SSND115 - Loi de comportement élasto-plastique avec effet de non radialité

Résumé :

Le problème est quasi-statique non-linéaire en mécanique des structures. La loi testée, VISC_MEMO_NRAD, est une loi de comportement avec écrouissage cinématique non-linéaire, écrouissage isotrope, et mémoire de l'écrouissage maximum, ainsi que prise en compte de la non radialité (ou non proportionnalité) du chargement.

On analyse la réponse en un point matériel, sur un essai de traction-torsion cyclique.

La modélisation A permet de valider les effets de mémoire et de non radialité en comparaison à des résultats expérimentaux.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Point matériel

1.2 Propriétés des matériaux

Élasticité isotrope $E=184\,000\,MPa$ $\nu=0.3$

Écrouissage isotrope

R_0	$97.83\,MPa$	B	51,3

Mémoire

10		Q_0	$-86.2\,MPa$
ETA	0,14	Q_M	$270.5\,MPa$

Écrouissage cinématique (modélisation A)

C1	182392 MPa	G1_0	3079
C2	16678 MPa	G2_0	178.7

Viscosité de LEMAITRE

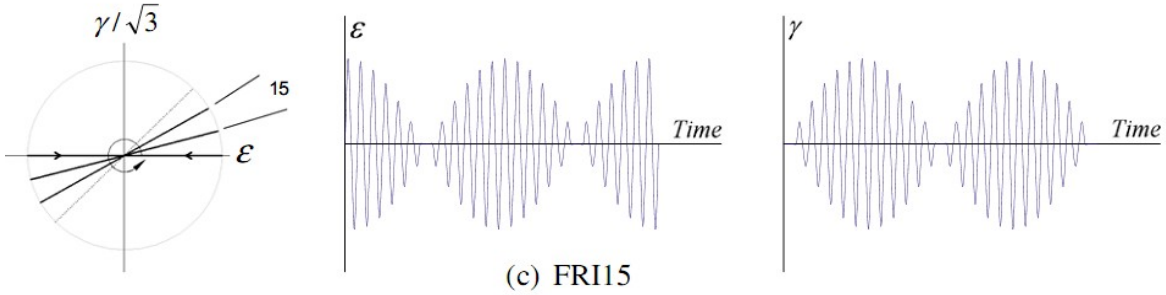
UN_SUR_K	$1/156.9\,(MPa\,S^{1/N})^{-1}$	N	6,84

Effet de non radialité

DELTA1	0.00306 2	DELTA2	0.01546

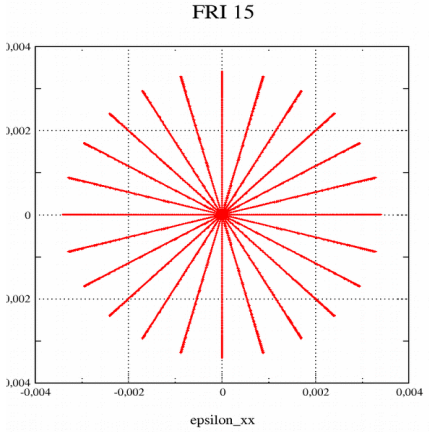
1.3 Conditions aux limites et chargements

Chargement non proportionnel de traction-torsion, à déformation imposée, avec incréments de 15 degrés, ce qui revient sur un point matériel à imposer les composantes ε_{xx} et ε_{xy} , avec déphasage entre ces deux composantes. P our chaque angle, les cycles sont symétriques.



(c) FRI15

La représentation du chargement dans un plan $\frac{2}{\sqrt{3}}\varepsilon_{xy}$ - ε_{xx} est la suivante :



Pour obtenir un état quasiment stabilisé, on applique l'ensemble de ces cycles 4 fois.

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

2 Solution de référence

2.1 Résultats de référence

Les résultats sont expérimentaux [ref 1]. Les valeurs mesurées sont les amplitudes de contrainte après stabilisation :

Chargement	$\frac{\Delta \varepsilon_{xx}}{2}$	ε_{moy}	$\frac{\Delta \sigma_{xx}}{2}$	σ_{moy}	$\frac{\Delta \gamma}{2}$	γ_{moy}	$\frac{\Delta \sigma_{xy}}{2}$	σ_{xymoy}
FRI15	0.0034	0	413	-5	0.0058	0	237	0
FRI15	0.0034	0	398	-5	0.0058	0	231	1

