SDLL130 - Réponse sismique d'une poutre en béton armé (section rectangulaire) à comportement linéaire

Résumé :

Le problème consiste à analyser la réponse sismique d'une poutre en béton armé par l'intermédiaire d'une modélisation poutre multifibres (POU_D_EM, modélisation B).

Le calcul de référence (modélisation A) est fait à l'aide de *Code_Aster* avec des éléments « classiques » de poutre Euler Bernoulli (POU_D_E).

La modélisation C est un copie de la modélisation A permettant de valider l'utilisation des conditions aux limites cinématiques et non-homogènes avec DYNA_VIBRA pour les calculs transitoires sur base physique.

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

1 Caractéristiques générales

1.1 Géométrie

Il s'agit d'une poutre simplement supportée sur ses deux appuis [Figure 1.1-a].

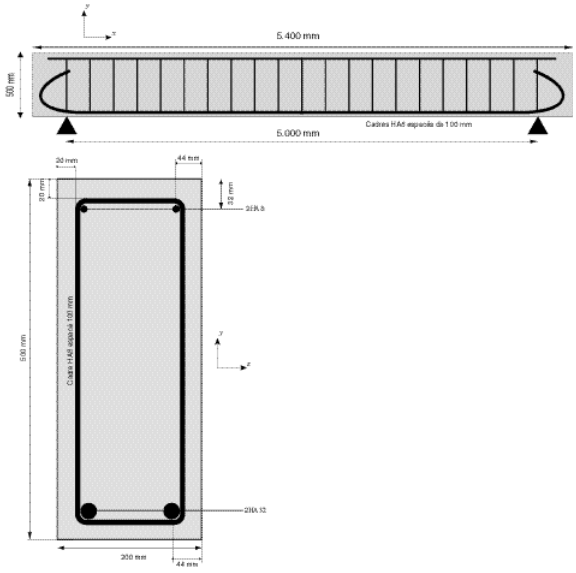


Figure 1.1-a : géométrie de la structure

1.2 Propriétés de matériaux

- Béton : $E=37272\,MPa$, $\nu=0.2$, $\rho=2400\,kg/m^3$
- acier : $E=200000\,MPa$, $\nu=0.33$, $\rho=7800\,kg/m^3$
- 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 = 137).

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

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

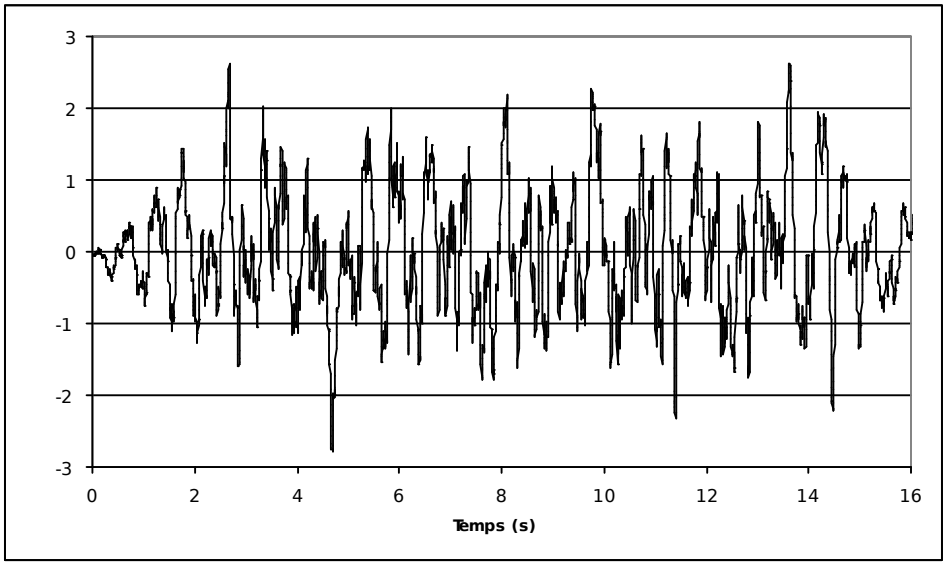


Figure 1.3-a : Accélérogramme ac_s2_c_1 imposé à la structure

2 Solution de référence – Modélisation A

La référence est obtenue par un calcul *Code_Aster* avec des éléments classiques de poutre d'Euler (POU_D_E). Les caractéristiques pour ce calcul de référence sont obtenues en homogénéisant la section acier-béton :

Section : $S_{eq} = S_b + \frac{E_a}{E_b} S_a = 0{,}1 + \frac{200000}{37272} \times 0{,}0017 = 0{,}109\ m^2$

Moment quadratique : $I_{eq} = I_b + \frac{E_a}{E_b} I_a = 2{,}078.10^{-3} + \frac{200000}{37272} \times 8{,}122.10^{-5} = 2{,}514.10^{-3}\ m^4$

La masse volumique retenue est celle du béton (le poids de l'acier est négligé).

