

Manuel de Validation**Fascicule V5.02 : Dynamique non linéaire des systèmes linéiques****Document : V5.02.130**

SDNL130 - Réponse sismique d'une poutre en béton armé (section rectangulaire) à comportement non linéaire

Résumé :

Le problème consiste à analyser la réponse sismique d'une poutre en béton armé par l'intermédiaire d'une modélisation poutre multifibres [R3.08.08]. Le comportement de la poutre BA est non linéaire. Le béton est modélisé avec la loi de comportement de La Borderie dans sa version 1D [R7.01.07].

1 Caractéristiques générales

1.1 Géométrie

La géométrie est identique à celle des cas test SSNL119 et SDLL130 sauf pour les armatures longitudinales qui sont identiques : 4 HA32

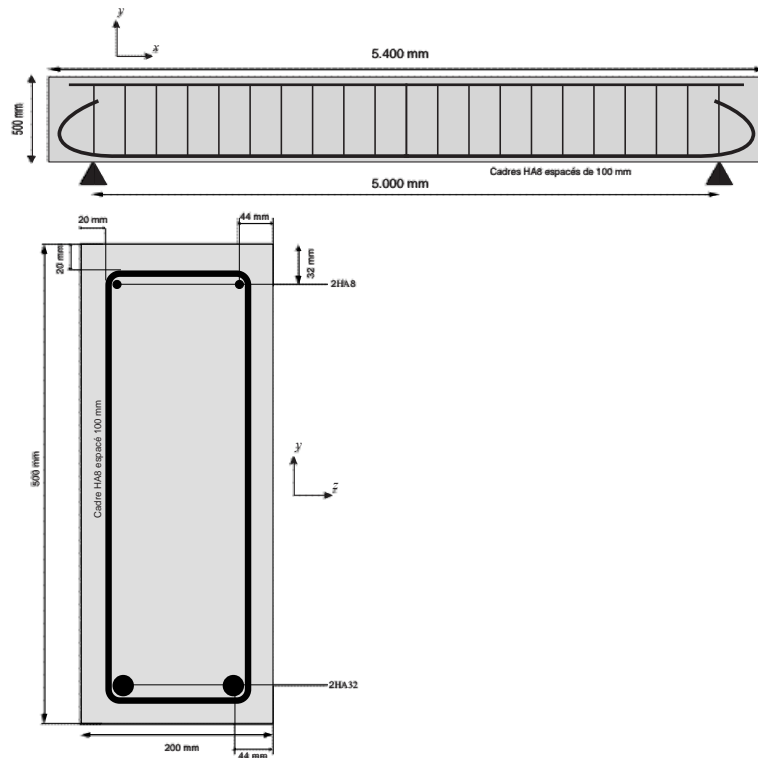


Figure 1.1-a : Géométrie de la structure

NB : les armatures transversales ne sont pas prises en compte dans les calculs

1.2 Propriétés de matériaux

- béton : $E = 37\,272\text{ MPa}$, $\nu = 0.2$, $\sigma_{ft} = 3.9\text{ MPa}$, $\sigma_{fc} = 38.3\text{ MPa}$, $\varepsilon_{fc} = 2.0 \cdot 10^{-3}$, $G_f^1 = 110\text{ J/m}$, $\rho = 2400\text{ kg/m}^3$
- acier : $E = 200\,000\text{ MPa}$, $\nu = 0.33$, $\sigma_e = 400\text{ MPa}$, $E_T = 3\,280\text{ MPa}$, $\rho = 7800\text{ kg/m}^3$
- Amortissement : de type Rayleigh ($\alpha K + \beta M$), avec 5% sur les modes 1 et 2

1.3 Conditions aux limites et chargements

Appui simple en B : $dy = 0$

Appui "double" en A : $dx = dy = 0$

Pour éviter les modes propres hors plan, on bloque les degrés de liberté suivants sur toute la poutre : $rx = ry = dz = 0$

Chargement : séisme ac_s2_c_1 [Figure 1.3-a], dans l'axe OY appliqué aux deux appuis (facteur d'amplification du signal = 45).

