SSNV266 – Validation de la loi d'endommagement GTN viscoplastique à gradient avec des simulations d'un barreau

Résumé :

Ce cas-test, très fortement inspiré du SSNV256, permet de valider l'algorithme d'intégration de la loi d'endommagement de Gurson – Tvergaard – Needleman (GTN) en viscoplasticité à gradient avec les éléments finis standard sous-intégrés. On y modélise un barreau contenant 10 éléments finis.

M odélisations traitée :

- **Modélisation A** ($3D$) : 3D_GRAD_VARI

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Selon la modélisation $2D$ (déformation plane) ou $3D$, on considère respectivement un rectangle ou un barreau (voir Figure. 1.1-1).

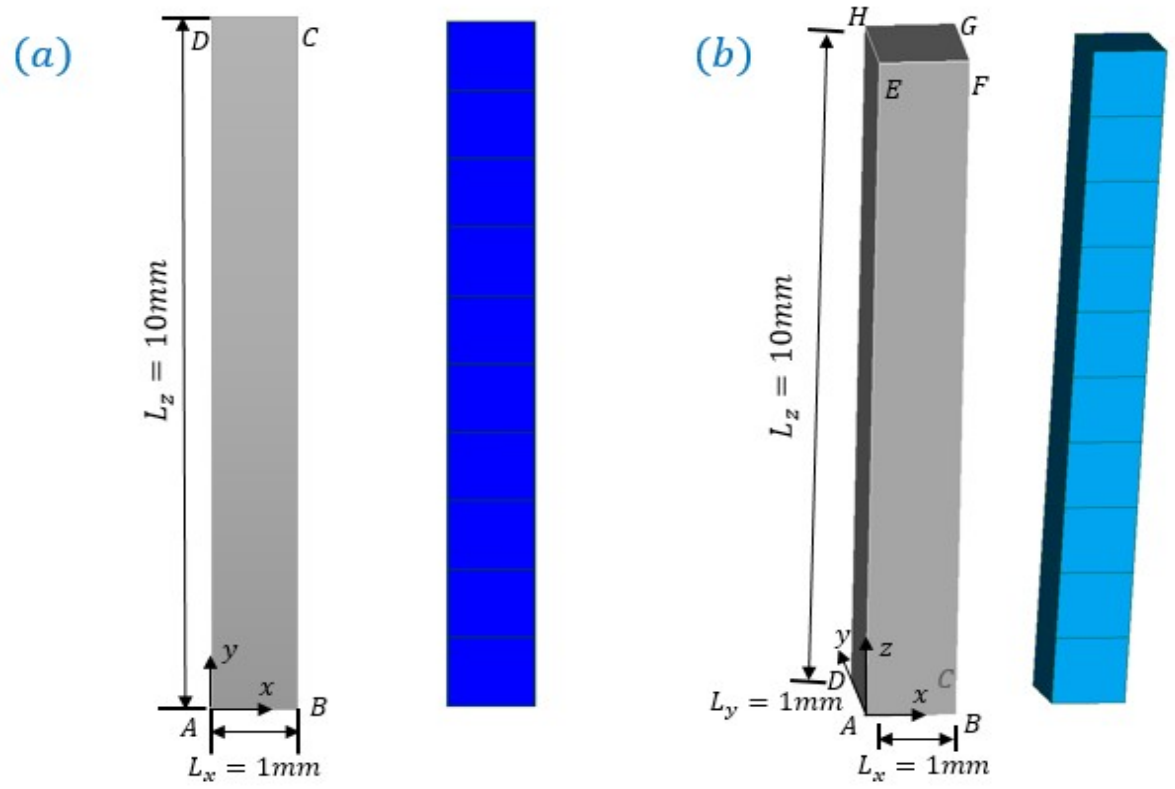


Figure 1.1-a: Géométrie et Maillage d'un rectangle (a) et d'un barreau (b)

1.2 Propriétés du matériau

Élasticité :

$E = 190\,000\ \mathrm{MPa}$	Module d'Young
$\nu = 0.3$	Coefficient de Poisson

Courbe d'écrouissage :

$$R(\kappa) = 488.36 + 57.13\left(1 - \exp(-8613\,\kappa)\right) + 238.73\left(1 - \exp(-10.39\,\kappa)\right)$$

