

Manuel de Validation**Fascicule V6.04 : Statique non linéaire des structures volumiques****Document : V6.04.183**

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).

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 = 0s

P = 200 MPa à t = 0.1s

P = 200 MPa jusqu'à t = 2.5 10⁶s

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

1.4 Conditions initiales

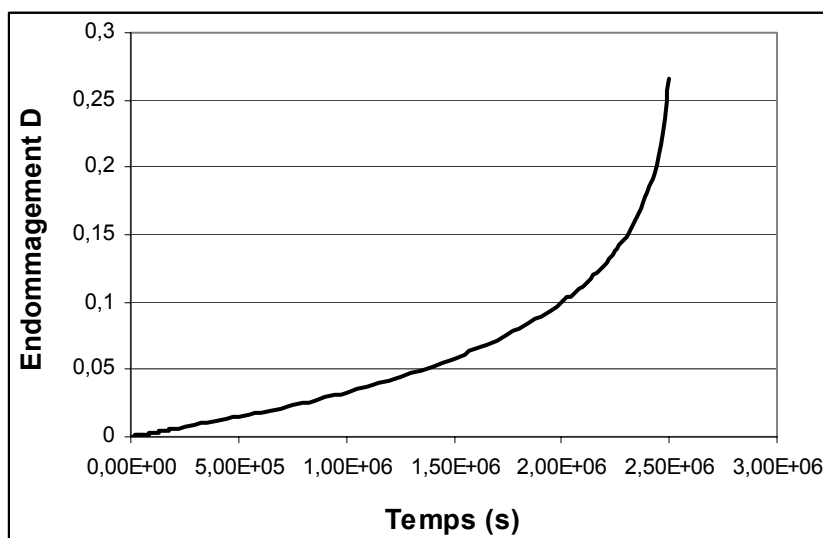
Contraintes et déformations nulles.

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

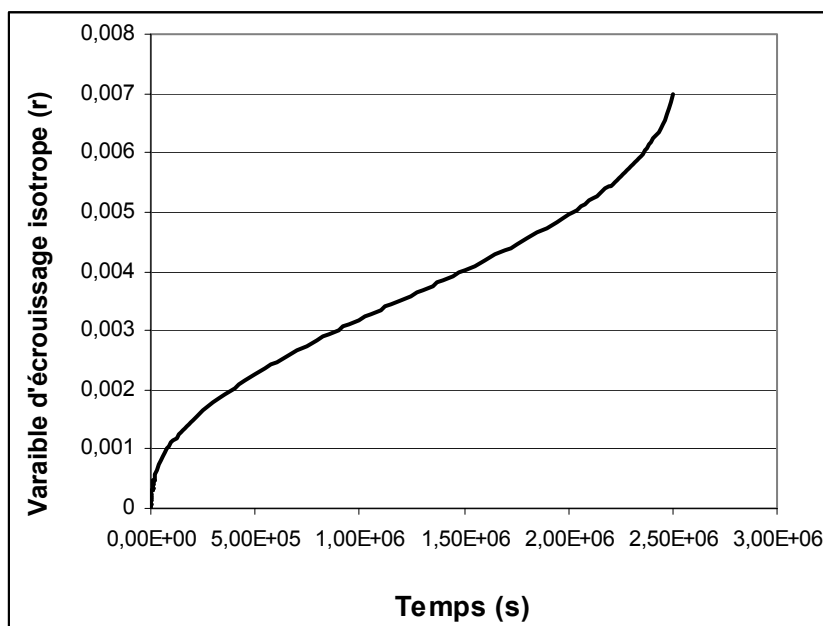
Solution analytique pour la variable d'endommagement D :

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



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

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



Dans les expressions précédentes, D est la variable d'endommagement correspondant à la variable interne VARI_9 et r est la variable d'érouissage viscoplastique multiplicatif correspondant à la variable interne VARI_8.

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

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

Instant	Référence	Aster	% différence
520000	1.52596E-02	1.52081E-02	-0.34
1000000	3.30676E-02	3.29962E-02	-0.22
2000000	9.9465369E-02	9.92747E-02	-0.19
2250000	1.37520763E-01	1.37173E-01	-0.25
2500000	2.66018229E-01	2.62867E-01	-1.18

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

Instant	Référence	Aster	% différence
520000	2.300147E-03	2.29431E-03	-0.25
1000000	3.179469E-03	3.17481E-03	-0.15
2000000	4.95103E-03	4.94641E-03	-0.09
2250000	5.592847E-03	5.58683E-03	-0.11
2500000	6.99749E-03	6.97181E-03	-0.37

L'écart observé sur D pour $t = 2.5 \cdot 10^6$ 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

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 Fonctionnalités testées

Commandes

DEFI_MATERIAU	VENDOCHAB		
STAT_NON_LINE	COMP_INCR	RELATION	VENDOCHAB
		DEFORMATION	PETIT
		NEWTON	MATRICE = 'ELASTIQUE'
		CONVERGENCE	RESO_INTE = 'RUNGE_KUTTA_2'

3.4 Grandeurs testées et résultats

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

Instant	Référence	Aster	% différence
520000	1.52596E-02	1.52081E-02	-0.34
1000000	3.30676E-02	3.29962E-02	-0.22
2000000	9.9465369E-02	9.92747E-02	-0.19
2250000	1.37520763E-01	1.37173E-01	-0.25
2500000	2.66018229E-01	2.62867E-01	-1.18

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

Instant	Référence	Aster	% différence
520000	2.300147E-03	2.29431E-03	-0.25
1000000	3.179469E-03	3.17481E-03	-0.15
2000000	4.95103E-03	4.94641E-03	-0.09
2250000	5.592847E-03	5.58683E-03	-0.11
2500000	6.99749E-03	6.97181E-03	-0.37

3.5 Remarques

L'écart observé sur D pour $t = 2.5 \cdot 10^6$ 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.