

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).

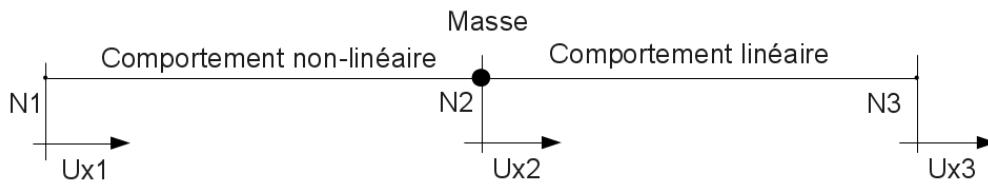


Figure 1.1-a : Modèle du dispositif.

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 traitent 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 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 la loi DIS_ECRO_TRAC avec l'opérateur DYNA_VIBRA.

1.3 Propriétés matériaux

1.3.1 Modélisation 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 :

$$R(p) = \frac{K_{elas} \cdot p}{\left[1 + \left(\frac{K_{elas} \cdot p}{F_u - F_y}\right)^n\right]^{(1/n)}}$$

avec $K_{elas} = \frac{200.0 \text{ N}}{0.5 \text{ mm}} = 400 \text{ N/mm}$
 $F_y = 200.0 \text{ N}$
 $F_u = 450.0 \text{ N}$
 $n = 1.5$

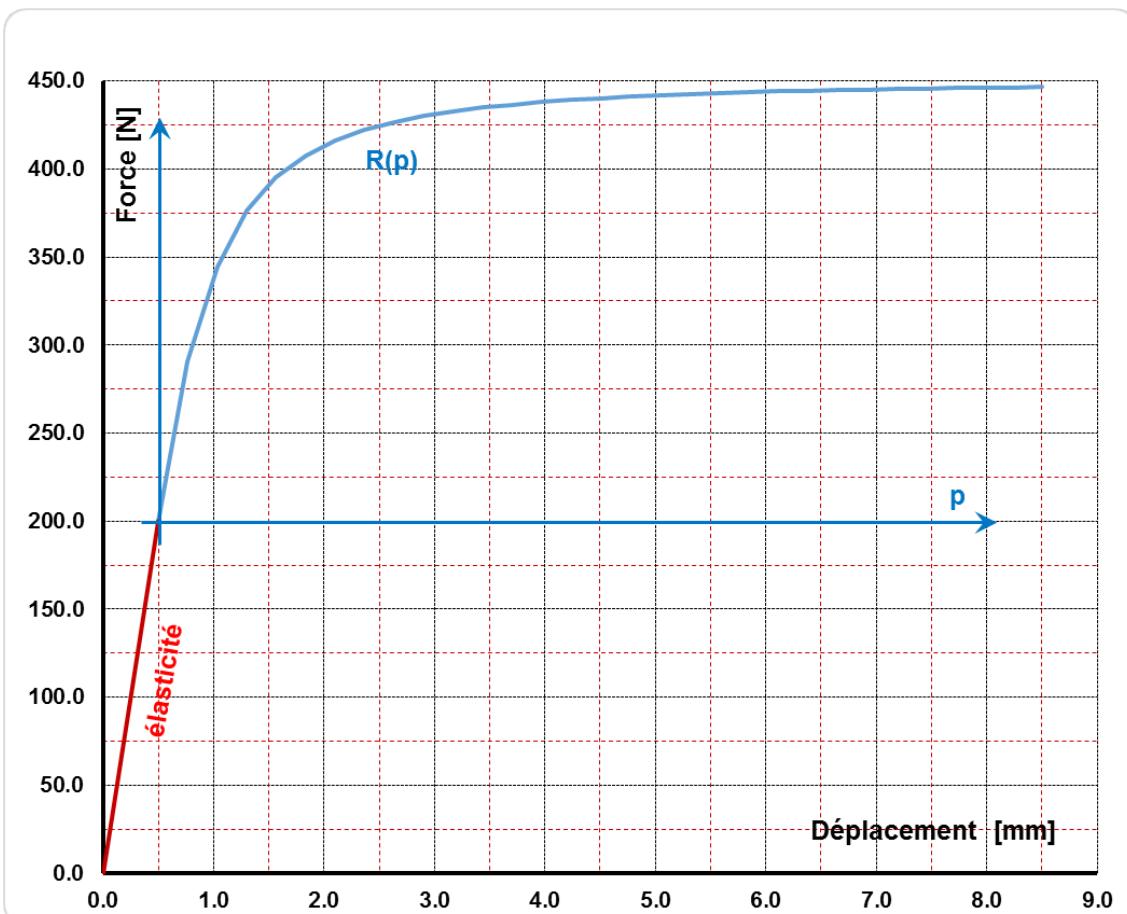


Figure 1.3.1-a : Comportement non-linéaire

1.4 Conditions aux limites et chargements

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

Pour la modélisation A, 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 :

