

## SDND124 – Excitation sismique d'un discret affecté du comportement DIS\_ECRO\_TRAC

---

### Résumé :

On teste la réponse du modèle de comportement non linéaire DIS\_ECRO\_TRAC, formulé sur des éléments discrets pour des mailles SEG2 .

Les opérateurs DYNA\_NON\_LINE et DYNA\_VIBRA sont employés pour la validation. On analyse la réponse d'éléments discrets supportant une loi de comportement non linéaire sous un chargement sismique.

Les modélisations et éléments discrets testés sont en 3D avec la modélisation DIS\_T sur une maille SEG2.

Ce comportement est aussi validé pour des sollicitations non-dynamiques dans le cas-test SSND117 [V6.08.117] avec l'opérateur STAT\_NON\_LINE.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Description du dispositif

Le système étudié est représenté par le modèle rhéologique ci-dessous. Il est composé d'un élément non-linéaire affecté du comportement `DIS_ECRO_TRAC` (entre les nœuds `N1` et `N2`), d'une masse affectée au nœud `N2`, d'un élément linéaire (entre les nœuds `N2` et `N3`).

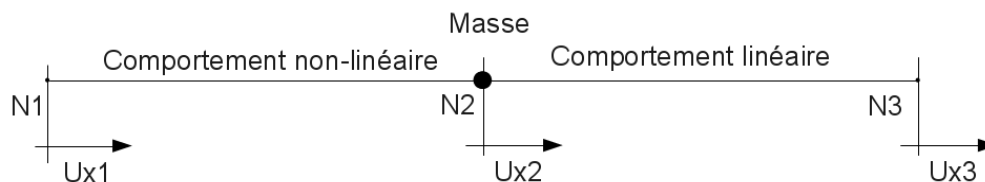


Figure 1.1-a : Modèle du dispositif.

Les équations régissant le comportement de l'élément non-linéaire sont dans [R5.03.17].

### 1.2 Modélisations

Les modélisations testées sont sur des éléments `DIS_T`, mailles `SEG2`. Les caractéristiques des éléments discrets sont du type : `K_T_D_L`.

*Remarque : Les unités des paramètres doivent être en accord avec l'unité des efforts, l'unité des longueurs [R5.03.17]. Pour toutes les modélisations les unités sont homogènes à des [N], [mm].*

*Remarque : Les modélisations A et B traite le même système, avec les mêmes conditions aux limites, le même chargement.*

#### 1.2.1 Modélisation A

Cette modélisation permet de tester le comportement non linéaire de type écouissage isotrope, dans la direction `x` locale du discret, de la loi `DIS_ECRO_TRAC` avec l'opérateur `DYNA_NON_LINE`.

#### 1.2.2 Modélisation B

Cette modélisation permet de tester le comportement non linéaire de type écouissage isotrope, dans la direction `x` locale du discret, de la loi `DIS_ECRO_TRAC` avec l'opérateur `DYNA_VIBRA`.

#### 1.2.3 Modélisation C

Cette modélisation permet de tester le comportement non linéaire de type écouissage isotrope, dans le plan tangent local du discret, de la loi `DIS_ECRO_TRAC` avec l'opérateur `DYNA_NON_LINE`.

#### 1.2.4 Modélisation D

Cette modélisation permet de tester le comportement non linéaire de type écouissage isotrope, dans le plan tangent local du discret, de la loi `DIS_ECRO_TRAC` avec l'opérateur `DYNA_VIBRA`.

#### 1.2.5 Modélisation E

Cette modélisation permet de tester le comportement non linéaire de type écouissage cinématique, dans le plan tangent local du discret, de la loi `DIS_ECRO_TRAC` avec l'opérateur `DYNA_NON_LINE`.

## 1.2.6 Modélisation F

Cette modélisation permet de tester le comportement non linéaire de type écouissage cinématique, dans le plan tangent local du discret, de la loi DIS\_ECRO\_TRAC avec l'opérateur DYNA\_VIBRA.

## 1.3 Propriétés matériaux

### 1.3.1 Modélisations A et B

La raideur du dispositif linéaire est  $k_{lin} = 400 \text{ N.mm}$ .  
La masse est  $M = 200 \text{ kg}$ .

Le comportement non-linéaire utilisé dans le cas test est présenté à la figure 1.3.1-a :

- Comportement élastique jusqu'au point  $(0.5\text{mm}, 200.0\text{N})$ .
- Comportement non-linéaire, régit par l'équation suivante :

$$R(p) = \frac{K_{elas} \cdot p}{1 + \left( \frac{k_{elas} \cdot p}{F_u - F_y} \right)^n} \quad \text{avec} \quad \begin{aligned} K_{elas} &= \frac{200.0 \text{ N}}{0.5 \text{ mm}} = 400 \text{ N/mm} \\ F_y &= 200.0 \text{ N} \\ F_u &= 450.0 \text{ N} \\ n &= 1.5 \end{aligned}$$

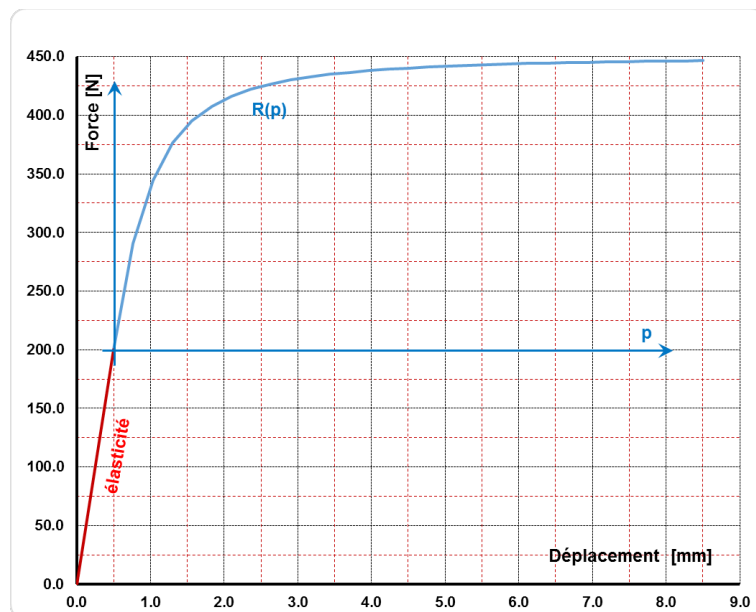


Figure 1.3.1-a : Comportement non-linéaire

### 1.3.2 Modélisations C et D

La raideur du dispositif linéaire est  $k_{lin} = 400 \text{ N.mm}$ .  
La masse est  $M = 200 \text{ kg}$ .

