/(E+C(T))$ avec $C(T)=(1000+2990.T)$
- soit à l'aide du comportement VMIS_ECMI_LINE, en prenant :
  D_SIGM_EPSI = $E.C(T)/(E+C(T))$ et la constante de Prager $PRAG=2/3\,C(T)$
- soit à l'aide du comportement VMIS_CIN1_CHAB, en gardant uniquement l'écrouissage cinématique linéaire : Il suffit de prendre alors : $R_0=R_I=SIGY$, $b=0$, $C_I=C(T)$, $G_0=0$
- soit à l'aide du comportement VMIS_CIN2_CHAB, en choisissant les paramètres de telle façon que les deux variables cinématiques soient identiques : Il suffit de prendre alors : $R_0=R_I=SIGY$, $b=0$, $C1_I=C2_I=C(T)/2$, $G1_0=G2_0=0$

Discrétisation temporelle : 1 pas de temps entre $t=0\,s$ et $t=1\,s$ et 40 pas de temps entre $t=1\,s$ et $t=2\,s$.

4.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage comporte une maille QUAD4 et deux mailles TRIA3

4.3 Grandeurs testées et résultats

Comportement	Instant	Déplacement et effort	Référence	*Aster*	% différence
VMIS_CINE_LINE	1	NYY	210	210	0
	1	DY	1.105 10^{-2}	1.105 10^{-2}	0
	1.1	DY	1.115 10^{-2}	1.115 10^{-2}	0
	2	DY	2.85 10^{-3}	2.85 10^{-3}	0
VMIS_ECMI_LINE	1	NYY	210	210	0
	1	DY	1.105 10^{-2}	1.105 10^{-2}	0
	1.1	DY	1.115 10^{-2}	1.115 10^{-2}	0
	2	DY	2.85 10^{-3}	2.85 10^{-3}	0
VMIS_CIN1_CHAB	1	NYY	210	210	0
	1	DY	1.105 10^{-2}	1.105 10^{-2}	0
	1.1	DY	1.115 10^{-2}	1.115 10^{-2}	0
	2	DY	2.85 10^{-3}	2.85 10^{-3}	0
VMIS_CIN2_CHAB	1	NYY	210	210	0
	1	DY	1.105 10^{-2}	1.105 10^{-2}	0
	1.1	DY	1.115 10^{-2}	1.115 10^{-2}	0
	2	DY	2.85 10^{-3}	2.85 10^{-3}	0

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

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation COQUE_3D. Epaisseur unité (pour retrouver les mêmes solutions de référence que le cas C_PLAN). Le comportement à écrouissage cinématique linéaire est modélisé de quatre façons :

- soit à l'aide du comportement VMIS_CINE_LINE, en prenant :
  D_SIGM_EPSI = $E.C(T)/(E+C(T))$ avec $C(T)=(1000+2990.\mathrm{T})$
- soit à l'aide du comportement VMIS_ECMI_LINE, en prenant :
  D_SIGM_EPSI = E.C(T) / (E+C(T)) et la constante de Prager $PRAG=2/3\,C(T)$
- soit à l'aide du comportement VMIS_CIN1_CHAB, en gardant uniquement l'écrouissage cinématique linéaire : Il suffit de prendre alors : $R_0=R_I=SIGY$, $b=0$, $C_I=C(T)$, $G_0=0$
- soit à l'aide du comportement VMIS_CIN2_CHAB, en choisissant les paramètres de telle façon que les deux variables cinématiques soient identiques : Il suffit de prendre alors :
  $R_0=R_I=SIGY$, $b=0$, $C1_I=C2_I=C(T)/2$, $G1_0=G2_0=0$

Discrétisation temporelle : 1 pas de temps entre $t=0\mathrm{s}$ et $t=1\mathrm{s}$ et 40 pas de temps entre $t=1\mathrm{s}$ et $t=2\mathrm{s}$.

5.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage comporte une maille QUAD8

5.3 Grandeurs testées et résultats

Comportement	Instant	Déplacement et effort	Référence	*Aster*	% différence
VMIS_CINE_LINE	1	NYY	210	210	0
	1	DY	1.105 10 $^{-2}$	1.105 10 $^{-2}$	0
	1.1	DY	1.115 10 $^{-2}$	1.115 10 $^{-2}$	0
	2	DY	2.85 10 $^{-3}$	2.85 10 $^{-3}$	0
VMIS_ECMI_LINE	1	NYY	210	210	0
	1	DY	1.105 10 $^{-2}$	1.105 10 $^{-2}$	0
	1.1	DY	1.115 10^{-2}	1.115 10^{-2}	0
	2	DY	2.85 10^{-3}	2.85 10^{-3}	0
VMIS_CIN1_CHAB	1	NYY	210	210	0
	1	DY	1.105 10 $^{-2}$	1.105 10 $^{-2}$	0
	1.1	DY	1.115 10^{-2}	1.115 10^{-2}	0
	2	DY	2.85 10^{-3}	2.85 10^{-3}	0
VMIS_CIN2_CHAB	1	NYY	210	210	0
	1	DY	1.105 10 $^{-2}$	1.105 10 $^{-2}$	0
	1.1	DY	1.115 10^{-2}	1.115 10^{-2}	0
	2	DY	2.85 10^{-3}	2.85 10^{-3}	0

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

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation TUYAU. Section unité (pour retrouver les mêmes solutions de référence que le cas C_PLAN). Le comportement à écrouissage cinématique linéaire est modélisé de quatre façons :