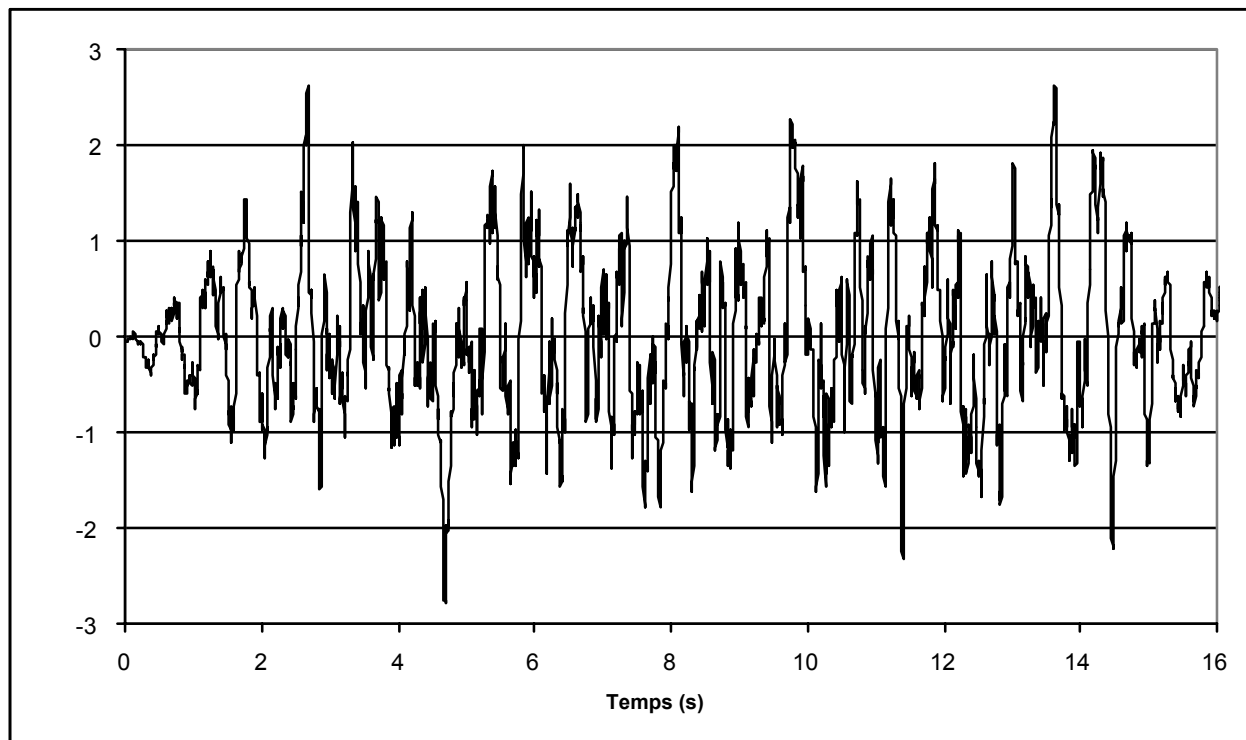


Figure 1.3-a : Accélérogramme ac_s2_c_1 imposé à la structure

2 Solution de référence

La solution de référence est un calcul réalisé à l'aide du code de calcul EFICOS [bib1]. Il s'agit d'un calcul multicouches (2D) avec les mêmes modèles pour les matériaux. Les éléments ne comportent qu'un point de Gauss selon leur axe et la résolution globale est faite par un algorithme à matrice sécante.

Pour avoir des résultats comparables en termes de localisation et en termes de résultats locaux (contraintes et déformations au point de Gauss le plus proche du milieu de la poutre), le calcul avec EFICOS (1 point par élément) est réalisé avec 10 éléments par demi-travée alors que le calcul avec Code_Aster (2 points par élément) est réalisé avec 8 éléments par demi-travée.

Cette différence dans l'intégration est la principale source des différences constatées dans le paragraphe [§4].

3 Modélisation

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Maillage longitudinal de la poutre :

Il est composé de 17 nœuds et 16 paires d'éléments POU_D_EM (16 éléments pour le béton et 16 pour l'acier).

Section transversale de la poutre :

Le béton est modélisé par un maillage (AFFE_SECT) composé de 2 x 20 quadrilatères (40 fibres)

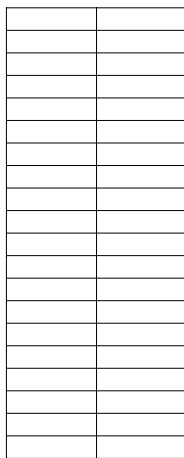


Figure 3.1-a : discrétisation de la section

L'acier est modélisé par 4 fibres ponctuelles (AFFE_FIBRE)

Les coefficients α et β pour l'amortissement sont calculés à l'aide de la formule suivante :

$$\begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} = 2 \frac{\omega_1 \omega_2}{\omega_2^2 - \omega_1^2} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ \omega_2 & \omega_1 \\ \omega_2 & -\omega_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \end{pmatrix}$$

où ω_1 et ω_2 sont les deux premières pulsations propres ($f = 2\pi\omega$) et ξ_1 et ξ_2 sont les amortissements désirés sur les deux premiers modes.