Le comportement est du type "écouissage isotrope" dans le plan tangent local à l'élément. Il est défini par la fonction suivante :

```
fctsy2 = DEFI_FONCTION(NOM_PARA="DTAN",
    VALE = (0.0, 0.0, 0.1, 100.0, 0.2, 120.0, 20.2, 370.0),
)
```

## 1.3.3 Modélisations E et F

La raideur du dispositif linéaire est  $k_{lin} = 400 N.mm$ .

La masse est  $M = 200 kg$ .

Le comportement est du type "écrouissage cinématique" dans le plan tangent local à l'élément. Il est défini par la fonction suivante :

```
fctsy2 = DEFI_FONCTION( NOM_PARA= "D TAN " ,  
VALE = (0.0, 0.0, 0.1, 100.0, 20.1, 350.0),  
)
```

## 1.4 Conditions aux limites et chargements

### 1.4.1 Modélisations A et B

Les nœuds N1, N2, N3 sont bloqués dans les directions Y et Z.

Pour les modélisations A et B, les nœuds N1 et N3 sont soumis au déplacement  $U(t)$  dans la direction X.

Pour la modélisation B, les nœuds N1 et N3 sont soumis au déplacement  $U(t)$ , la vitesse  $V(t)$  et l'accélération  $\gamma(t)$  dans la direction X.

La condition en déplacement fonction du temps :

$$U(t) = U_0 \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t) / (2\pi \cdot f) \text{ avec } f = 0.5 \text{ Hz et } U_0 = 6.0 \text{ mm}$$

La condition en vitesse fonction du temps :  $V(t) = \dot{U}(t)$

La condition en accélération fonction du temps :  $\gamma(t) = \ddot{U}(t)$

### 1.4.2 Modélisations C, D, E et F

Les nœuds N1, N2, N3 sont bloqués dans la direction X.

Pour les modélisations C, D, E et F, les nœuds N1 et N3 sont soumis à un déplacement  $U(t)$  dans les directions Y et Z.

Pour la modélisation B, les nœuds N1 et N3 sont soumis au déplacement  $U(t)$ , la vitesse  $V(t)$  et l'accélération  $\gamma(t)$  dans les directions Y et Z.

Les conditions en déplacement sont des fonctions du temps :

$$Depl = U_1 \sin(2\pi \cdot f_1 \cdot t) + U_2 \sin(2\pi \cdot f_2 \cdot t) + U_3 \sin(2\pi \cdot f_3 \cdot t)$$

Suivant la direction Y :  $(u, f) = [(0.20, 0.80), (0.15, 1.50), (0.10, 3.00)]$

Suivant la direction Z :  $(u, f) = [(-0.20, 0.90), (0.15, 2.00), (-0.10, 2.80)]$

La condition en vitesse fonction du temps :  $V(t) = \dot{U}(t)$

La condition en accélération fonction du temps :  $\gamma(t) = \ddot{U}(t)$

## 2 Solutions de référence

---

### 2.1 Méthode de calcul utilisée pour les solutions de référence

#### 2.1.1 Modélisation A

La modélisation *A* sert de solution de référence pour la modélisation *B*.

#### 2.1.2 Modélisation B

La solution de référence est celle issue de la modélisation *A*.

#### 2.1.3 Modélisations C, D et E

Cas tests de non-régression

### 2.2 Incertitude sur la solution

#### 2.2.1 Modélisations A, B, C, D, E et F

Sans objet.

### 3 Modélisation A

#### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

Les modélisations testées sont DIS\_T sur des mailles SEG2. Les caractéristiques de raideur des discrets sont donc du type : K\_T\_D\_L, M\_T\_D\_N.

#### 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 3, nombre de mailles : 2, éléments SEG2 : 2, éléments POI1 : 1.

#### 3.3 Conditions aux limites et chargements

Les nœuds N1, N2, N3 sont bloqués dans les directions Y et Z.

Les nœuds N1 et N3 sont soumis au déplacement  $U(t)$  dans la direction X.

$$U(t) = U_0 \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t) / (2\pi \cdot f) \text{ avec } f = 0.5 \text{ Hz et } U_0 = 6.0 \text{ mm}$$

#### 3.4 Grandeurs testées et résultats

Les grandeurs sont testées en non-régression, avec les tolérances par défaut :

- le déplacement du nœud N2,
- l'effort au nœud N2,
- la puissance dissipée dans le dispositif non-linéaire,
- le déplacement anélastique du dispositif non-linéaire,
- le déplacement anélastique cumulée du dispositif non-linéaire.

Les instants retenus pour tester les différentes grandeurs sont ceux où l'effort atteint un extrema.