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

3 Modélisation B (POU_D_EM)

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 (DEFI_GEOM_FIBRE / SECT) composé de 2×20 quadrilatères (40 fibres)

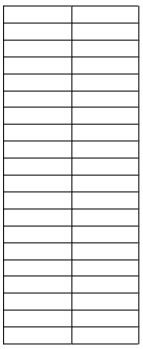


Figure 3.1-a : Discrétisation de la section

L'acier est modélisé par 4 fibres ponctuelles (DEFI_GEOM_FIBRE / FIBRE)

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

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

où ω_1 et ω_2 sont les deux premières pulsations propres $(\omega=2\pi f)$ et ξ_1 et ξ_2 sont les amortissements désirés sur les deux premiers modes.
Avec $f_1=37.8\,Hz$ et $f_2=149.2\,Hz$ (voir paragraphe [§4]), pour des amortissements modaux de 5% , nous trouvons : $\alpha=8.5\,10^{-5}$ et $\beta=18.985$.

Pour le calcul de la réponse temporelle, le pas de temps choisi est 1/100ème de seconde.

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

3.2 Grandeurs testées et 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].

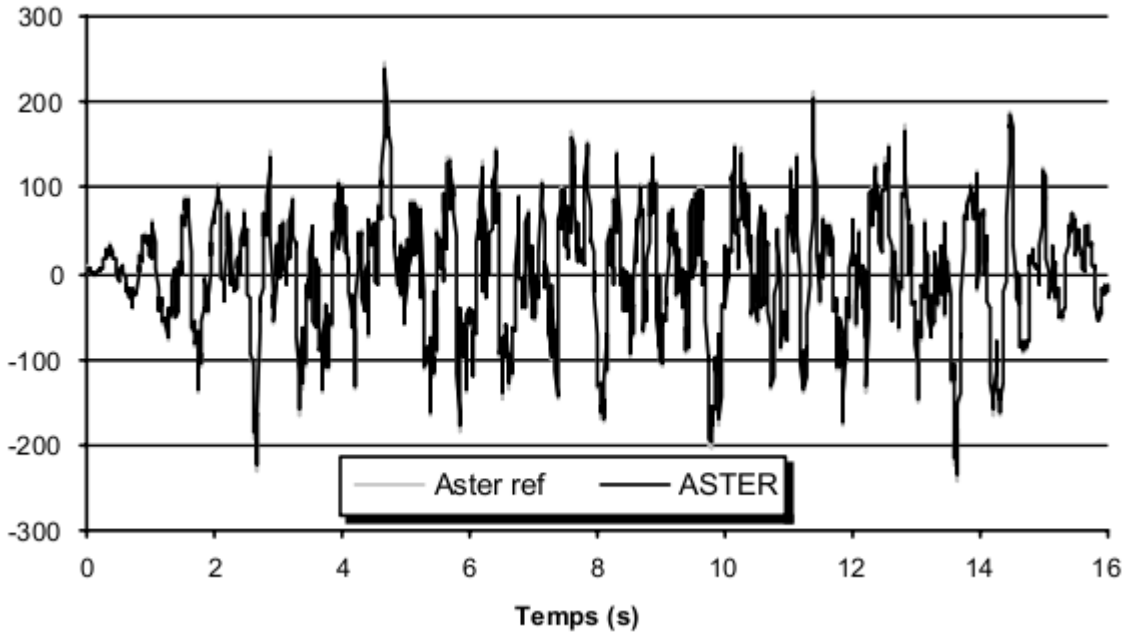


Figure 4-a : Réaction au premier appuis en fonction du temps

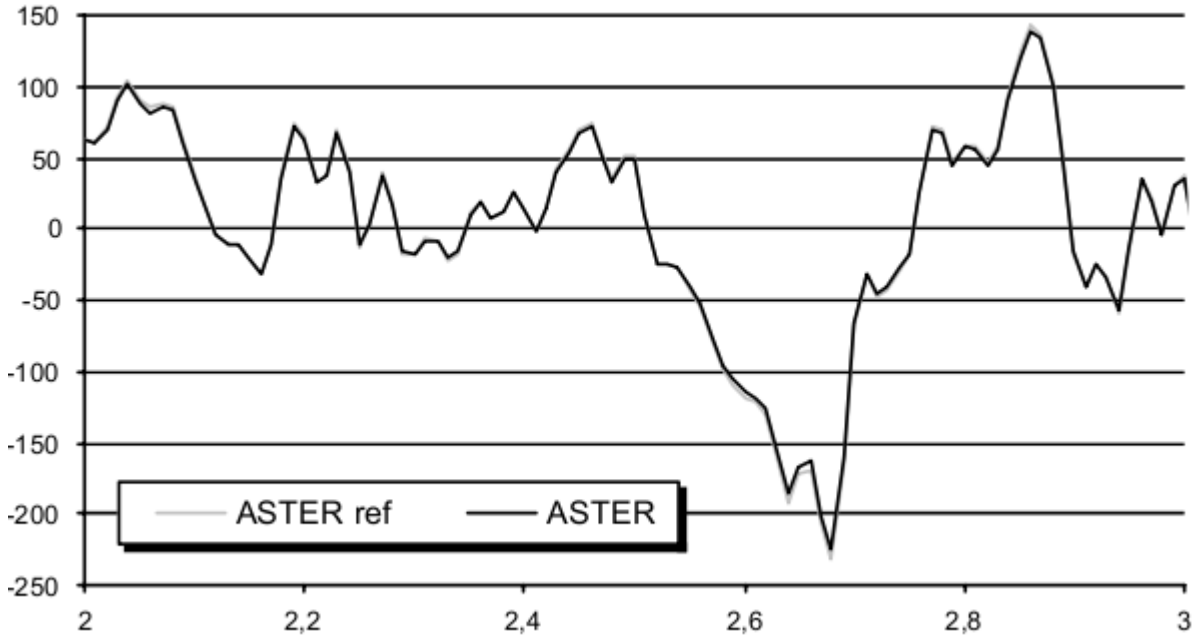


Figure 4-b : Détail de la réaction entre 2 et 3 secondes

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

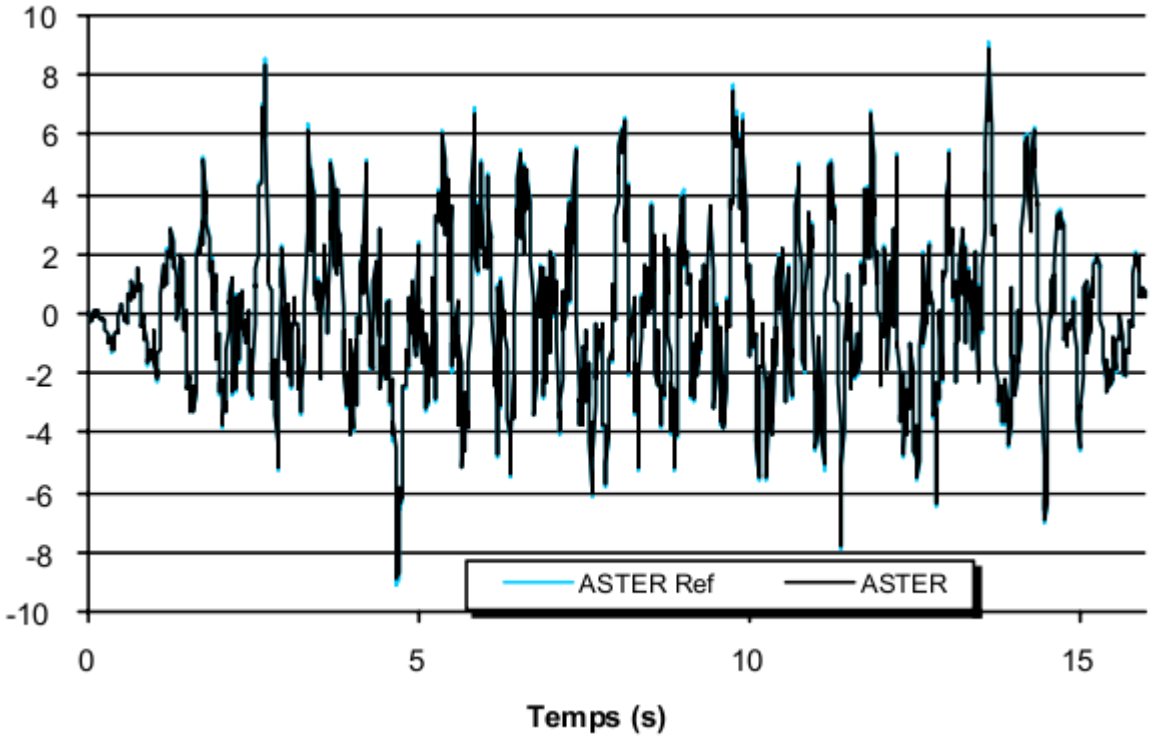


Figure 4-c : Flèche au centre en fonction du temps

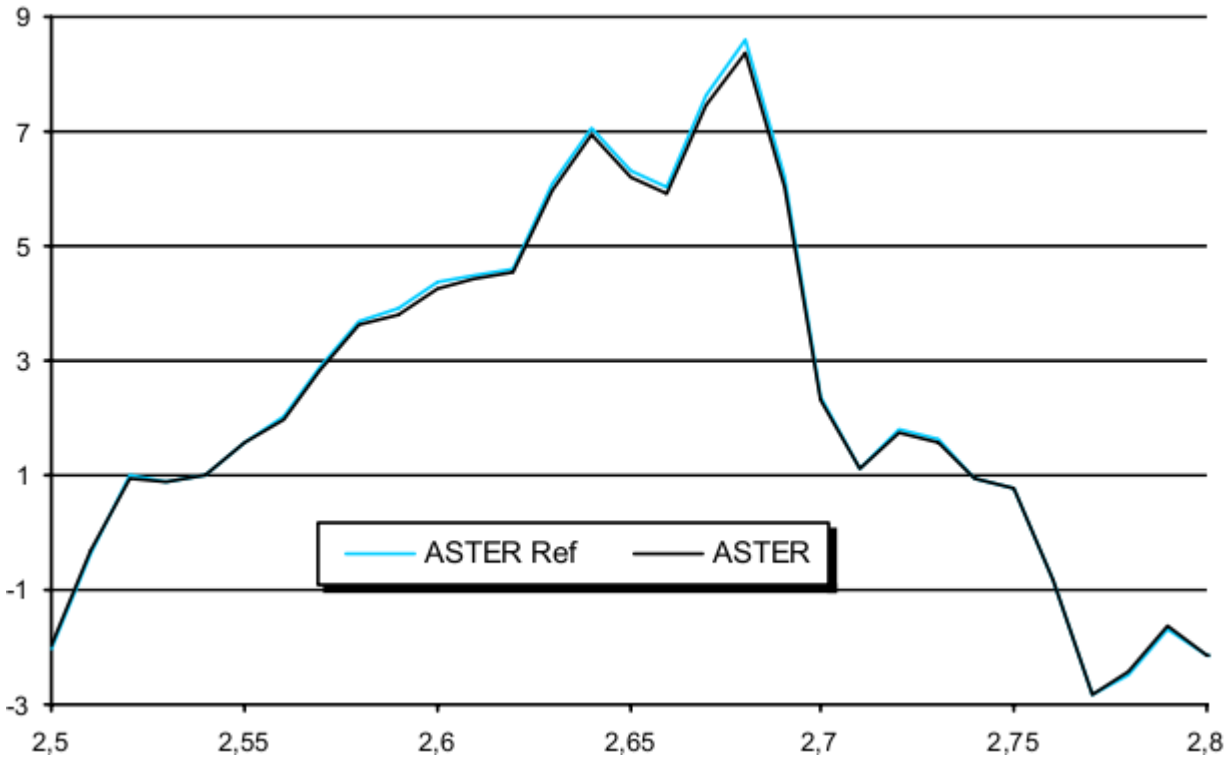


Figure 4-d : Détail de la flèche entre 2,5 et 2,8 secondes

Des tests de résultats (TEST_RESU) sont effectués pour les trois premières fréquences propres. On teste également la réaction sur le premier appui et la flèche au centre sont testés aux instants 1s