Avec $f_1 = 39,9 \text{ Hz}$ et $f_2 = 157,6 \text{ Hz}$ (calculées avec ASTER), pour des amortissements modaux de 5%, nous trouvons : $\alpha = 8.10^{-5}$ et $\beta = 20$.

Pour le calcul de la réponse temporelle, le pas de temps choisi est $1/100^{\text{ème}}$ de seconde.

3.2 Fonctionnalités testées

Commandes

CREA_MALLAGE	CREA_GROUP_MA		
AFFE_MODELE	MAILLAGE		
	AFFE	TOUT PHENOMENE MODELISATION	'OUI' 'MECANIQUE' 'POU_D_EM'
DEFI_MATERIAU		'ELAS' 'LABORD_1D' 'ECRO_LINE'	
AFFE_MATERIAU		GROUP_MA MATER	
AFFE_CARA_ELEM	POUTRE	GROUP_MA SECTION	
	ORIENTATION	GROUP_MA CARA	'ANGL_VRIL'
	AFFE_SECT	GROUP_MA MAILLAGE_SECT	'OUI'
		TOUT_SECT	
	AFFE_PONCT	GROUP_MA CARA VALE	'SURFACE'
AFFE_CHAR_MECA	MODELE		
	DDL_IMPO VECT_ASSE	GROUP_NO	
CALC_MATR_ELEM	OPTION	'RIGI_MECA' 'MASS_MECA' 'AMOR_MECA'	
NUME_DDL	MATR_RIGI METHODE RENUM	'LDLT' 'SANS'	
ASSE_MATRICE	MATR_ELEM NUME_DDL		
CALC_CHAR_SEISME	MONO_APPUI DIRECTION	'OUI'	
DYNA_NON_LINE	MODELE CHAM_MATER CARA_ELEM INCREMENT NEWMARK NEWTON	MATRICE PREDICTION CHARGE FONC_MULT RELATION	'TANGENTE' 'ELASTIQUE'
	EXCIT		
	COMP_INCR		'LABORD_1D' 'VMIS_CINE_LINE',
	CONVERGENCE	RESI_GLOB_RELA ITER_GLOB_MAXI	
	ARCHIVAGE	CHAM_EXCLU	'VITE' 'ACCE'
		LIST_INST	
CALC_NO	OPTION	'REAC_NODA'	

4 Résultats

Les courbes de réaction en fonction du temps et flèche au centre en fonction du temps sont présentées sur les figures [Figure 4-a] à [Figure 4-d].

