SSNV183 - Essai de fluage avec le modèle VENDOCHAB

Résumé :

Le modèle VENDOCHAB, reprend une formulation proposée par Chaboche. Il s'agit d'une formulation couplée qui couvre une loi élasto-viscoplastique avec écrouissage isotrope multiplicatif et une cinétique d'endommagement isotrope. Cette loi a été initialement développée pour prédire la durée de vie et la fissuration des aubes des turboréacteurs et plus généralement pour prévoir le temps de ruine des structures sollicitées à hautes températures.

Ce test de mécanique quasi-statique non linéaire permet de valider le modèle VENDOCHAB en 3D dans le cas d'une éprouvette soumise à un essai de fluage uniaxial isotherme. Les états de contrainte et de déformation sont homogènes dans l'éprouvette. Ce test valide l'intégration explicite de ce modèle. Les équations de cette formulation couplée sont décrites dans le fascicule de référence [R5.03.15].

La modélisation de l'éprouvette est réalisée avec un élément 3D à 8 nœuds (HEXA8).

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

La géométrie est choisie volontairement simple, pour traduire un état de contrainte et de déformation homogène, comme c'est le cas en fluage uniaxial. Il s'agit ici d'un élément de volume représenté par un cube de côté $3\,mm$. La modélisation est volumique et le fluage se fait à contrainte imposée.

1.2 Propriétés du matériau

Les caractéristiques sont les suivantes :

Mot clé ELAS :

- $YOUNG = 150000.0\ MPa$
- $NU = 0.30$

Mot clé VENDOCHAB :

- $S_{VP} = 0.$
- $SEDVP1 = 0.$
- $SEDVP2 = 0.$
- $N_{VP} = 12.$
- $M_{VP} = 9.$
- $K_{VP} = 2110.$
- $A_D = 3191.$
- $R_D = 6.3$
- $K_D = 14$

1.3 Conditions aux limites et chargements

$DZ = 0$ sur le côté inférieur ($Z = 0$)
$DY = 0$ sur le côté gauche ($Y = 0$)
$DX = 0$ sur le côté arrière ($X = 0$)

Pression de $200\,MPa$ imposée sur la surface supérieure, telle que :
$P = 0$ à $t = 0\text{s}$
$P = 200\,MPa$ à $t = 0.1\text{s}$
$P = 200\,MPa$ jusqu'à $t = 2.5\,10^6\,s$

Ceci correspond à un essai de fluage uniaxial sous un chargement constant de $200\,MPa$.

1.4 Conditions initiales

Contraintes et déformations nulles.

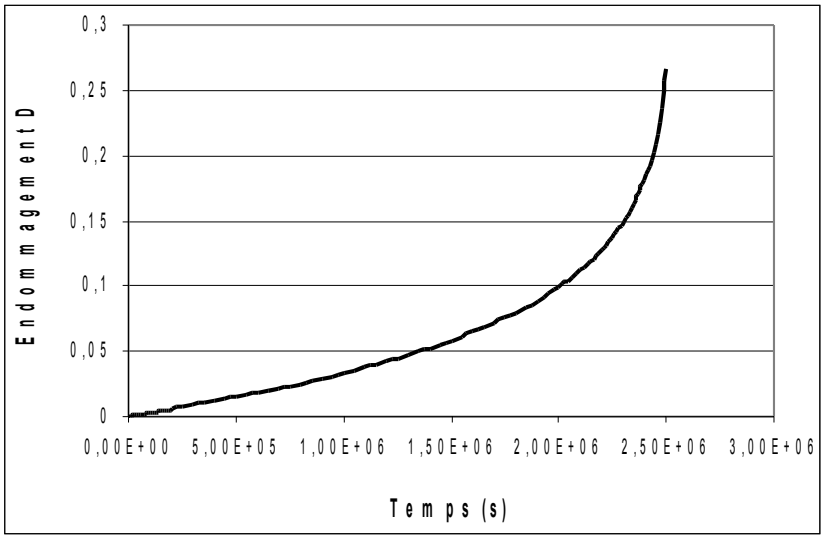
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

Solution analytique pour la variable d'endommagement D :