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

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

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

2 Solutions de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour les solutions de référence

2.1.1 Modélisation A

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

2.1.2 Modélisation B

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

2.2 Incertitude sur la solution

2.2.1 Modélisation A

Sans objet.

2.2.2 Modélisation B

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 noeuds : 3, nombre de mailles : 2, éléments `SEG2` : 2, éléments `POI1` : 1.

3.3 Conditions aux limites et chargements

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

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

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

3.4 Grandeur testées et résultats

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

- le déplacement du noeud `N2`,
- l'effort au noeud `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.

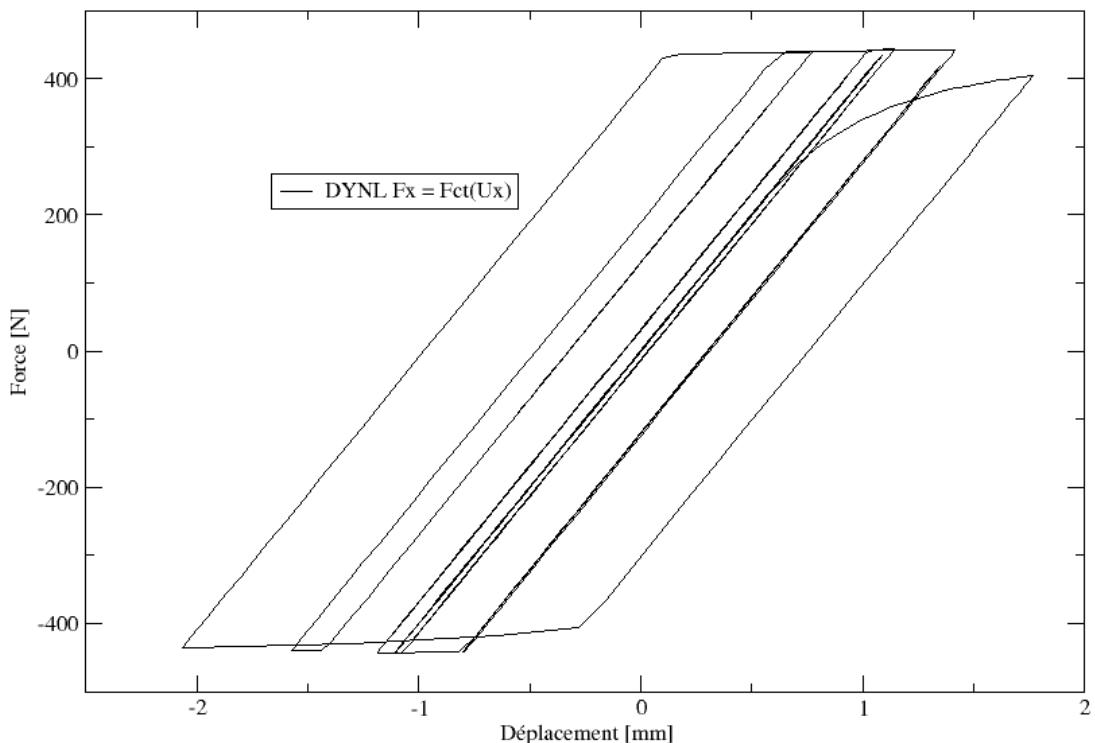


Figure 3.4-a : Réponse force-déplacement au noeud `N2`.

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

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

4.3 Conditions aux limites et chargements

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

Les noeuds 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 :

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

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 Grandeur 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 noeud N2,
- l'effort au noeud 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.

