SSNL101 - Comportement non-linéaire d'un élément d'armement de ligne

Résumé :
On considère dans ce test, 1 élément discret à 2 nœuds soumis à un effort transversal en analyse statique non linéaire.

L'élément a un comportement régi par une relation non linéaire exprimée en effort et déplacement unidirectionnel dans la direction transversale et locale y.

L'intérêt du test est de simuler de manière exhaustive les trajets de chargement possible, en charge et décharge, dans chacun des domaines de la relation de comportement : élastique, plastique et ultime.

La dimension réduite du problème à une inconnue (le déplacement transversal de l'extrémité) permet d'avoir comme solution le résultat d'une expression algébrique exactement retrouvée par *Aster*.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

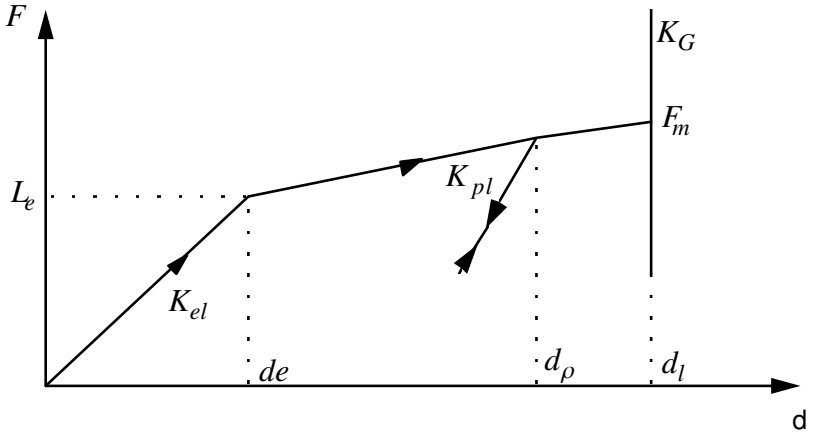
Un élément discret de taille nulle à 2 nœuds.
Repère local = repère global.
Une matrice de rigidité K_TR_D_L affectée par défaut :
$1.6\,N/m$ en translation, $1.9\,N/m$ en rotation.
Les caractéristiques de rigidité selon la direction locale y (ici égale à l'axe global Y) sont modifiées par une relation de comportement de type ARME en effort-déplacement introduite par un matériau caractéristique.

1.2 Propriétés de matériaux

Liées à un comportement incrémental ARME à 5 paramètres : d_e (mot-clé DLE) = $0.048\,m$, d_l (mot clé DLP) = $0.7\,m$, K_{el} (mot clé KYE) = $1.67\,E4\,N/m$, K_{pl} (mot clé KYP) = $2.9\,E3\,N/m$, K_G (mot clé KYG) = $1\ \mathrm{E6}\ N/m$.

- d_e déplacement limite du domaine élastique,
- d_l déplacement limite du domaine plastique,
- K_{el} pente du domaine élastique,
- K_{pl} pente du domaine plastique,
- K_G pente ultime,

Comportement d'un bras d'armement en sollicitation longitudinale



$d_e=0.048\,m$, $d_l=0.7\,m$, $L_e=800\ N$, $F_m=2800\ N$

Comportement unidirectionnel en force-déplacement à 1 variable interne : $d_p - d_e$ défini par 5 paramètres : d_e, d_l, K_{el}, K_{pl} et K_G, affecté à un élément discret à 2 nœuds.

1.3 Conditions aux limites et chargements

Encastrement en un des 2 nœuds.
Force imposée dans la direction locale y (identique au Y global) sur le second nœud, par incréments de charge. Un incrément unitaire valant $500\ N$.

