SSNV179 - Cube sous fluage via la loi LEMA_SEUIL

Résumé :

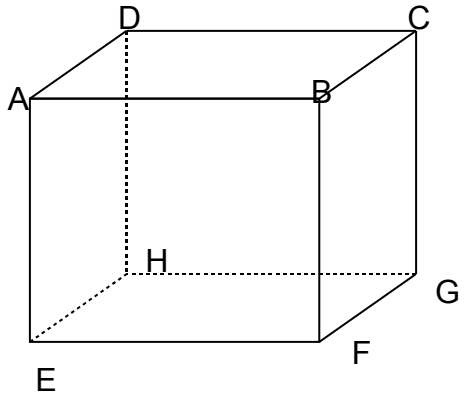
Ce test a pour but de valider la loi LEMA_SEUIL dérivée de la loi de LEMAITRE classique. En particulier, nous nous attarderons sur l'activation du seuil propre à cette loi. On réalise donc un essai de fluage sur une géométrie simple à savoir ici un cube.

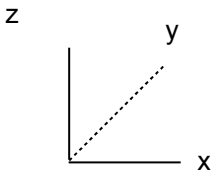
Une modélisation 3D avec des éléments HEXA8 est disponible actuellement.

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





Coordonnées des points :

A	B	C	D	E	F	G	H
0.	1.	1.	0.	0.	1.	1.	0.
0.	0.	1.	1.	0.	0.	1.	1.
0.	0.	0.	0.	-1.	-1.	-1.	-1.

1.2 Propriétés de matériaux

Propriétés élastiques :

$E = 165000\,MPa$

$\nu = 0.3$

Propriétés visqueuses :

Loi de LEMA_SEUIL

$A = 14.143\,10^{-13}\,MPa^{-1}.neutron^{-1}$
$S = 0.0788\,10^{10}\,MPa^{-1}.s^{-1}$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Force surfacique :

$F = 220\,MPa$

Irradiation :
Flux d'irradiation : $1.85\,10^{15}\,neutrons.cm^{2}.s^{-1}$.

Déplacements imposés :

Nœud A : $DX = DY = DZ = 0$.
Nœud E : $DX = DY = 0$.
Nœud D et nœud H : $DX = 0$.

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

Sur le premier incrément de temps la force passe de 0 à sa valeur maximale $220\,MPa$ linéairement par rapport au temps pour ensuite être maintenu constante sur toute la durée de l'expérience.

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 utilisée pour la solution de référence

Le but de la solution de référence est de calculer analytiquement la valeur du seuil à partir duquel le fluage apparaît.
Quelques résultats de non régression sur les déplacements au dernier pas de temps sont rajoutés pour vérifier la rigidité globale du système.

Pour le calcul analytique du seuil on a :

Tant que la structure reste élastique et du fait des conditions aux limites, le tenseur des contraintes s'écrit :

Pour le premier pas de temps compris entre 0 et $106\,s$
$\sigma_{xx}(t) = 2.2\ 10^{-4} t$, t en seconde et σ_{xx} en MPa . Les autres composantes du tenseur sont nulles.
Pour les autres pas de temps, $\sigma_{xx} = 220\,MPa$

Or on a :

$$D = \frac{1}{S}\int_0^t \sigma_{eq}(u)du$$

Soit comme dans ce cas $\sigma_{eq} = \sigma_{xx}$, on obtient de façon immédiate en résolvant $D=1$ la valeur du temps à partir duquel se déclare le fluage : $t_1 = 4.0818181810^6 s$

Ainsi pour un temps égal à t_1 , les déformations visqueuses sont nulles et D vaut 1.

2.2 Résultats de référence

Variable interne $V1$ et $V2$ au point A , B , C et E ainsi que le déplacement du point B au dernier pas de temps

2.3 Références bibliographiques

1) P. DE BONNIERES : Intégration des relations viscoélastiques dans STAT_NON_LINE [R5.03.08] février 2001

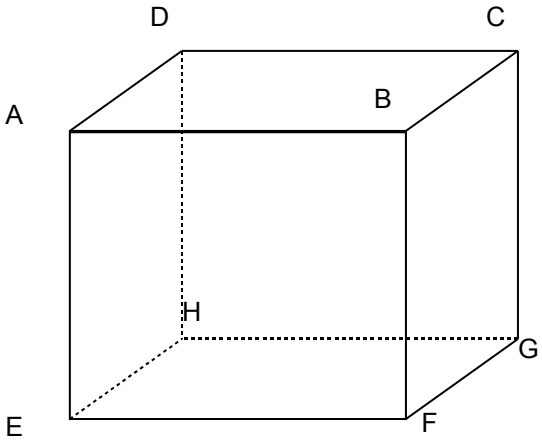
Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

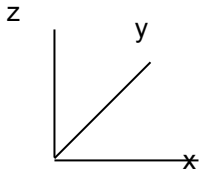
3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Eléments 3D (HEXA8)

Un seul élément a été modélisé pour représenter le cube





Suivant l'axe Z : 1 couche d'éléments
Epaisseur totale : 1

Conditions limites :

Nœud A	$DX=DY=DZ=0.$
Nœud E	$DX=DY=0.$
Nœud D	$DX=0.$
Nœud H	$DX=0.$

pression sur la face $BCFG$ $F=220.MPa$

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 8
Nombre de mailles et types : 1 HEXA8 et 1 QUAD4 (faces peau externe).

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

3.3 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Grandeur	Référence	*Aster*	% différence
A	*V1*	0.00000000	0.00000000	0%
	V2	1.00000000	9.9999999949239 10 $^{-01}$	-5.08 10 $^{-8}$ %
B	*V1*	0.00000000	0.00000000	0%
	V2	1.00000000	9.9999999949239 10 $^{-01}$	-5.08 10 $^{-8}$ %
	DX	/	7.8380536694423 10 $^{-2}$	/
	DY	/	1.2984914071992 10 $^{-16}$	/
	DZ	/	1.2984914071992 10 $^{-16}$	/
C	*V1*	0.00000000	0.00000000	0%
	V2	1.00000000	9.9999999949239 10 $^{-01}$	-5.08 10 $^{-8}$ %
E	*V1*	0.00000000	0.00000000	0%
	V2	1.00000000	9.9999999949239 10 $^{-01}$	-5.08 10 $^{-8}$ %

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

4 Synthèse des résultats

L'objectif de ce cas test est complètement rempli puisque l'activation du fluage via la détection du seuil est très précise (de l'ordre de $10^{-8}\%$ d'erreur). Bien sûr, puisqu'il s'agit de phénomène visqueux, la discrétisation en temps joue un rôle très important notamment au alentour de l'activation du seuil. Dans ce cas test un soin tout particulier a été pris d'entourer le temps où le seuil est atteint de façon précise pour obtenir des résultats satisfaisants.

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