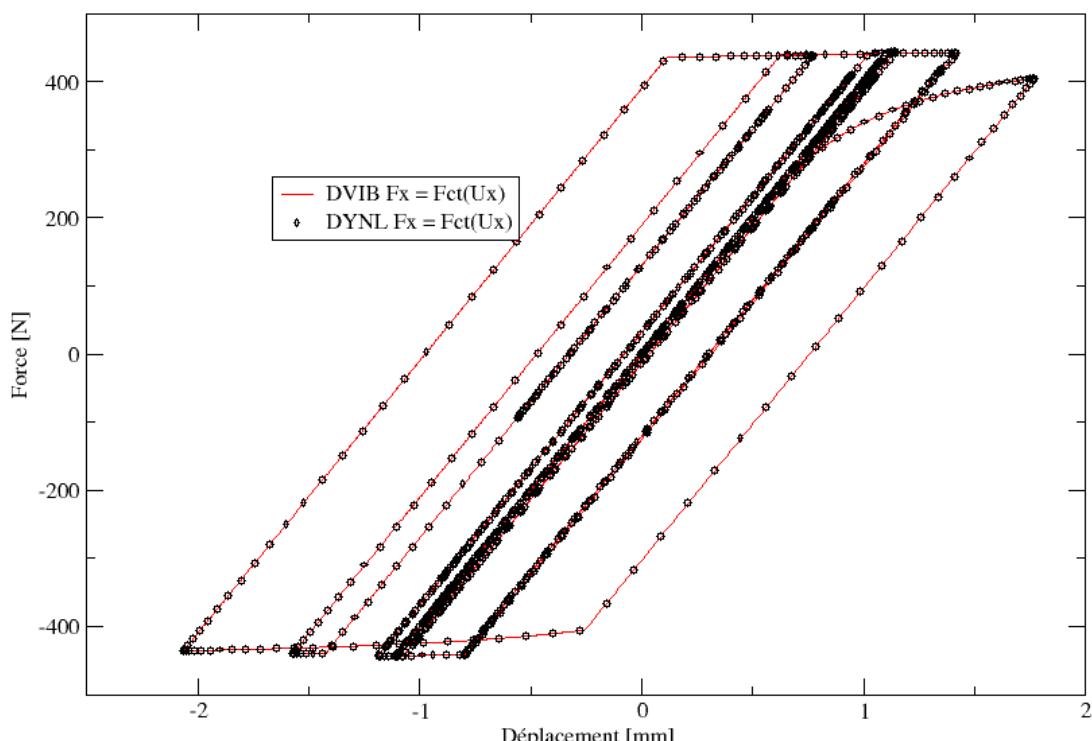


Figure 4.4-a : Comparaison de la réponse force-déplacement au noeud N2 .

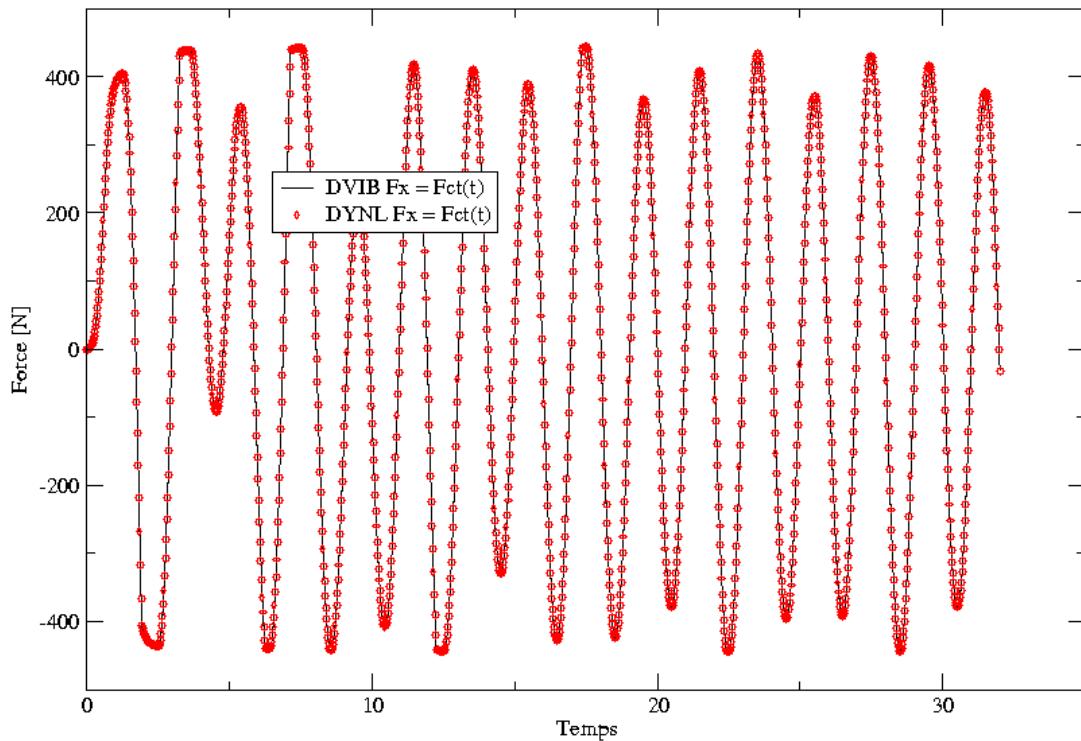


Figure 4.4-b : Comparaison force vs temps au nœud N2 .

