# 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.



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

# 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).

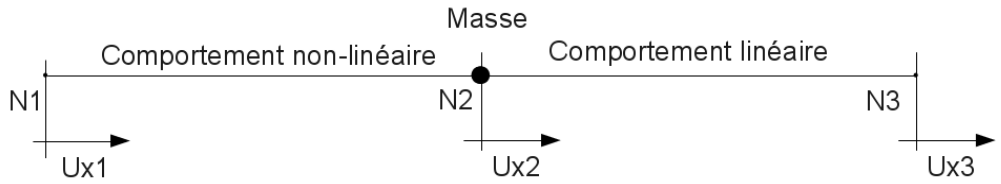



**Figure 1.1-a : Modèle du dispositif.**

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 écrouissage 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 écrouissage 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 écrouissage 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 écrouissage 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 écrouissage cinématique, dans le plan tangent local du discret, de la loi DIS_ECRO_TRAC avec l'opérateur DYNA_NON_LINE.



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

### 1.2.6 Modélisation F

Cette modélisation permet de tester le comportement non linéaire de type écrouissage 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 $k_{lin} = 400\,N.mm$ .
La masse est $M = 200\,kg$ .

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 :

$$R(p) = \frac{K_{elas} \cdot p}{\left[1+\left(\frac{k_{elas} \cdot p}{F_u - F_y}\right)^n\right]^{(1/n)}} \qquad \text{avec} \quad K_{elas} = \frac{200.0\,N}{0.5\,mm} = 400\ N/mm$$