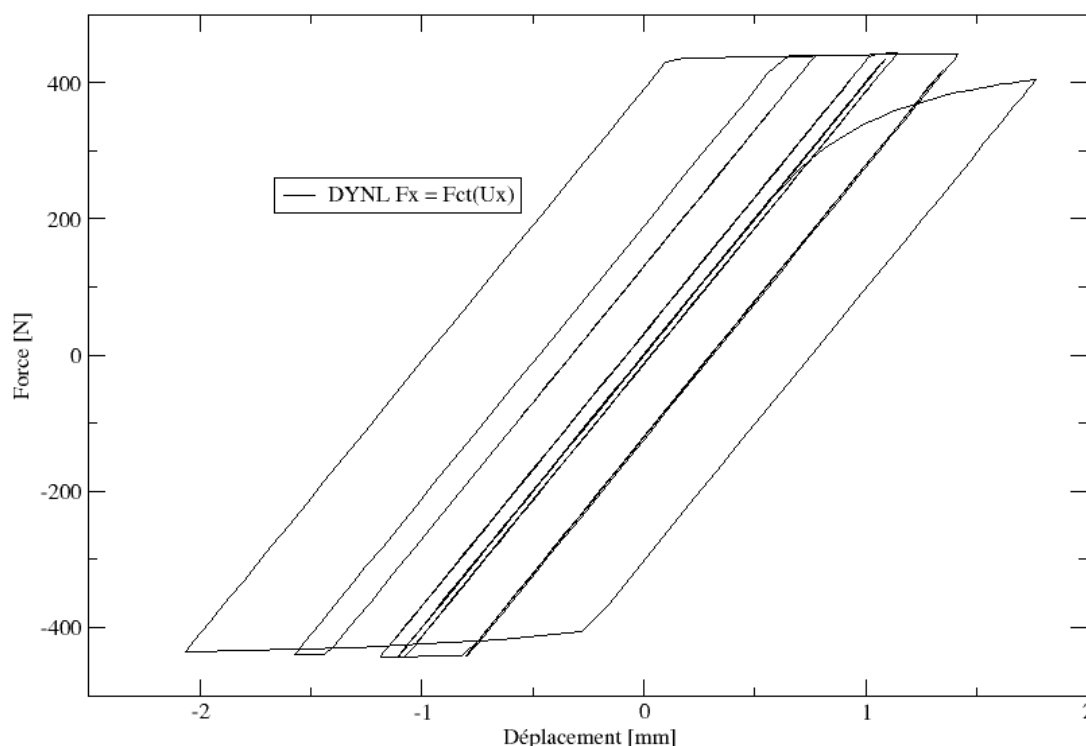


Figure 3.4-a : Réponse force-déplacement au nœud N2 .

Le tableau suivant donne les valeurs des variables internes liées au comportement DIS\_ECRE\_TRAC, aux instants où la force atteint un extrema.

INST	Force	Ux	Puissance	Up	p
1.275	4,0514895E+02	1,7698260E+00	2,7736499E+02	7,5695300E-01	1,2698160E+00
2.525	-4,3584585E+02	-2,0647460E+00	1,0140956E+03	-9,7513100E-01	3,0786590E+00
3.625	4,3921743E+02	7,7222800E-01	1,2982852E+03	-3,2581600E-01	3,7364570E+00
4.525	-9,1517870E+01	-5,5460400E-01	1,2982881E+03	-3,2580900E-01	3,7364630E+00
5.375	3,5606066E+02	5,6434300E-01	1,2982881E+03	-3,2580900E-01	3,7364630E+00
6.400	-4,3979664E+02	-1,5724580E+00	1,3629654E+03	-4,7296700E-01	3,8850760E+00
7.525	4,4218454E+02	1,4184290E+00	1,7096346E+03	3,1296800E-01	4,6769870E+00
8.550	-4,4221218E+02	-8,0345000E-01	1,7144548E+03	3,0208000E-01	4,6879540E+00
9.500	2,2752558E+02	8,7087900E-01	1,7144615E+03	3,0206500E-01	4,6879690E+00
10.450	-4,0783182E+02	-7,1751500E-01	1,7144615E+03	3,0206500E-01	4,6879690E+00
11.450	4,1833666E+02	1,3479060E+00	1,7144615E+03	3,0206500E-01	4,6879690E+00
12.525	-4,4304092E+02	-1,1860040E+00	1,8828698E+03	-7,8402000E-02	5,0705250E+00
13.525	4,0986344E+02	9,4625300E-01	1,8828717E+03	-7,8406000E-02	5,0705290E+00
14.500	-3,2997442E+02	-9,0334200E-01	1,8828717E+03	-7,8406000E-02	5,0705290E+00
15.475	3,8962561E+02	8,9565800E-01	1,8828717E+03	-7,8406000E-02	5,0705290E+00
16.475	-4,2729911E+02	-1,1466540E+00	1,8828717E+03	-7,8406000E-02	5,0705290E+00
17.500	4,4325666E+02	1,1421040E+00	1,9326673E+03	3,3962000E-02	5,1834430E+00
18.525	-4,2314598E+02	-1,0239020E+00	1,9326676E+03	3,3963000E-02	5,1834440E+00
19.500	3,6609776E+02	9,4920700E-01	1,9326676E+03	3,3963000E-02	5,1834440E+00
20.500	-3,7879652E+02	-9,1302900E-01	1,9326676E+03	3,3963000E-02	5,1834440E+00
21.475	4,0795131E+02	1,0538410E+00	1,9326676E+03	3,3963000E-02	5,1834440E+00
22.500	-4,4331859E+02	-1,1071190E+00	1,9472008E+03	1,1780000E-03	5,2163830E+00
23.525	4,3377501E+02	1,0856150E+00	1,9472010E+03	1,1770000E-03	5,2163840E+00
24.525	-3,9592010E+02	-9,8862300E-01	1,9472010E+03	1,1770000E-03	5,2163840E+00
25.500	3,7185745E+02	9,3082100E-01	1,9472010E+03	1,1770000E-03	5,2163840E+00
26.475	-3,9223062E+02	-9,7939900E-01	1,9472010E+03	1,1770000E-03	5,2163840E+00
27.475	4,3090550E+02	1,0784410E+00	1,9472010E+03	1,1770000E-03	5,2163840E+00
28.500	-4,4332341E+02	-1,1099060E+00	1,9484309E+03	-1,5970000E-03	5,2191710E+00
29.525	4,1639039E+02	1,0393790E+00	1,9484309E+03	-1,5970000E-03	5,2191710E+00
30.500	-3,7903620E+02	-9,4918800E-01	1,9484309E+03	-1,5970000E-03	5,2191710E+00
31.500	3,7762833E+02	9,4247400E-01	1,9484309E+03	-1,5970000E-03	5,2191710E+00

## 4 Modélisation B

### 4.1 Caractéristiques de la modélisation

Les modélisations testées sont DIS\_T sur des mailles SEG2. Les caractéristiques de raideur des discrets sont donc du type : K\_T\_D\_L, K\_T\_D\_N, M\_T\_D\_N.

### 4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 3, nombre de mailles : 2, éléments SEG2 : 1, éléments POI1 : 1.