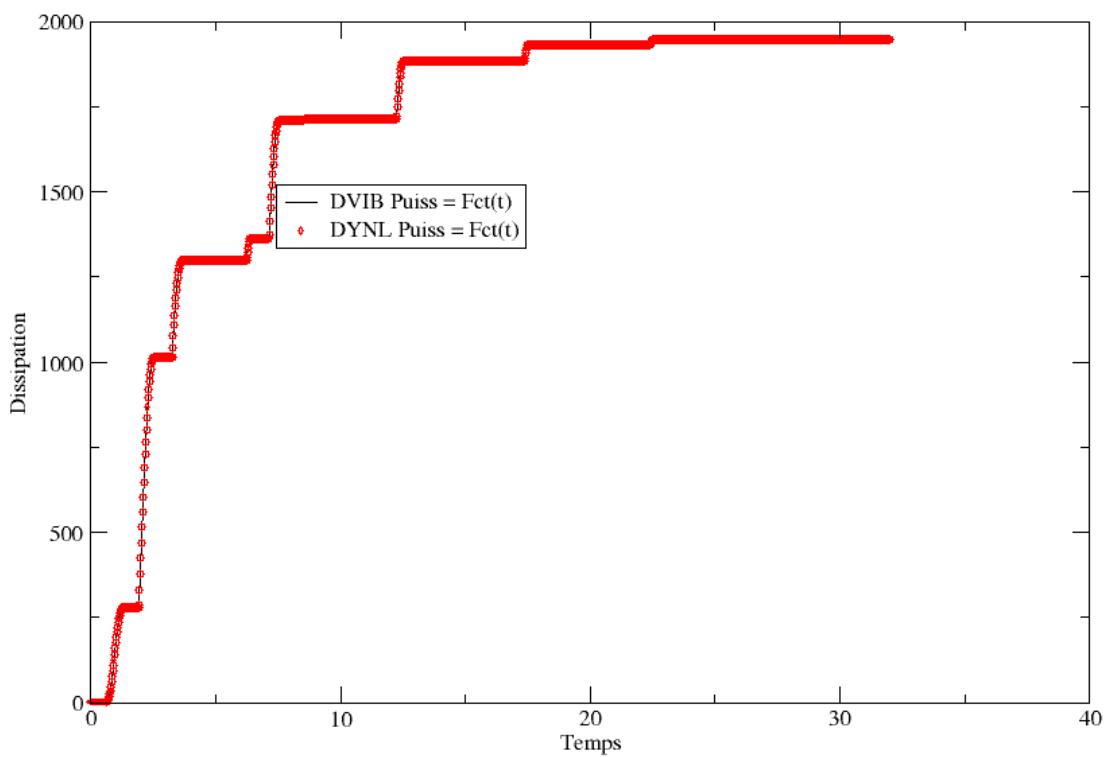


Figure 4.4-c : Comparaison de la dissipation vs temps.