- soit à l'aide du comportement VMIS_CINE_LINE, en prenant :
  D_SIGM_EPSI = $E.C(T)/(E+C(T))$ avec $C(T)=(1000+2990.\mathrm{T})$
- soit à l'aide du comportement VMIS_ECMI_LINE, en prenant :
  D_SIGM_EPSI = $E.C(T)/(E+C(T))$ et la constante de Prager $PRAG=2/3\,C(T)$
- soit à l'aide du comportement VMIS_CIN1_CHAB, en gardant uniquement l'écrouissage cinématique linéaire : Il suffit de prendre alors : $R_0=R_I=SIGY$, $b=0$, $C_I=C(T)$, $G_0=0$
- soit à l'aide du comportement VMIS_CIN2_CHAB, en choisissant les paramètres de telle façon que les deux variables cinématiques soient identiques : Il suffit de prendre alors : $R_0=R_I=SIGY$, $b=0$, $C1_I=C2_I=C(T)/2$, $G1_0=G2_0=0$

Discrétisation temporelle : 1 pas de temps entre $t=0\mathrm{s}$ et $t=1\mathrm{s}$ et 40 pas de temps entre $t=1\mathrm{s}$ et $t=2\mathrm{s}$.

6.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage comporte une maille SEG3

6.3 Grandeurs testées et résultats

Comportement	Instant	Déplacement et contrainte	Référence	*Aster*	% différence
VMIS_CINE_LINE	1	SIXX	210	210	0
	1	DY	1.105 10 $^{-2}$	1.105 10 $^{-2}$	0
	1.1	DY	1.115 10 $^{-2}$	1.115 10 $^{-2}$	0
	2	DY	2.85 10 $^{-3}$	2.85 10 $^{-3}$	0
VMIS_ECMI_LINE	1	SIXX	210	210	0
	1	DY	1.105 10 $^{-2}$	1.105 10 $^{-2}$	0
	1.1	DY	1.115 10^{-2}	1.115 10^{-2}	0
	2	DY	2.85 10^{-3}	2.85 10^{-3}	0
VMIS_CIN1_CHAB	1	SIXX	210	210	0
	1	DY	1.105 10 $^{-2}$	1.105 10 $^{-2}$	0
	1.1	DY	1.115 10^{-2}	1.115 10^{-2}	0
	2	DY	2.85 10^{-3}	2.85 10^{-3}	0
VMIS_CIN2_CHAB	1	SIXX	210	210	0
	1	DY	1.105 10 $^{-2}$	1.105 10 $^{-2}$	0
	1.1	DY	1.115 10^{-2}	1.115 10^{-2}	0
	2	DY	2.85 10^{-3}	2.85 10^{-3}	0

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

Autres résultats avec le comportement VMIS_ECMI_LINE:

Instant	Maille/Point/ Sous-point	Champ Composante	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance (%)
1.975	M1/1/1	EPSI/EPXX	'NON_REGRESSION'	-	-
1.975	M1/1/1	EPSI/EPYY	'NON_REGRESSION'	-	-
1.975	M1/1/1	EPVC/EPTHER_L	'ANALYTIQUE'	9.75E-4	0,1
1.975	M1/1/1	EPME/EPXX	'NON_REGRESSION'	-	-
1.975	M1/1/1	EPME/EPYY	'NON_REGRESSION'	-	-
1.975	M1/1/1	SIEF/SIXX	'NON_REGRESSION'	-	-
1.975	M1/1/1	SIEF/SIYY	'NON_REGRESSION'	-	-
1.975	M1/1/1	EPSP/EPXX	'NON_REGRESSION'	-	-
1.975	M1/1/1	EPSP/EPYY	'NON_REGRESSION'	-	-

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

7 Modélisation E

7.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation DKT. Épaisseur unité (pour retrouver les mêmes solutions de référence que le cas C_PLAN). Le comportement est écrouissage cinématique linéaire est modélisé par le comportement VMIS_CINE_GC, en prenant :

D_SIGM_EPSI = $E.C(T)/(E+C(T))$ avec $C(T)=(1000+2990.\mathrm{T})$

SIGM_LIM = 200, EPSI_LIM=2.0E-03

Discrétisation temporelle : 1 pas de temps entre $t=0\mathrm{s}$ et $t=1\mathrm{s}$ et 40 pas de temps entre $t=1\mathrm{s}$ et $t=2\mathrm{s}$.

7.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage comporte une maille QUAD4 et deux mailles TRIA3

7.3 Grandeurs testées et résultats

Comportement	Instant	Déplacement et effort	Référence	*Aster*
VMIS_CINE_GC	1.0	NYY	210.0	210.0
	1.0	DY	1.105E-02	1.105E-02
	1.1	DY	1.115E-02	1.115E-02
	2.0	DY	2.850E-03	2.850E-03

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

8 Synthèse des résultats

Ce test permet de mettre en évidence la bonne prise en compte des contraintes planes pour les comportements élasto-plastiques VMIS_ISOT_TRAC, VMIS_CINE_LINE, VMIS_CIN1_CHAB, et VMIS_CIN2_CHAB.

Les résultats sont identiques à la solution analytique. Les contraintes $SIZZ$ qui doivent être nulles si l'hypothèse des contraintes planes est vérifiée le sont effectivement à convergence des itérations de Newton avec une bonne précision ($SIZZ = 2.8.\mathrm{E}-5\ MPa$ au maximum, en comparaison de $SIYY = 210\ MPa$), et ceci pour un temps CPU et un nombre d'itérations voisin.

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