SSNV268 – Sollicitation multiaxiale de la loi KICHENIN_NL : partie plastique

Résumé :

Ce test a pour but de valider l'algorithme d'intégration de la loi de comportement KICHENIN_NL pour sa partie élastoplastique : la relation de comportement se limite alors à une loi élastoplastique à écrouissage cinématique linéaire. Le problème étudié correspond à un point matériel. Les résultats sont comparés à ceux obtenus avec la loi VMIS_CINE_LINE pour un chargement particulier.

Le problème n'est mis en œuvre qu'en 3D (modélisation A) dans la mesure où la programmation de la relation de comportement ne dépend pas de la dimension d'espace et qu'il n'existe de formulation spécifique ni pour les contraintes planes, ni pour le 1D.

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

1 Problème de référence

Le problème est détaillé dans la référence [1], en particulier l e trajet de chargement . On ne présente ici qu'une description succincte de ses principales caractéristiques. Précision dès maintenant que seule la branche é lastoplastique du modèle de comportement KICHENIN_NL est mobilisée ; la branche v iscoélastique e st annulée par l'introduction d'un m odule de Young E^v nul . La validation de cette seconde branche est réalisée dans [V6.04.26 7]. Les deux branches étant parallèles, il n'y a pas de couplage autre que la somme des contraintes et des opérateurs tangents, ce qui justifie ce choix de validation. Le modèle se réduit dans ce cas à une loi élastoplastique à écrouissage cinématique linéaire, tout à fait similaire au modèle VMIS_CINE_LINE ; cette dernière servira alors de référence.

1.1 Géométrie

Il s'agit d'un test de type « point matériel ». Il s'appuie sur la commande SIMU_POINT_MAT.

1.2 Propriétés du matériau

Le matériau obéit à la loi de comportement K ICHENIN _NL avec comme caractéristiques :

$E^p = 400\,\mathrm{MPa}$	Module d'Young de la branche plastique
$\nu^p = 0.40$	Coefficient de Poisson de la branche plastique
$\sigma^c = 8\,\mathrm{MPa}$	Limite d'élasticité
$C = 80\,\mathrm{MPa}$	Constante de Prager
$E^v = 0$	Annulation de la branche viscoélastique

1.3 Conditions aux limites et chargements

I l s'agit d'un chargement en c ontraintes imposées de type courbe de Lissajous, q ui s'appuie sur deux directions (à déviateurs orthogonau x) de sollicitation $\boldsymbol{\sigma}^1$ et $\boldsymbol{\sigma}^2$. Il vaut, en fonction de $\bar{t}$ la chronologie du chargement :

$$\boldsymbol{\sigma}(\bar{t}) = \sigma^c \left[\sin(2\pi\,\bar{t})\,\boldsymbol{\sigma}^1 + \sin(4\pi\,\bar{t})\,\boldsymbol{\sigma}^2 \right] \qquad 0 \le \bar{t} \le 1$$

$$\boldsymbol{\sigma}^1 = \begin{bmatrix} 2.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 1.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 1.0 \end{bmatrix} \qquad \boldsymbol{\sigma}^2 = \frac{\sqrt{2}}{3} \begin{bmatrix} 0.0 & 1.0 & 0.5 \\ 1.0 & 0.0 & 0.5 \\ 0.5 & 0.5 & 0.0 \end{bmatrix}$$

1.4 Conditions initiales

L e système est considéré dans son état n aturel à $t = 0$. En particulier la déformation p lastique est nulle.

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

D ans le cas présent, les relations de comportement K ICHENIN _NL et VMIS_CINE_LINE conduisent à des résultats identiques. On rappelle la relation entre la rigidité tangente E^T (requise par la loi VMIS_CINE_LINE) et la constante de Prager :

$$\frac{1}{E^T}=\frac{1}{E^p}+\frac{2}{3C}$$

L e schéma d'intégration étant identique (Euler implicite d'ordre 1), l'écart entre les résultats ne devraient même pas dépendre de la discrétisation de la chronologie du chargement.

2.2 Résultats de référence

On compare ainsi les résultats en termes de déformations, déformations plastiques et déformations plastiques cumulées obtenus par les deux modèles à l'issue du chargement ($\bar{t}=1$).

2.3 Incertitudes sur la solution

Néant.

2.4 Références bibliographiques

[1] E. Lorentz (2022) TUYAUTERIE 3 - Relation de comportement robuste dédiée aux calculs de structure en polyéthylène. Note interne EDF 6125-1723-2022-00150.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit d'une modélisation 3 D .

3.2 Caractéristiques du maillage

Il s'agit d'un point matériel : il n'y a aucun maillage

3.3 Grandeurs testées et résultats de la modélisation A

On teste la d éformation, la déformation p lastique (V2 - V7) et la déformation p lastique cumulée (V1) à l'issue du chargement.

Identification	Référence	Type	Tolérance
EP XX	-0.026 829	ANALYTIQUE	RELATIF 10^{-8}
EPYY	0.013 414	ANALYTIQUE	RELATIF 10^{-8}
EPZZ	0.013 414	ANALYTIQUE	RELATIF 10^{-8}
EPXY	-0.002 528	ANALYTIQUE	RELATIF 10^{-8}
EP X Z	-0.001 264	ANALYTIQUE	RELATIF 10^{-8}
EPYZ	-0.001 264	ANALYTIQUE	RELATIF 10^{-8}
V1	0.115 766	ANALYTIQUE	RELATIF 10^{-8}
V2	-0.026 829	ANALYTIQUE	RELATIF 10^{-8}
V3	0.013 414	ANALYTIQUE	RELATIF 10^{-8}
V4	0.013 414	ANALYTIQUE	RELATIF 10^{-8}
V5	-0.002 528	ANALYTIQUE	RELATIF 10^{-8}
V6	-0.001 264	ANALYTIQUE	RELATIF 10^{-8}
V 7	-0.001 264	ANALYTIQUE	RELATIF 10^{-8}

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

4 Synthèse des résultats

On note un très bon accord entre les deux modèles de comportement . L es écarts sont i nfimes, ce qui valide l'intégration numérique de la branche élastoplastique du modèle KICHENIN_NL .

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