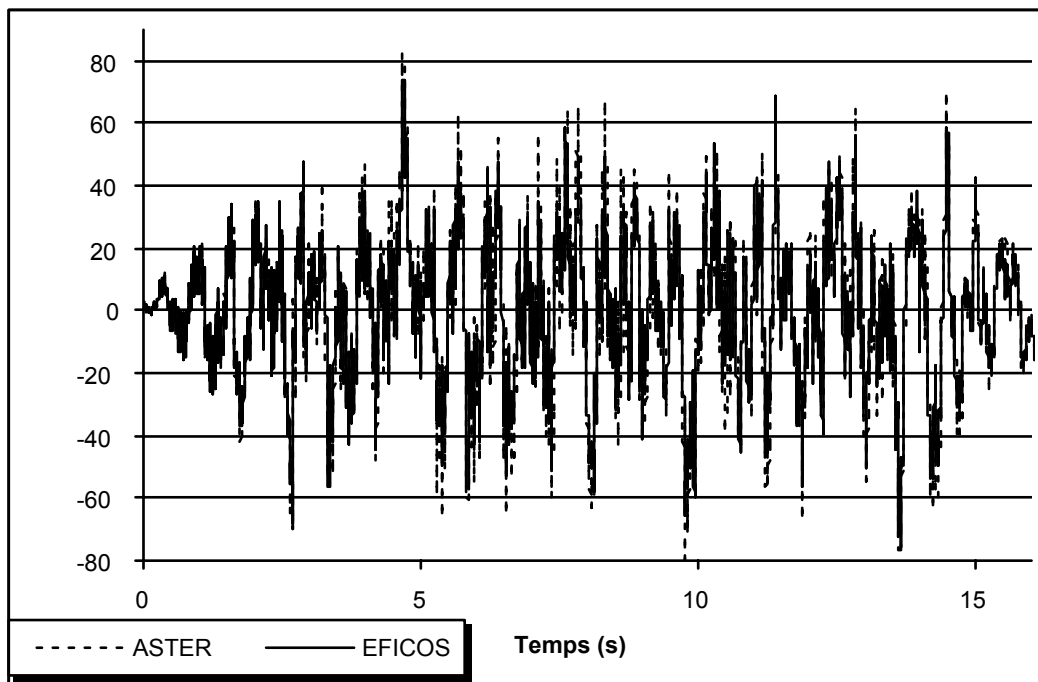


Figure 4-a : Réaction au premier appuis en fonction du temps

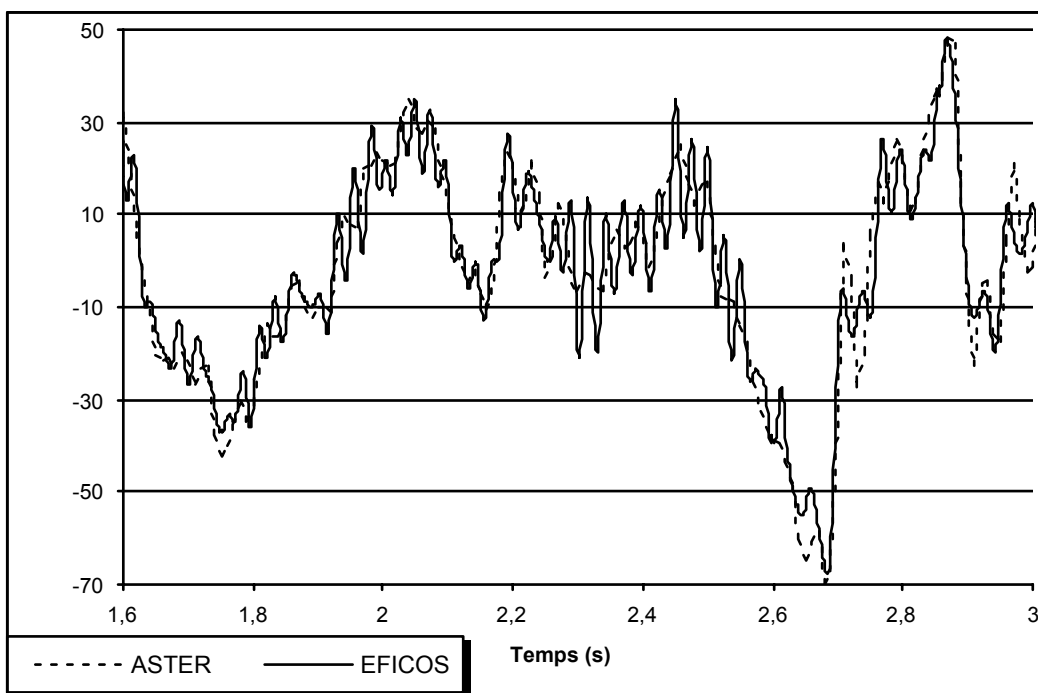


Figure 4-b : Détail de la réaction entre 1,6 et 3 secondes

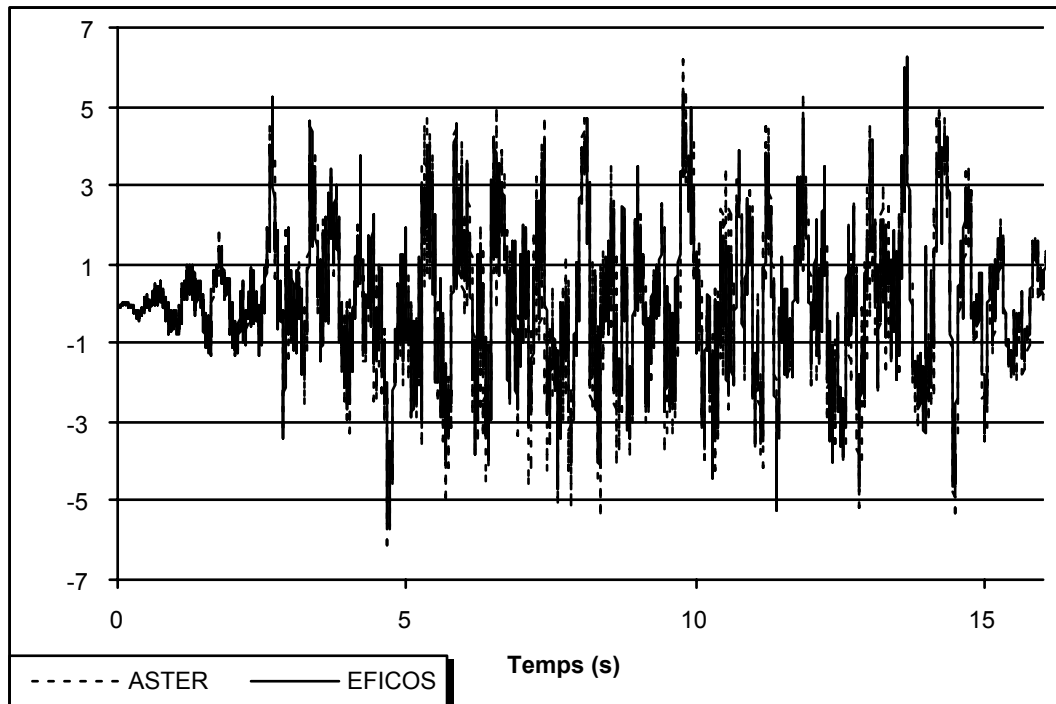