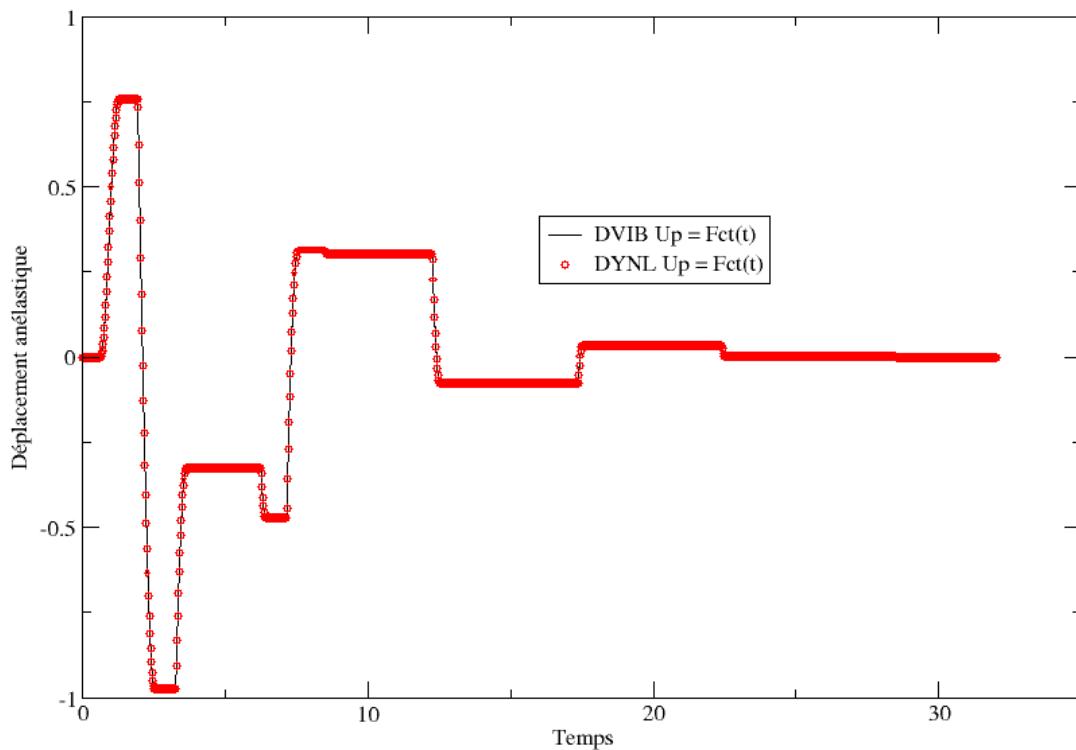


Figure 4.4-d : Comparaison du déplacement anélastique vs temps.

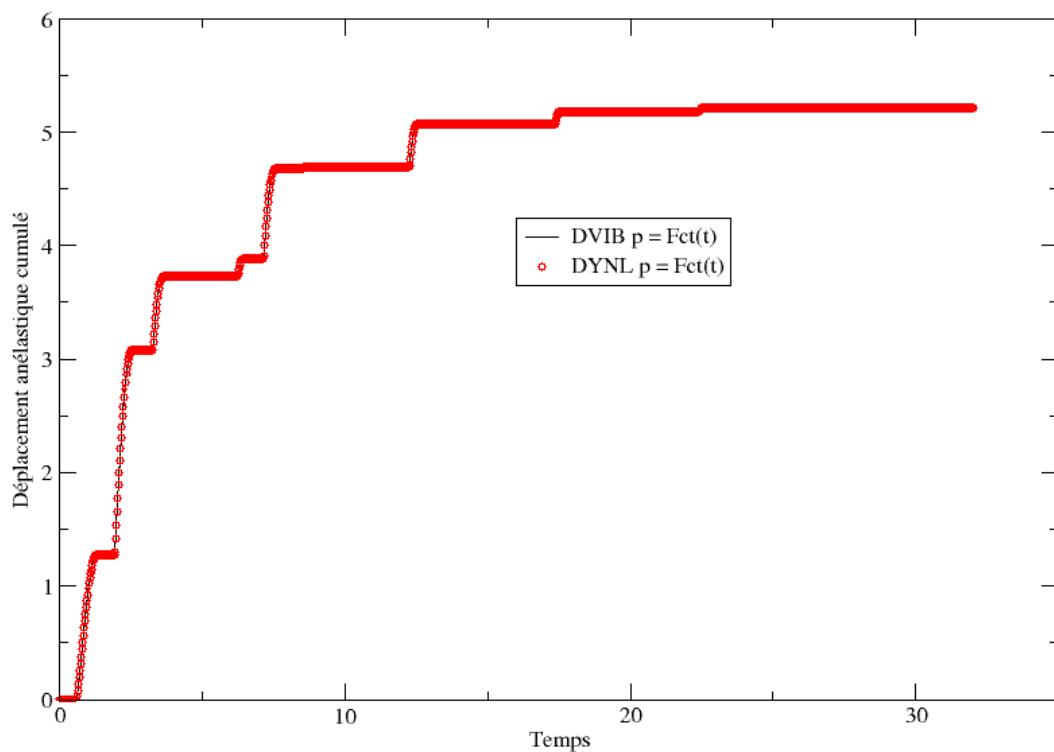


Figure 4.4-e : Comparaison du déplacement anélastique cumulé vs temps.

5 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`.

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`.