$$F_y = 200.0\,N$$
$$F_u = 450.0\,N$$
$$n = 1.5$$

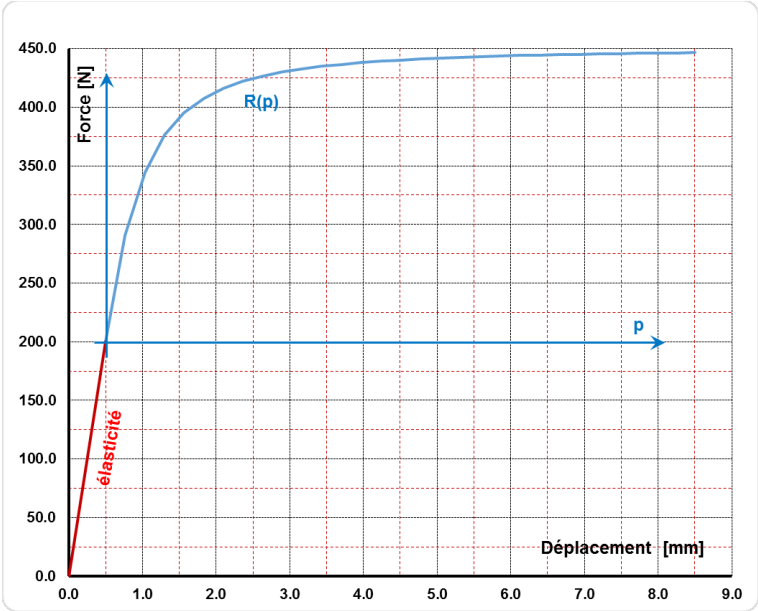



**Figure** 1.3.1-a **: Comportement non-linéaire**

### 1.3.2 Modélisations C et D

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

Le comportement est du type "écrouissage isotrope" dans le plan tangent local à l'élément. Il est définit 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),
)
```



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

### 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 définit 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 :
$U(t) = U_0.\sin(2\pi.f.t)/(2\pi.f)$ avec $f = 0.5\,Hz$ et $U_0$=6.0mm

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

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 : $\gamma(t) = \ddot{U}(t)$


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

# 2 Solutions de référence

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

### 2.1.1 Modélisation A

La modélisation $A$ sert da 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.



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

# 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.

$U(t) = U_0.\sin(2\pi.f.t)/(2\pi.f)$ avec $f = 0.5\,Hz$ et $U_0 = 6.0\,mm$

## 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.

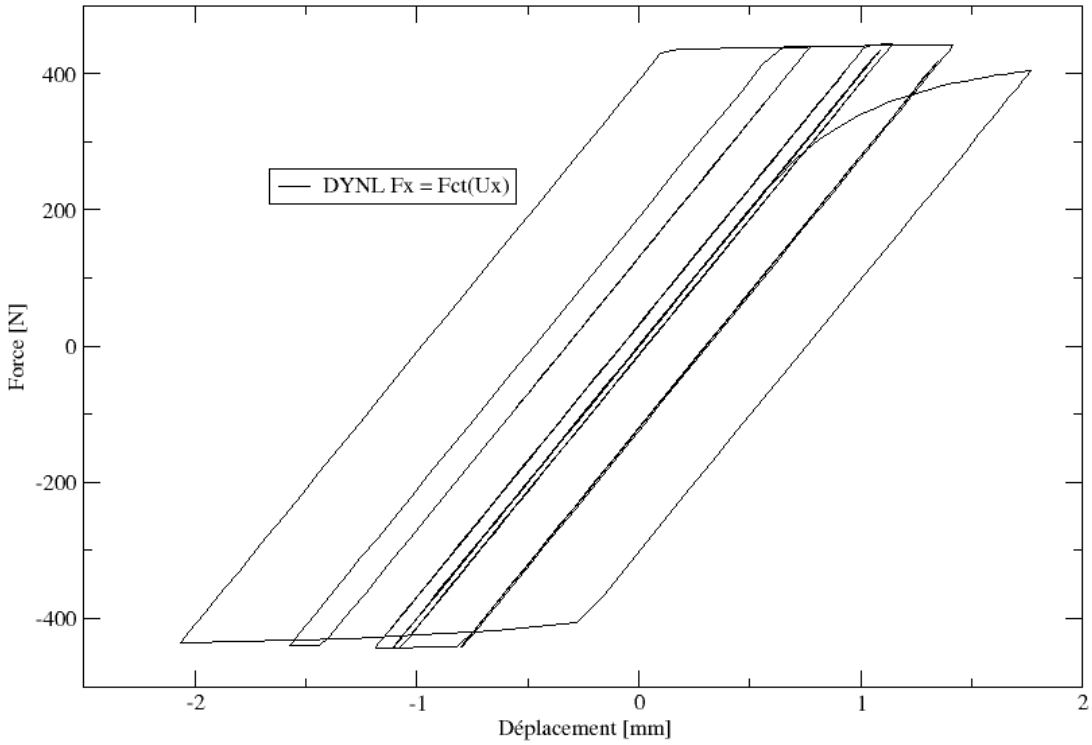



**Figure** 3.4-a **: Réponse force-déplacement au nœud N2 .**



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

Le tableau suivant donne les valeurs des variables internes liées au comportement DIS_ECRO_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 |



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

# 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 :

$U(t) = U_0.\sin(2\pi.f.t)/(2\pi.f)$ avec $f=0.5\,Hz$ et $U_0$=6.0mm