Figure 4-c : Flèche au centre en fonction du temps

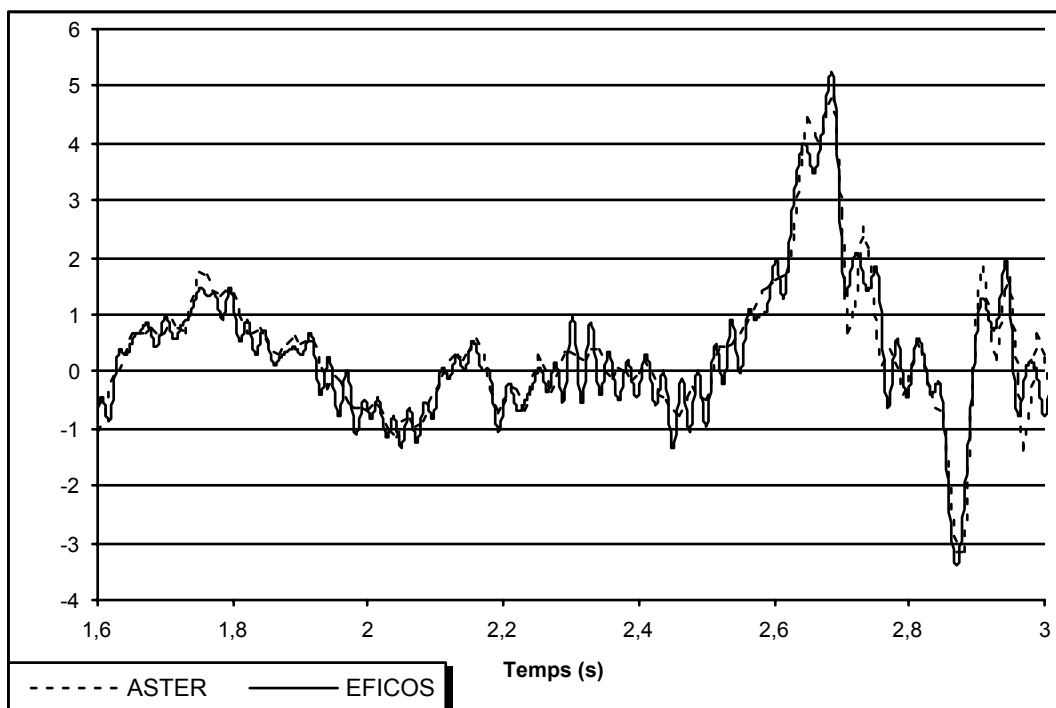


Figure 4-d : Détail de la flèche entre 2,5 et 2,8 secondes

Remarque :

La solution EFICOS est plus oscillante car le pas de temps choisi avec ce code était 1/1000ème de seconde.