### 4.3 Conditions aux limites et chargements

Les nœuds N1, N2, N3 sont bloqués dans les directions Y et Z.

Les nœuds N1 et N3 sont soumis au déplacement  $U(t)$ , la vitesse  $V(t)$  et l'accélération  $\gamma(t)$  dans la direction X.

La condition en déplacement fonction du temps :

$$U(t) = U_0 \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t) / (2\pi \cdot f) \text{ avec } f = 0.5 \text{ Hz et } U_0 = 6.0 \text{ mm}$$

La condition en vitesse fonction du temps :  $V(t) = \dot{U}(t)$

La condition en accélération fonction du temps :  $\gamma(t) = \ddot{U}(t)$

### 4.4 Grandeurs testées et résultats

Les grandeurs sont testées en non-régression (avec les tolérances par défaut) et par rapport aux valeurs obtenues avec la modélisation A, avec une précision de 1.0E-02.

Les grandeurs testées sont :

- le déplacement du nœud N2,
- l'effort au nœud N2,
- la puissance dissipée dans le dispositif non-linéaire,
- le déplacement anélastique du dispositif non-linéaire,
- le déplacement anélastique cumulée du dispositif non-linéaire.

Les instants retenus pour tester les différentes grandeurs sont ceux où l'effort atteint un extrema.

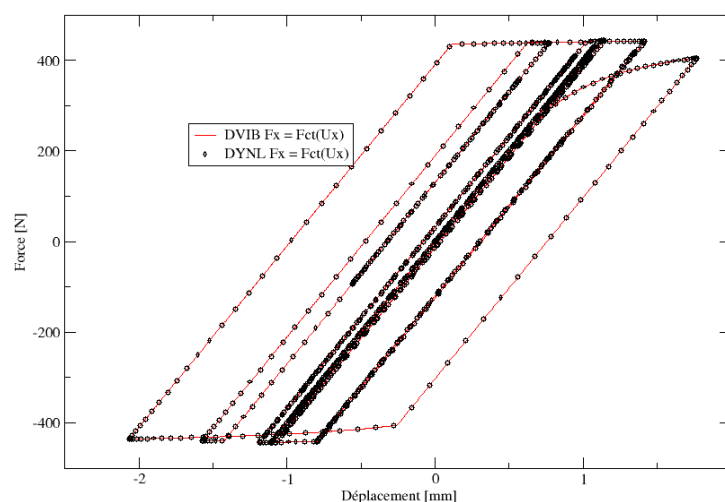


Figure 4.4-a : Comparaison de la réponse force-déplacement au nœud N2 .



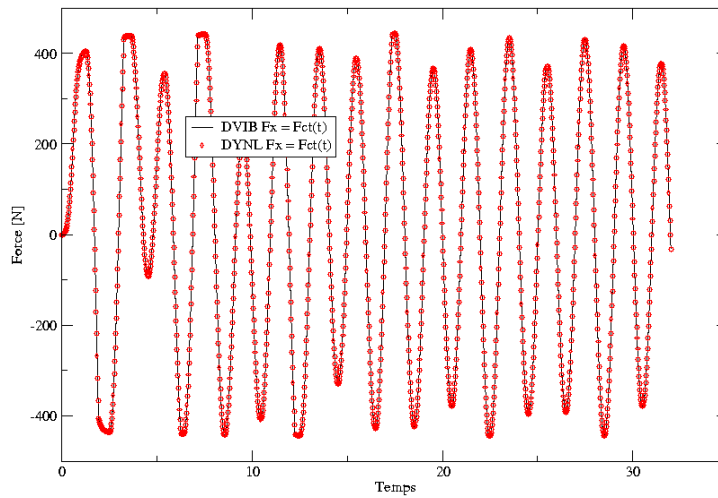


Figure 4.4-b : Comparaison force vs temps au nœud n2 .

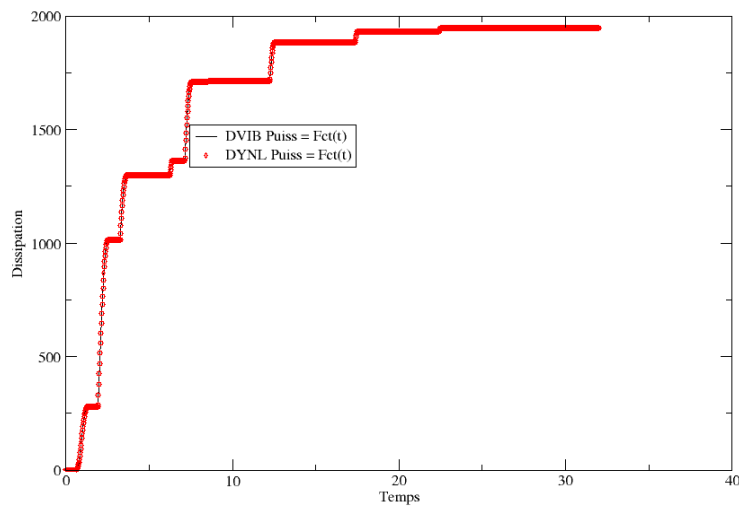


Figure 4.4-c : Comparaison de la dissipation vs temps.

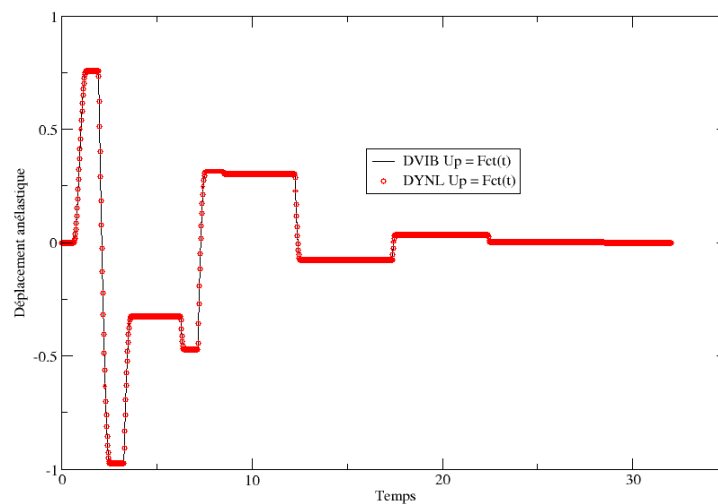


Figure 4.4-d : Comparaison du déplacement anélastique vs temps.