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.

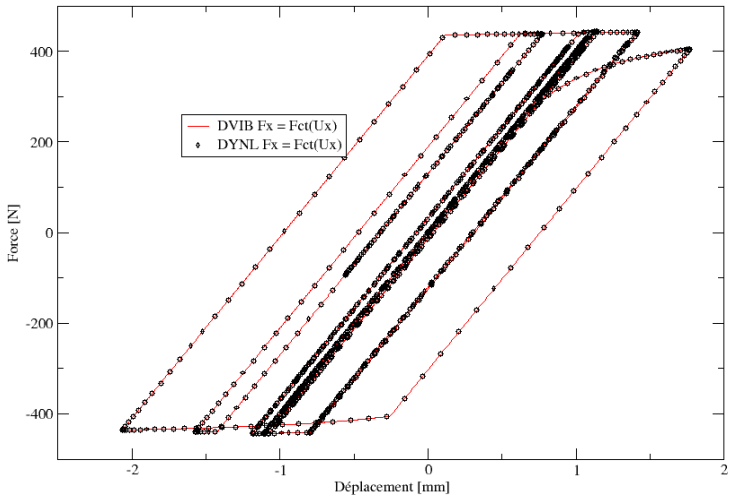



**Figure** 4.4-a **: Comparaison de la réponse force-déplacement au nœud N2 .**


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

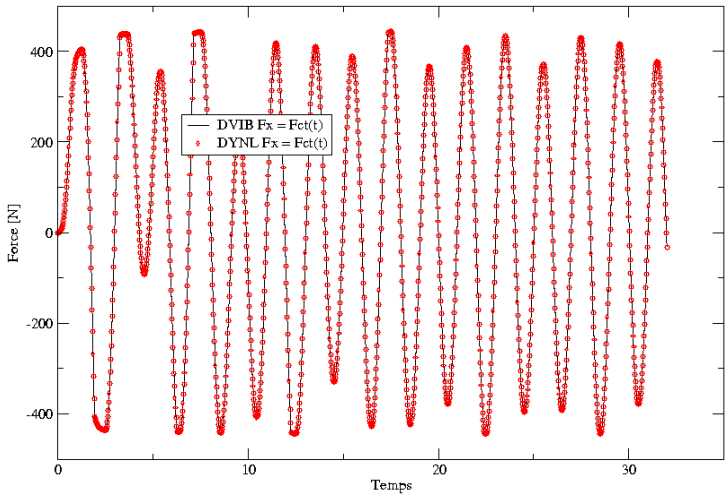



**Figure** 4.4-b **: Comparaison force vs temps au nœud** N2 **.**

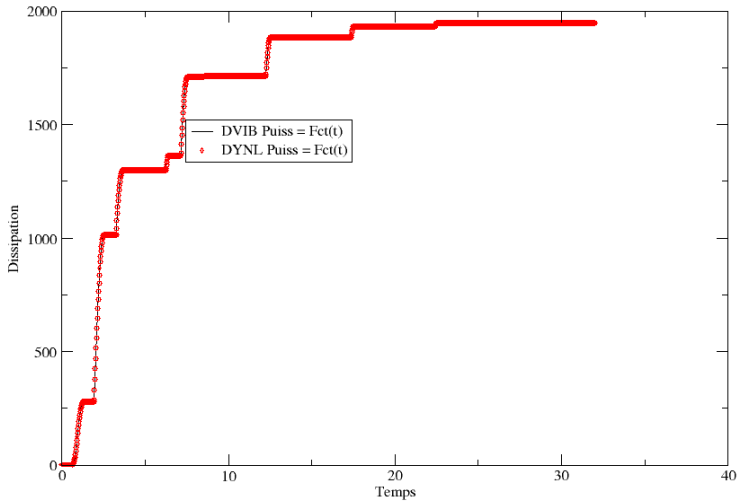



**Figure** 4.4-c **: Comparaison de la dissipation vs temps.**

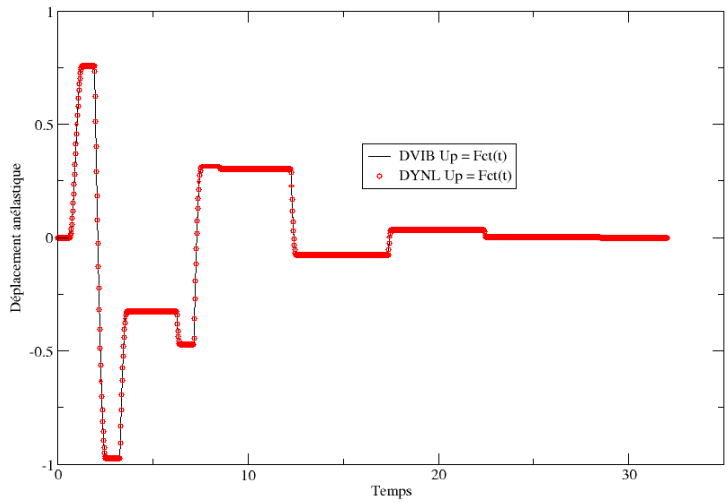



**Figure** 4.4-d **: Comparaison du déplacement anélastique vs temps.**



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

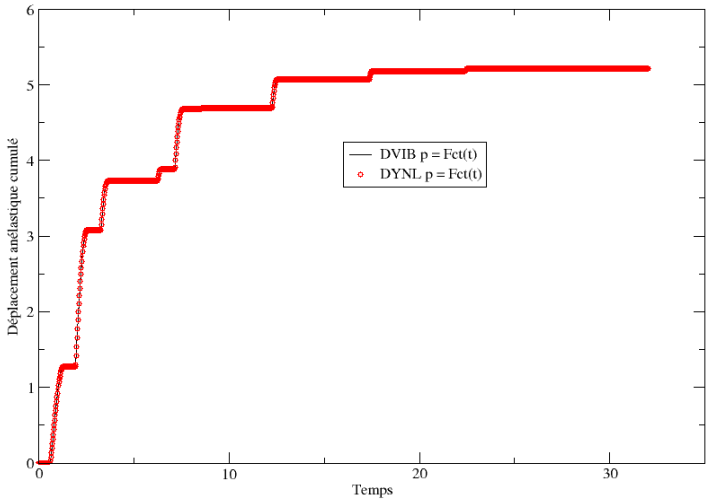



**Figure** 4.4-e **: Comparaison du déplacement anélastique cumulé vs temps.**



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

# 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 :

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

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 |



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

# 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 :

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

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 |



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

# 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 :

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

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 |



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

# 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 :

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

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 |



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

# 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).



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