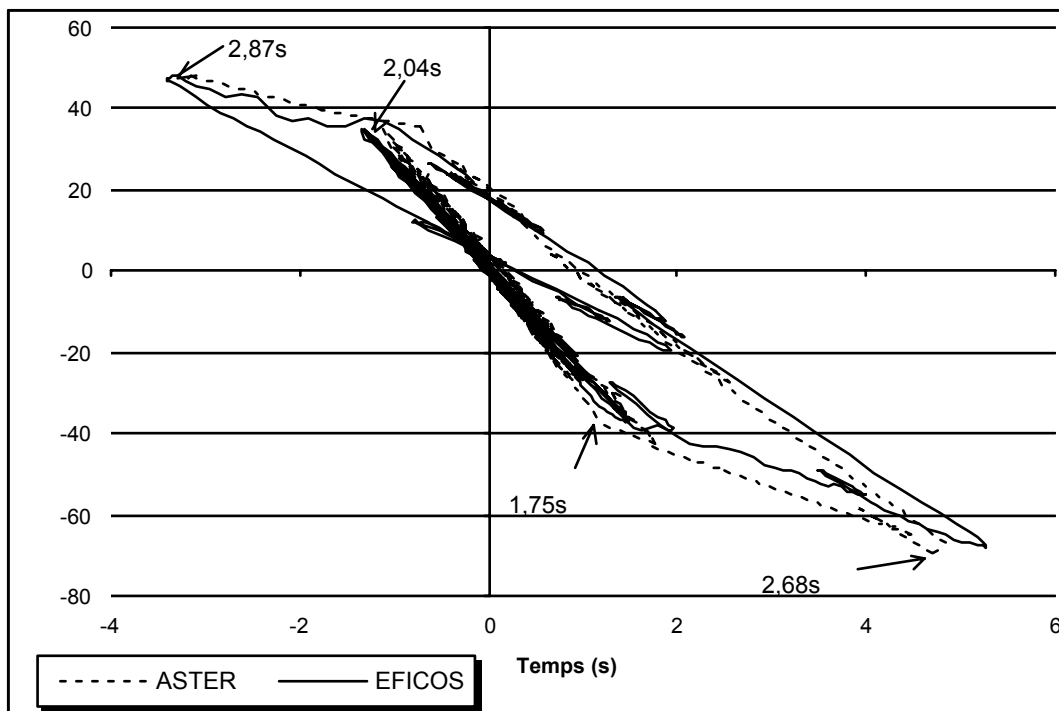


Figure 4-e : Courbe réaction-flèche pour les 3 premières secondes

On effectue des tests de résultats (TEST_RESU) pour la réaction sur le premier appui et la flèche au centre. On teste ces valeurs pour quelques extremums dans les 3 premières secondes de séisme, c'est-à-dire aux alentours des temps 1,75s (tout début du domaine non linéaire), puis 2,04s, 2,68s et 2,87s lorsque la structure est déjà fortement endommagée.

Remarque :

Pour avoir un cas test ne consommant pas inutilement du temps CPU, seules les 3 premières secondes de séisme sont testées.

FLECHE	EFICOS	ASTER	Erreur relative %
1,75 s	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	13,3
2,04 s	$-1,3 \cdot 10^{-3}$	$-1,1 \cdot 10^{-3}$	13,1
2,68 s	$5,2 \cdot 10^{-3}$	$4,7 \cdot 10^{-3}$	9,6
2,87 s	$-3,4 \cdot 10^{-3}$	$-3,1 \cdot 10^{-3}$	7,9

REACTION	EFICOS	ASTER	Erreur relative %
1,75 s	$-3,7 \cdot 10^4$	$-4,2 \cdot 10^4$	14,3
2,00 s	$3,5 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^4$	0,3
2,69 s	$-6,8 \cdot 10^5$	$-6,7 \cdot 10^5$	1,7
2,87 s	$4,8 \cdot 10^5$	$4,8 \cdot 10^5$	0,2

On constate que les différences en effort dans le domaine non linéaire sont très faibles, alors qu'il y a une différence certaine pour les déplacements. Cette différence est très certainement due aux effets de l'amortissement qui joue un grand rôle sur les déplacements.

5 Bibliographie

- [1] GHAVAMIAN Sh., MAZARS J. : Stratégie de calculs simplifiés pour l'analyse du comportement des structures en béton armé: le code EFICOS. Revue française de génie civil 1998 ; 2 : 61-90.

6 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus avec le Code_Aster sont en assez bon accord avec ceux du code EFICOS.