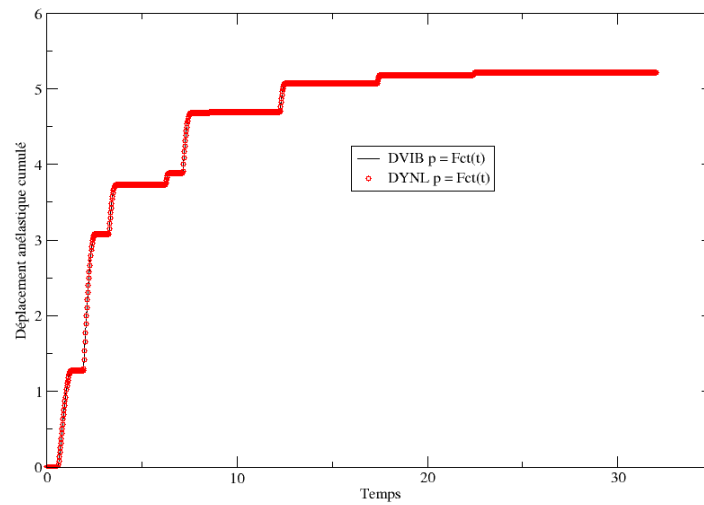


Figure 4.4-e : Comparaison du déplacement anélastique cumulé vs temps.

## 5 Modélisation C

### 5.1 Caractéristiques de la modélisation

Les modélisations testées sont DIS\_T sur des mailles SEG2. Les caractéristiques de raideur des discrets sont donc du type : K\_T\_D\_L, M\_T\_D\_N.

### 5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 3, nombre de mailles : 2, éléments SEG2 : 2, éléments POI1 : 1.

### 5.3 Conditions aux limites et chargements

Les nœuds N1, N2, N3 sont bloqués dans la direction X.

Les nœuds N1 et N3 sont soumis à un déplacement  $U(t)$  dans les directions Y et Z.

Les conditions en déplacement sont des fonctions du temps :

$$Depl = U_1 \sin(2\pi \cdot f_1 \cdot t) + U_2 \sin(2\pi \cdot f_2 \cdot t) + U_3 \sin(2\pi \cdot f_3 \cdot t)$$

Suivant la direction Y :  $(u, f) = [(0.20, 0.80), (0.15, 1.50), (0.10, 3.00)]$

Suivant la direction Z :  $(u, f) = [(-0.20, 0.90), (0.15, 2.00), (-0.10, 2.80)]$

### 5.4 Grandeurs testées et résultats

Les grandeurs testées sont le déplacement, l'effort, les variables internes.

Les tolérances sont celles par défaut.

	Nom de la variable	
V2	FORCEY	Force suivant l'axe local y de l'élément.
V3	FORCEZ	Force suivant l'axe local z de l'élément.
V5	DEPLY	Déplacement suivant l'axe local y de l'élément.
V6	DEPLZ	Déplacement suivant l'axe local z de l'élément.
V7	DISSTHER	Dissipation.
V8	PCUM	Indicateur plastique.

INST	V2	V3	V5	V6	V7	V8
1.800E-01	-9,76339E+00	1,80384E+00	-9,76339E-03	1,80384E-03	0,00000E+00	0,00000E+00
6.400E-01	2,08219E+01	-5,12649E+01	2,08219E-02	-5,12649E-02	0,00000E+00	0,00000E+00
1.240E+00	4,16265E+01	5,06333E+01	4,16265E-02	5,06333E-02	0,00000E+00	0,00000E+00
1.700E+00	-3,22312E+01	-1,13996E+02	-8,31402E-02	-7,51778E-02	8,06801E+00	7,38608E-02
2.340E+00	2,25044E+01	1,19662E+02	4,79123E-02	1,64522E-01	2,56066E+01	2,19035E-01
2.780E+00	-1,22116E+02	-2,20447E+01	-2,77836E-01	-3,94050E-03	4,82341E+01	4,03111E-01
3.740E+00	-9,51943E+01	9,39456E-01	3,12024E-02	4,46006E-02	1,38843E+02	1,10796E+00
4.780E+00	-1,08950E+02	1,07265E+02	7,38362E-02	3,14078E-01	3,63344E+02	2,67843E+00
5.440E+00	-1,10535E+02	1,18431E+02	-3,51883E-01	1,62258E-01	4,76628E+02	3,39794E+00
6.140E+00	-1,61773E+02	-7,41718E+01	-1,50809E-01	2,55301E-02	6,91044E+02	4,65934E+00
7.220E+00	1,95538E+02	1,50800E+01	4,82129E-01	1,51968E-01	9,59268E+02	6,09336E+00
7.700E+00	-1,63715E+02	-1,14735E+02	-1,38211E-01	-1,24916E-01	1,01868E+03	6,39340E+00
8.120E+00	-8,05708E+01	-1,88355E+02	-9,04756E-02	1,47882E-02	1,09778E+03	6,78423E+00
8.560E+00	1,04084E+02	-1,85108E+02	5,26453E-01	-2,92965E-01	1,22140E+03	7,37678E+00
9.360E+00	-2,19232E+01	2,19598E+02	-6,71816E-02	3,17619E-01	1,36380E+03	8,03446E+00
9.860E+00	1,91398E+02	9,83585E+01	2,68841E-01	-1,88702E-01	1,45523E+03	8,44395E+00
1.038E+01	-7,39972E+01	2,19767E+02	-3,80882E-01	1,70281E-01	1,56404E+03	8,91932E+00
1.098E+01	1,87969E+02	-6,80061E+01	1,26836E-01	-4,24164E-01	1,65888E+03	9,32386E+00
1.168E+01	3,28009E+01	-2,44922E+02	-2,09901E-01	-3,55485E-01	1,85197E+03	1,01216E+01
1.206E+01	-1,91098E+01	-2,50444E+02	1,06192E-02	-3,65973E-01	1,93195E+03	1,04426E+01
1.278E+01	-2,57443E+02	-2,77486E+01	-4,68912E-01	1,02156E-01	2,08836E+03	1,10558E+01
1.374E+01	-1,68926E+02	2,14761E+01	7,50200E-02	6,93044E-02	2,31225E+03	1,19029E+01
1.456E+01	2,74928E+02	-7,14435E+01	6,05803E-01	-2,22692E-01	2,62723E+03	1,30406E+01
1.520E+01	-9,59737E+01	-2,71363E+02	5,17976E-02	-4,11527E-01	2,71254E+03	1,33390E+01
1.586E+01	2,28584E+02	1,88467E+02	4,12463E-01	4,28503E-01	2,90693E+03	1,40046E+01
1.636E+01	-2,32537E+02	-1,84267E+02	-7,16778E-02	3,04831E-02	2,91710E+03	1,40389E+01
1.722E+01	2,98724E+02	9,37164E+00	4,85259E-01	2,97521E-01	2,96829E+03	1,42108E+01
1.810E+01	-2,17087E+02	-1,55606E+02	-3,05520E-02	1,32544E-01	2,96829E+03	1,42108E+01
1.874E+01	-1,30978E+02	-1,37025E+02	5,55574E-02	1,51125E-01	2,96829E+03	1,42108E+01
1.962E+01	3,47285E+01	-5,24438E+01	2,21264E-01	2,35706E-01	2,96829E+03	1,42108E+01