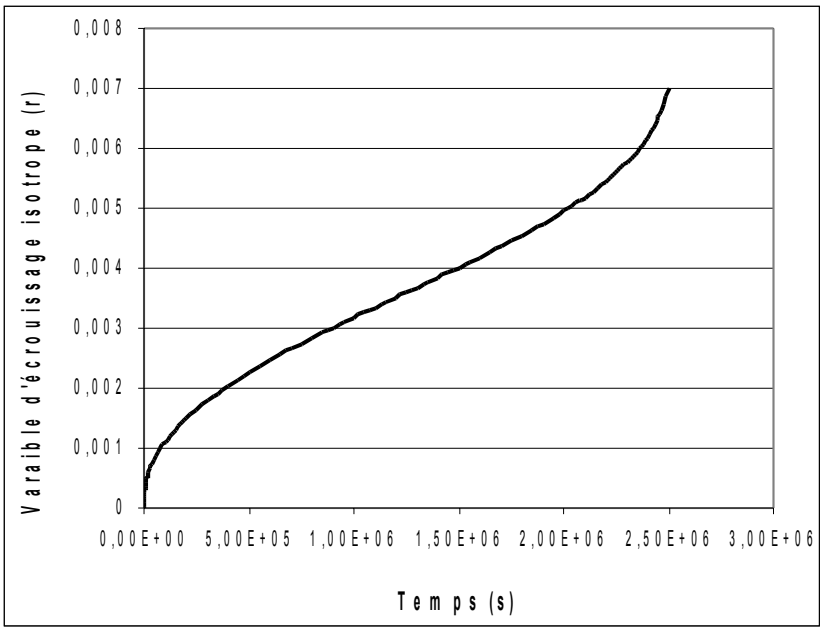
$$D(t)=1-\left(1-(1+k)\left(\frac{\sigma_0}{A}\right)^R t\right)^{\frac{1}{1+k}}$$



Solution analytique pour la variable d'écrouissage isotrope viscoplastique, r , dans le cas d'un seuil σ_Y nul :

$$r(t)=\left[\frac{(M+N)}{M(1+k-N)}\left(\frac{\sigma_0}{A}\right)^{-R}\left(\frac{\sigma_0}{K}\right)^N\left(1-\left(1-(1+k)\left(\frac{\sigma_0}{A}\right)^R t\right)^{\frac{1+k-N}{1+k}}\right)\right]^{\frac{M}{M+N}}$$

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



Dans les expressions précédentes, D est la variable d'endommagement correspondant à la variable interne $V9$ et r est la variable d'écrouissage viscoplastique multiplicatif correspondant à la variable interne $V8$.

On a également la correspondance suivantes, par rapports aux paramètres du mot clé VENDOCHAB :

$N = N_{VP}$
$M = M_{VP}$
$K = K_{VP}$
$A = A_D$
$R = R_D$
$k = K_D$

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Évolution de la variable d'endommagement, D, en fonction du temps. On teste cette valeur à différents instants :

Instant	Référence
520000	1.52596E-02
1000000	3.30676E-02
2000000	9.9465369E-02
2250000	1.37520763E-01
2500000	2.66018229E-01

Évolution de la variable d'écrouissage isotrope viscoplastique, r, en fonction du temps. On teste cette valeur à différents instants :

Instant	Référence
520000	2.300147E-03
1000000	3.179469E-03
2000000	4.95103E-03
2250000	5.592847E-03
2500000	6.99749E-03

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

L'écart observé sur D pour $t=2.510^6 s$ est dû à la très forte non linéarité de l'évolution de la variable d'endommagement.

2.3 Incertitudes sur la solution

Précision des codes

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

La discrétisation en temps est assez fine :

```
( JUSQU_A = 2,          NOMBRE = 10),
( JUSQU_A = 2.,         NOMBRE = 10),
( JUSQU_A = 20.,        NOMBRE = 10),
( JUSQU_A = 200.,       NOMBRE = 10),
( JUSQU_A = 2000.,      NOMBRE = 10),
( JUSQU_A = 20000.,     NOMBRE = 10),
( JUSQU_A = 200000.,    NOMBRE = 10),
( JUSQU_A = 1000000.,   NOMBRE = 30),
( JUSQU_A = 1600000.,   NOMBRE = 30),
( JUSQU_A = 1700000.,   NOMBRE = 40),
( JUSQU_A = 1800000.,   NOMBRE = 40),
( JUSQU_A = 1900000.,   NOMBRE = 40),
( JUSQU_A = 2000000.,   NOMBRE = 40),
( JUSQU_A = 2100000.,   NOMBRE = 40),
( JUSQU_A = 2200000.,   NOMBRE = 40),
( JUSQU_A = 2300000.,   NOMBRE = 40),
( JUSQU_A = 2400000.,   NOMBRE = 40),
( JUSQU_A = 2500000.,   NOMBRE = 40),
```

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 8
Nombre de mailles : 1 (HEXA8)

3.3 Grandeurs testées et résultats

Évolution de la variable d'endommagement, D, en fonction du temps. On teste cette valeur à différents instants :

Instant	Référence
520000	1.52596E-02
1000000	3.30676E-02
2000000	9.9465369E-02
2250000	1.37520763E-01
2500000	2.66018229E-01

Évolution de la variable d'écrouissage isotrope viscoplastique, r, en fonction du temps. On teste cette valeur à différents instants :

Instant	Référence
520000	2.300147E-03
1000000	3.179469E-03
2000000	4.95103E-03
2250000	5.592847E-03
2500000	6.99749E-03

3.4 Remarques

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

L'écart observé sur D pour $t=2.5 10^6 s$ est dû à la très forte non linéarité de l'évolution de la variable d'endommagement.

4 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus avec *Code_Aster* sont proches de la solution analytique de référence puisque l'écart avec la solution de référence est inférieur à 1.2% et généralement inférieur à $0.4\ \%$ avant la forte non-linéarité conduisant à la rupture finale.

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