

## 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.

## 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 :

$1.6\text{ N/m}$  en translation,  $1.9\text{ N/m}$  en rotation.

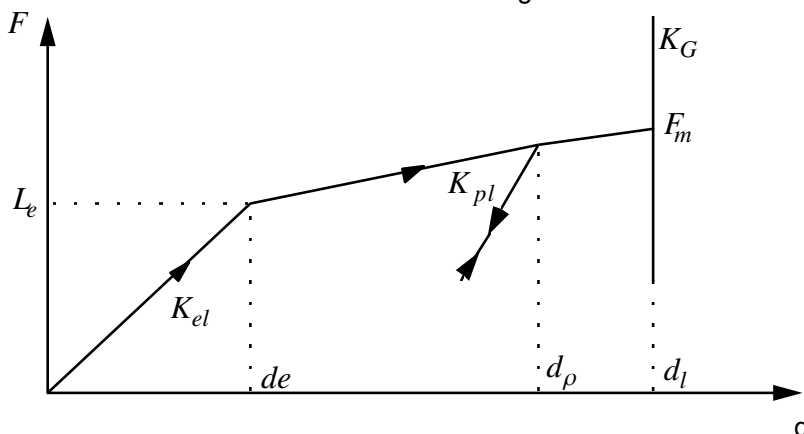
Les caractéristiques de rigidité selon la direction locale  $y$  (ici égale à l'axe global  $Y$ ) sont modifiées par une relation de comportement de type ARME en effort-déplacement introduite par un matériau caractéristique.

### 1.2 Propriétés de matériaux

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

- $d_e$  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



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

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  $500\text{ N}$ .

### 1.4 Conditions initiales

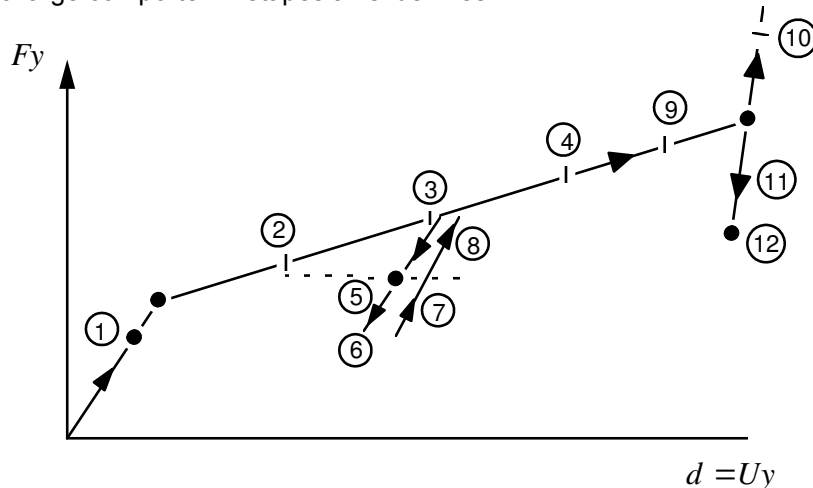
Déplacements, efforts et variables internes nuls.

## 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 :

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

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

$$Vari = U_y - d_e$$

$$Varimax = d_l - d_e$$

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

### 2.3 Incertitude sur la solution

Solution exacte :  $F_y$  imposée et  $U_y$  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".

## 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  $F_y$  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 ( $F_y = 1000\text{N}$ )  | 1,16E-001 | idem  | 0            |
| Déplacement Uy : Nœud N3, Ordre 8 ( $F_y = 2000\text{N}$ )  | 4,61E-001 | idem  | 0            |
| Déplacement Uy : Nœud N3, Ordre 10 ( $F_y = 3000\text{N}$ ) | 7,00E-001 | idem  | 0            |
| Variable interne 1 : Ordre 2 ( $F_y = 1000\text{N}$ )       | 6,84E-002 | idem  | 0            |
| Variable interne 1 : Ordre 8 ( $F_y = 2000\text{N}$ )       | 4,13E-001 | idem  | 0            |
| Variable interne 1 : Ordre 10 ( $F_y = 3000\text{N}$ )      | 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.

---

## 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.