## 6 Modélisation D

### 6.1 Caractéristiques de la modélisation

Les modélisations testées sont DIS\_T sur des mailles SEG2. Les caractéristiques de raideur des discrets sont donc du type : K\_T\_D\_L, M\_T\_D\_N.

### 6.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 3, nombre de mailles : 2, éléments SEG2 : 2, éléments POI1 : 1.

### 6.3 Conditions aux limites et chargements

Les nœuds N1, N2, N3 sont bloqués dans la direction X.

Les nœuds N1 et N3 sont soumis au déplacement  $U(t)$ , la vitesse  $V(t)$  et l'accélération  $\gamma(t)$  dans les directions Y et Z.

Les conditions en déplacement sont des fonctions du temps :

$$Depl = U_1 \sin(2\pi \cdot f_1 \cdot t) + U_2 \sin(2\pi \cdot f_2 \cdot t) + U_3 \sin(2\pi \cdot f_3 \cdot t)$$

Suivant la direction Y :  $(u, f) = [(0.20, 0.80), (0.15, 1.50), (0.10, 3.00)]$

Suivant la direction Z :  $(u, f) = [(-0.20, 0.90), (0.15, 2.00), (-0.10, 2.80)]$

La condition en vitesse fonction du temps :  $V(t) = \dot{U}(t)$

La condition en accélération fonction du temps :  $\gamma(t) = \ddot{U}(t)$

### 6.4 Grandeurs testées et résultats

Les grandeurs testées sont les déplacements dans le plan, les efforts dans le plan, la dissipation. Les tolérances sont celles par défaut.

INST	FY	UY	FZ	UZ	DISSI
1,78500E-01	-9,52285E+00	-9,52285E-03	1,73773E+00	1,73773E-03	0,00000E+00
6,39500E-01	2,34800E+01	2,34800E-02	-5,42638E+01	-5,42638E-02	0,00000E+00
1,45225E+00	-1,03177E+02	-1,62113E-01	6,13078E+01	1,16245E-01	8,96451E+00
2,06700E+00	-9,23386E+00	1,55673E-02	-1,21557E+02	-1,52510E-01	2,70221E+01
2,77525E+00	-1,21363E+02	-2,71352E-01	-3,26937E+01	-3,65363E-02	6,40153E+01
3,74625E+00	-1,31646E+02	2,73299E-02	3,30076E+01	7,57833E-02	1,67592E+02
4,78900E+00	-1,22664E+02	1,01036E-02	9,77728E+01	3,89168E-01	4,11937E+02
5,42725E+00	-1,19938E+02	-4,83249E-01	1,16791E+02	1,15451E-01	5,47000E+02
6,38125E+00	-1,68193E+02	-1,67892E-01	-8,11705E+01	-1,68091E-01	8,17662E+02
7,48150E+00	-1,81713E+02	-1,39231E-01	-1,01454E+02	-1,55927E-01	1,15084E+03
8,12900E+00	-6,66188E+01	-2,22304E-01	-2,04507E+02	-2,21986E-02	1,27499E+03
8,54875E+00	1,07608E+02	4,10184E-01	-1,96228E+02	-3,94746E-01	1,41835E+03
9,34000E+00	3,63232E+01	-4,42223E-02	2,31439E+02	3,07575E-01	1,60789E+03
9,85900E+00	2,03147E+02	3,46661E-01	1,28415E+02	-1,57569E-01	1,72148E+03
1,03890E+01	-4,47134E+01	-3,12905E-01	2,43579E+02	3,16338E-01	1,86254E+03
1,09538E+01	2,41230E+02	2,67707E-01	-2,13434E+01	-2,37630E-01	1,96976E+03
1,16903E+01	2,09151E+01	-2,18357E-01	-2,64440E+02	-2,40384E-01	2,21945E+03
1,20625E+01	-3,54744E+01	5,86898E-03	-2,67467E+02	-3,32844E-01	2,31549E+03
1,27673E+01	-2,63252E+02	-5,27831E-01	-8,66062E+01	-5,14733E-02	2,47370E+03
1,37373E+01	-2,00470E+02	9,86344E-02	1,49167E+02	2,15190E-02	2,77046E+03
1,45615E+01	3,03132E+02	5,54386E-01	-1,74536E+01	-5,61822E-02	3,08165E+03
1,52145E+01	-1,03148E+02	-1,33764E-01	-2,91981E+02	-2,84559E-01	3,22775E+03
1,58820E+01	3,00718E+02	4,68026E-01	1,02959E+02	4,01976E-01	3,43094E+03
1,68698E+01	-7,90613E+01	3,51214E-02	3,09922E+02	5,03429E-01	3,48093E+03
1,76978E+01	-2,08598E+02	-1,23050E-01	-2,43347E+02	-9,42271E-02	3,49787E+03
1,85438E+01	1,43829E+02	2,29377E-01	-1,77043E+02	-2,79236E-02	3,49787E+03
1,99633E+01	-6,95902E+01	1,59582E-02	-1,53634E+02	-4,51478E-03	3,49787E+03

## 7 Modélisation E

### 7.1 Caractéristiques de la modélisation

Les modélisations testées sont DIS\_T sur des mailles SEG2. Les caractéristiques de raideur des discrets sont donc du type : K\_T\_D\_L, M\_T\_D\_N.