On obtient donc les moyennes suivantes $\frac{\Delta \sigma_{xx}}{2} = 405.5\,MPa$ et $\frac{\Delta \sigma_{xy}}{2} = 234\,MPa$,

ce qui, comme $\sigma_{xx} moy = -5\,Mpa$,et $\sigma_{xx} moy = 0{,}5\,Mpa$ conduit à :

$\sigma_{xx} max = 400.5\,MPa$, $\sigma_{xx} min = -410.5\,MPa$

$\sigma_{xy} max = 234.5\,MPa$, $\sigma_{xy} min = -233.5\,MPa$

2.2 Incertitude sur la solution

L'incertitude qui découle de la variabilité des résultats expérimentaux est de 2%. Celle qui provient de l'identification des paramètres matériau peut être estimée à 5% à 10% (cf. [ref. 2]).

2.3 Références bibliographiques

[1] « Multiaxial fatigue evaluation using discriminating strain paths » Nima Shamsaei, Ali Fatemi, Darrell F. Socie International Journal of Fatigue 33 (2011) 597–609

[2] J.M.PROIX « Comportement viscoplastique prenant en compte la non proportionnalité du chargement» EDF R&D-CR-AMA12-284, 12/12/12

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

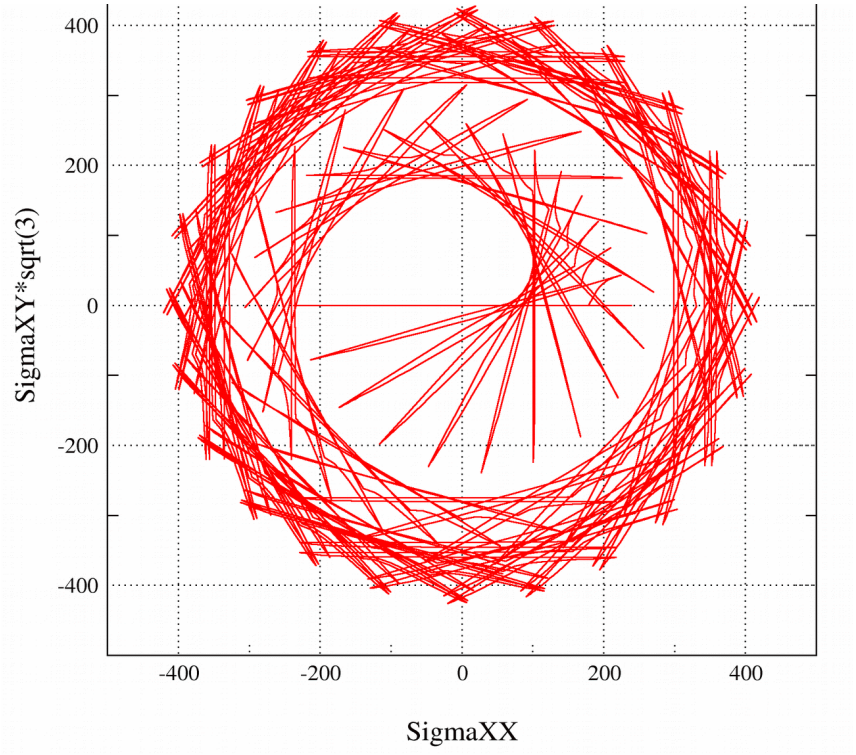
3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Point matériel, comportement VISC_MEMO_NRAD.
Chaque cycle élémentaire (une traction-compression pour une torsion donnée) est discrétisé en 48 pas. Pour effectuer un tour complet sur le diagramme précédent il faut $360/15=24$ cycles élémentaires.
On effectue en tout 4 tours complet, soit au total $48\times24\times4=4608$ pas de temps.

3.2 Grandeurs testées et résultats

La représentation des résultats dans un diagramme $\sqrt{3}\,\sigma_{xy};\sigma_{xx}$ montre la stabilisation de la réponse



Les valeurs extrêmes des contraintes obtenues à la fin du chargement sont

Identification	Référence	tolérance
$\sigma_{xx}max$	400,5	5%
$\sigma_{xx}min$	-410,5	3%
$\sigma_{xy}max$	234,5	6,00%
$\sigma_{xy}min$	-233,5	6,00%

4 Synthèse des résultats

Les résultats montrent la capacité du modèle à prendre en compte le sur écrouissage dû à la non radialité du chargement. En effet, en l'absence de termes liés à la non radialité, les amplitudes obtenues sont beaucoup plus faibles (environ $100\,Mpa$ de moins). La différence de 5 à 6% avec l'expérience peut être considérée comme acceptable.

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