1.4 Conditions initiales

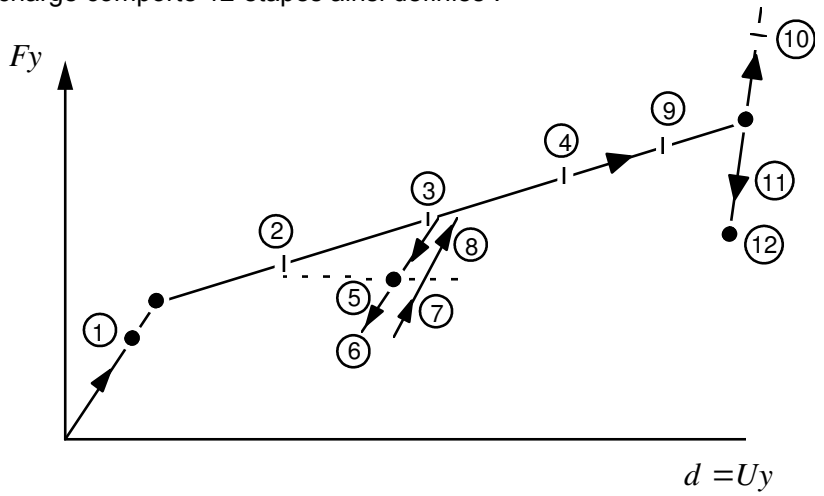
Déplacements, efforts et variables internes nuls.

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

On reproduit sur un élément un parcours de chargement dans chacun des 3 domaines (élastique, plastique, limite) d'une relation de comportement unidirectionnelle (direction locale y). Les paramètres sont décrits sur la figure 1 jointe.
Le trajet de charge comporte 12 étapes ainsi définies :



2.2 Résultats de référence

Calculs directs sur la courbe limite de la relation de comportement :

$F_y = k_{el} \cdot U_y$ si $U_y < d_e$

$F_y = k_{el} \cdot d_e + k_{pl}\left(U_y - d_e\right)$ si $U_y \in \left[d_e, d_l\right]$

$Vari = U_y - d_e$
$Varimax = d_l - d_e$

$F_y = k_{el} \cdot d_e + k_{pl}\left(d_l - d_e\right) + k_G\left(U_y - d_l\right)$ si $Vari = Varimax$

2.3 Incertitude sur la solution

Solution exacte : Fy imposée et Uy déduit directement des relations en [§2.2].

2.4 Références bibliographiques

Note HM-77/94/368, G. DEVESA. "Étude dynamique de rupture de conducteur et de décharge de givre sur une ligne expérimentale à moyenne tension".

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Un élément DIS_TR_L à 2 nœuds de taille nulle (idem [§1.1]).
Un nœud N2 : on bloque tout.
Un nœud N3 : on impose Fy par pas de $500\ N$ avec la carte de temps :

t	0.	4.	6.	10.	12.
$F(t)$	0.	4.	2.	6.	4.

3.2 Caractéristiques du maillage

1 SEG2.
2 nœuds.

3.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Référence	*Aster*	% différence
Déplacement Uy : Nœud N3, Ordre 2 $\left(F_y=1000\mathrm{N}\right)$	1,16E-001	idem	0
Déplacement Uy : Nœud N3, Ordre 8 $\left(F_y=2000\mathrm{N}\right)$	4,61E-001	idem	0
Déplacement Uy : Nœud N3, Ordre 10 $\left(F_y=3000\mathrm{N}\right)$	7,00E-001	idem	0
Variable interne 1 : Ordre 2 $\left(F_y=1000\mathrm{N}\right)$	6,84E-002	idem	0
Variable interne 1 : Ordre 8 $\left(F_y=2000\mathrm{N}\right)$	4,13E-001	idem	0
Variable interne 1 : Ordre 10 $\left(F_y=3000\mathrm{N}\right)$	5,20E-002	idem	0

3.4 Remarques

Générale :

Le comportement ARME est utilisable également en Analyse dynamique non-linéaire mais n'est pas testé.

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

4 Synthèse des résultats

La dimension réduite du problème permet de n'avoir qu'une inconnue, le déplacement transversal U_y lié à la variable interne, solution exacte calculable par une expression algébrique et retrouvée par *Aster* à l'identique.

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