### 7.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 3, nombre de mailles : 2, éléments SEG2 : 2, éléments POI1 : 1.

### 7.3 Conditions aux limites et chargements

Les nœuds N1, N2, N3 sont bloqués dans la direction X. Les nœuds N1 et N3 sont soumis à un déplacement  $U(t)$  dans les directions Y et Z.

Les conditions en déplacement sont des fonctions du temps :

$$Depl = U_1 \sin(2\pi \cdot f_1 \cdot t) + U_2 \sin(2\pi \cdot f_2 \cdot t) + U_3 \sin(2\pi \cdot f_3 \cdot t)$$

Suivant la direction Y :  $(u, f) = [(0.20, 0.80), (0.15, 1.50), (0.10, 3.00)]$

Suivant la direction Z :  $(u, f) = [(-0.20, 0.90), (0.15, 2.00), (-0.10, 2.80)]$

### 7.4 Grandeurs testées et résultats

Les grandeurs testées sont le déplacement, l'effort, les variables internes.  
Les tolérances sont celles par défaut.

	Nom de la variable	
V2	FORCEY	Force suivant l'axe local y de l'élément.
V3	FORCEZ	Force suivant l'axe local z de l'élément.
V5	DEPLY	Déplacement suivant l'axe local y de l'élément.
V6	DEPLZ	Déplacement suivant l'axe local z de l'élément.
V7	DISSTHER	Dissipation.
V8	PCUM	Indicateur plastique.

INST	V2	V3	V5	V6	V7	V8
1.800E-01	-9,76339E+00	1,80384E+00	-9,76339E-03	1,80384E-03	0,00000E+00	0,00000E+00
8.000E-01	2,53060E-01	-7,35611E+00	2,53060E-04	-7,35611E-03	0,00000E+00	0,00000E+00
1.460E+00	-8,58652E+01	5,32350E+01	-1,46908E-01	1,09032E-01	8,32272E+00	8,32272E-02
1.960E+00	7,87737E+01	-6,10847E+01	6,50043E-02	-3,79406E-02	1,70069E+01	1,70069E-01
2.780E+00	-9,99401E+01	-2,07652E+01	-2,69018E-01	-1,32042E-02	5,46419E+01	5,46419E-01
3.840E+00	-1,24754E+01	-6,26107E+01	9,58159E-02	1,52981E-02	1,36801E+02	1,36801E+00
4.780E+00	-7,30022E+01	7,04884E+01	3,83950E-02	3,61531E-01	3,18056E+02	3,18056E+00
5.480E+00	-7,18446E+00	3,89847E+01	-3,27363E-01	1,41364E-01	4,08092E+02	4,08092E+00
6.120E+00	-9,50005E+01	-3,30017E+01	-1,53635E-01	-1,73728E-03	5,73654E+02	5,73654E+00
6.780E+00	-1,12429E+00	1,01463E+02	-3,60843E-01	2,21657E-01	6,30371E+02	6,30370E+00
7.480E+00	-7,40507E+01	-7,03572E+01	-1,59702E-01	-2,26515E-01	7,97467E+02	7,97467E+00
7.980E+00	-6,14530E+01	4,03704E+01	-2,16861E-02	3,00769E-01	8,45101E+02	8,45100E+00
8.320E+00	7,47458E+01	7,09416E+01	2,69892E-01	2,15605E-01	9,20405E+02	9,20404E+00
8.860E+00	-6,27574E+00	9,91193E+01	-1,68510E-01	3,65878E-02	1,03065E+03	1,03065E+01
9.600E+00	7,55581E+01	-7,11683E+01	1,94515E-01	-3,84419E-01	1,17399E+03	1,17399E+01
9.920E+00	2,80293E+01	5,19272E+01	2,37573E-01	-7,77343E-02	1,19545E+03	1,19545E+01
1.062E+01	-1,02555E+01	-1,03330E+02	5,19531E-02	-4,14710E-01	1,33898E+03	1,33898E+01
1.128E+01	-6,75099E+01	7,23910E+01	7,00008E-02	9,21129E-02	1,42899E+03	1,42899E+01
1.192E+01	9,72411E+01	-3,17902E+01	2,84795E-01	-4,46956E-02	1,56828E+03	1,56828E+01
1.258E+01	-2,72573E+01	2,05437E+01	1,96481E-01	2,23026E-01	1,65862E+03	1,65862E+01
1.310E+01	6,11234E+01	-8,34626E+01	1,07751E-01	-3,88817E-01	1,76770E+03	1,76770E+01
1.384E+01	-3,34017E+01	-7,42701E+01	1,13260E-01	1,06752E-01	1,87612E+03	1,87612E+01
1.456E+01	8,45984E+01	-5,86784E+01	3,80565E-01	-4,53619E-02	2,05557E+03	2,05557E+01
1.528E+01	-3,36578E+01	-1,72431E+01	-1,29200E-01	-2,12960E-01	2,14788E+03	2,14788E+01
1.582E+01	7,63334E+01	7,06393E+01	2,03655E-01	4,00961E-01	2,25968E+03	2,25968E+01
1.650E+01	-2,90055E+00	8,07580E+00	-4,03298E-02	-1,13798E-02	2,32072E+03	2,32072E+01
1.748E+01	-8,47817E+01	-5,09991E+01	5,32560E-03	-3,82677E-02	2,41827E+03	2,41827E+01
1.800E+01	-4,13652E+01	4,41497E+01	4,26800E-02	1,70033E-01	2,43016E+03	2,43016E+01
1.840E+01	8,03769E+01	-5,94173E+01	1,57075E-01	4,85477E-02	2,43316E+03	2,43316E+01
1.886E+01	-9,20692E+01	3,40421E+01	-2,56363E-02	3,25315E-02	2,45228E+03	2,45228E+01
1.960E+01	-6,22050E+00	-5,83337E+01	4,31556E-02	-4,71022E-02	2,45441E+03	2,45441E+01

## 8 Modélisation F

### 8.1 Caractéristiques de la modélisation

Les modélisations testées sont DIS\_T sur des mailles SEG2. Les caractéristiques de raideur des discrets sont donc du type : K\_T\_D\_L, M\_T\_D\_N.