Loi d'endommagement ductile GTN :

$q_1 = 1.5$	Paramètre du modèle GTN
$q_2 = 1.07$	Paramètre du modèle GTN
$f_0 = 0.0002\,i$	Porosité initial
$f_n = 0$	Paramètre de germination
$f_c = 0.05$	Porosité de coalescence

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

$\delta = 3$	Coefficient d'accélération lié à la coalescence
$c = 1\ N$	Paramètre non local
$r = 5000\ MPa$	Paramètre de pénalisation de Lagrange

Paramètres de Norton dans le cas viscoplastique (modélisation C) :

$n = 14$	Exposant de la loi de Norton
$K = 150\ MPa\,.\,s^{1/14}$	Coefficient de la loi de Norton

En particulière, la distribution de la porosité initiale n'est pas homogène. Elle augmente avec l'altitude : $f_0 = 0.0002\,i$ où i désigne le i-ème couche d'élément et $1 \leq i \leq 10$.

Dans DEFI_MATERIAU, les informations suivantes doivent être renseignées :

ELAS	ECRO_NL	GTN	NON_LOCAL	NORTON
E = 190000	R0 = 488.361	Q1 = 1.5	C_GRAD_VARI = 1	N = 14
NU = 0. 3	R1 = 57.133	Q2 = 1.07	PENA_LAGR =5000	K = 150
	GAMMA_1 = 8613	PORO_INIT = 0.0002i		
	R2 = 238.731	COAL_PORO = 0.05		
	GAMMA_2=10.386	COAL_ACCE = 3		

1.3 Conditions aux limites et chargements

Pour la modélisation $2D$ (axisymétrique), les déplacements selon l'axe X de tous les nœuds sont contrôleé : $u_x = 1.22\,x$, les déplacements selon l'axe Y des nœuds de même altitude restent uniformes, le nœud A est bloqué selon l'axe Y (voir Figure 1.1-1(a) pour la géométrie).

Pour la modélisation $3D$, les déplacements selon l'axe X et les déplacements selon Y de tous les nœuds sont contrôlés : $u_x = 1.22\,x$ et $u_y = 1.22\,y$, les déplacements selon l'axe Z des nœuds de même altitude restent uniformes, le nœud A est bloqué selon Z . (voir Figure 1.1-1(b) pour la géométrie).

Les conditions aux limites et les chargements sont imposés de cette façon de sorte que le problème en $2D$ et celui en $3D$ soient identiques entre eux.

L' application du chargement est réalisée à vitesse constante pendant 1 000 s. O n impose des pas de temps de 1 s chacun .

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

2 Solution de référence

2.1 Résultats de référence

Les résultats de référence sont obtenus via un calcul par le code éléments finis Zset.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 3D_GRAD_VARI .

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est obtenu par SALOME.
Nombre de nœuds : 128.
Nombre et types de mailles : 10 HEXA20, 51 QUAD8, 84 SEG3.

3.3 Grandeurs testées et résultats

On récupère des valeurs suivantes à l'instant 0.5 et 0.8 : la contrainte σ_{xx} ('SIEF_ELGA', 'SIXX') , la variable d'écrouissage κ ('VARI_ELGA', 'V1') et la porosité f ('VARI_ELGA', 'V2') de deux points d'intégration. Le premier point d'intégration est celui le plus proche du nœud A (on le note $G1$), le deuxième est celui le plus éloigné du nœud A (on le note $G2$).

Le tableau suivant r assemble l es valeurs t estées et les résultats de référence obtenus avec Zset .

INST	Point d'intégration	Identification	Valeur de référence	Type	Tolérance
800	G1	SIXX	8.486553e+02	SOURCE_EXTERNE	1 %
800	G2	SIXX	4.573060e+02	SOURCE_EXTERNE	1 %
800	G1	V1	1.354594e+00	SOURCE_EXTERNE	1 %
800	G2	V1	1.281799e+00	SOURCE_EXTERNE	1 %
800	G1	V2	1.253826e-02	SOURCE_EXTERNE	1 %
800	G2	V2	1.172660e-01	SOURCE_EXTERNE	1 %

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

4 Synthèse des résultats

Ce cas-test est réalisé sur un barreau en 3D. Les résultats sont en excellent accord avec ceux obtenus par un calcul avec le code par éléments finis Zset.

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