### 8.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 3, nombre de mailles : 2, éléments SEG2 : 2, éléments POI1 : 1.

### 8.3 Conditions aux limites et chargements

Les nœuds N1, N2, N3 sont bloqués dans la direction X.

Les nœuds N1 et N3 sont soumis au déplacement  $U(t)$ , la vitesse  $V(t)$  et l'accélération  $\gamma(t)$  dans les directions Y et Z.

Les conditions en déplacement sont des fonctions du temps :

$$Depl = U_1 \sin(2\pi \cdot f_1 \cdot t) + U_2 \sin(2\pi \cdot f_2 \cdot t) + U_3 \sin(2\pi \cdot f_3 \cdot t)$$

Suivant la direction Y :  $(u, f) = [(0.20, 0.80), (0.15, 1.50), (0.10, 3.00)]$

Suivant la direction Z :  $(u, f) = [(-0.20, 0.90), (0.15, 2.00), (-0.10, 2.80)]$

La condition en vitesse fonction du temps :  $V(t) = \dot{U}(t)$

La condition en accélération fonction du temps :  $\gamma(t) = \ddot{U}(t)$

### 8.4 Grandeurs testées et résultats

Les grandeurs testées sont les déplacements dans le plan, les efforts dans le plan, la dissipation. Les tolérances sont celles par défaut.

INST	FY	UY	FZ	UZ	DISSIP
1,78500E-01	-9,52285E+00	-9,52285E-03	1,73773E+00	1,73773E-03	0,00000E+00
1,45100E+00	-8,83105E+01	-1,62217E-01	4,94879E+01	1,16656E-01	1,00979E+01
2,77425E+00	-9,81071E+01	-2,56739E-01	-2,78561E+01	-4,34820E-02	6,79684E+01
4,40475E+00	6,15594E+01	8,85626E-02	8,08338E+01	2,20000E-01	2,80220E+02
5,21475E+00	3,64047E+01	-3,32108E-02	-9,57140E+01	-3,26796E-01	4,14575E+02
5,82650E+00	8,73484E+01	3,41345E-01	5,88935E+01	4,41383E-01	5,54339E+02
6,67125E+00	-9,72060E+01	-1,81786E-01	-2,97775E+01	-2,07197E-01	6,49955E+02
7,47850E+00	-8,24549E+01	-1,66154E-01	-5,97317E+01	-1,89185E-01	8,67545E+02
8,07975E+00	-3,70270E+01	-2,89837E-01	-9,23438E+01	4,67886E-02	9,58962E+02
8,61150E+00	-6,02897E+01	2,95664E-01	-6,44423E+01	-3,58656E-01	1,06271E+03
9,59300E+00	7,82344E+01	2,51358E-01	-6,95014E+01	-4,29696E-01	1,28286E+03
1,01268E+01	-1,01830E+02	-3,72252E-01	1,85394E+01	7,85525E-02	1,37195E+03
1,09618E+01	5,79435E+01	2,41413E-01	-8,48922E+01	-2,26152E-01	1,52979E+03
1,16763E+01	1,94219E+01	-2,01469E-01	-9,92547E+01	-2,37830E-01	1,66580E+03
1,21353E+01	-5,53783E+01	5,35186E-02	6,32611E+01	-2,40125E-01	1,75090E+03
1,30893E+01	5,37249E+01	1,33765E-02	-8,90513E+01	-4,86920E-01	1,92774E+03
1,40900E+01	-5,35883E+01	-4,72384E-01	-9,03927E+01	-3,13451E-01	2,10573E+03
1,47685E+01	-7,72478E+01	-2,74588E-03	6,68629E+01	4,24219E-01	2,27596E+03
1,56093E+01	9,21142E+01	3,71403E-05	-3,76089E+01	-1,61524E-01	2,39968E+03
1,66685E+01	-9,95112E+01	-1,25825E-01	-1,44851E+01	-1,48023E-01	2,52738E+03
1,77000E+01	-9,72174E+01	-1,10377E-01	-2,44149E+01	-4,87330E-02	2,64239E+03
1,83155E+01	9,87313E+01	8,53027E-02	-1,37029E+01	7,16409E-02	2,66226E+03
1,89980E+01	-6,21933E+01	-5,04685E-02	7,77303E+01	4,14958E-02	2,68767E+03

## 9 Synthèse des résultats

Ces tests permettent de vérifier le bon fonctionnement des éléments discrets avec le comportement `DIS_ECRO_TRAC` dans le cadre d'une utilisation avec la commande `DYNA_NON_LINE` et `DYNA_VIBRA`.

Le comportement est testé :

- dans la direction  $x$  locale du discret, avec un écrouissage isotrope.
- dans les directions  $y$  et  $z$ , plan tangent au discret, avec un écrouissage isotrope et cinématique.

La commande `STAT_NON_LINE` utilise un algorithme implicite et calcule 1281 pas de temps, sans adaptation du pas.

La commande `DYNA_VIBRA` utilise un algorithme explicite et adapte le pas pour la résolution du schéma en temps, cela conduit à calculer 42796 pas de temps.

Bien que le nombre de pas de temps lors de l'étude avec `DYNA_VIBRA` soit 33 fois plus important que pour l'étude avec `STAT_NON_LINE`, la commande `DYNA_VIBRA` est 10 fois plus rapide en temps CPU que la commande `STAT_NON_LINE`.

*Remarque* : l'écrouissage cinématique n'est pas disponible dans la direction  $x$  locale du discret (aucune demande et besoin à ce jour).