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

(pas 100) et $2s$ (pas 200), puis pour les 2 premiers extremums des courbes, aux instants $2,68\,s$ (pas 268) et $4,68\,s$ (pas 468).

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

Fréquence propre	ASTER Ref	ASTER	Erreur relative %
1	37,80	37,83	0,07
2	149,20	149,28	0,05
3	200,30	200,39	0,04

REACTION	ASTER Ref	ASTER	Erreur relative %
$1{,}00\ s$	$1{,}8878.10^{4}$	$1{,}8479.10^{4}$	2,1
$2{,}00\ s$	$6{,}3393.10^{4}$	$6{,}2184.10^{4}$	1,9
$2{,}68\ s$	$-2{,}3222.10^{5}$	$-2{,}2443.10^{5}$	3,4
$4{,}68\ s$	$2{,}4692.10^{5}$	$2{,}3979.10^{5}$	2,9

FLECHE	ASTER Ref	ASTER	Erreur relative %
1,00 s	$-6{,}0694.10^{-4}$	$-5{,}9846.10^{-4}$	1,4
2,00 s	$-2{,}3507.10^{-3}$	$-2{,}3362.10^{-3}$	0,6
2,68 s	$8{,}5790.10^{-3}$	$8{,}3929.10^{-3}$	2,2
4,68 s	$-9{,}1084.10^{-3}$	$-8{,}9530.10^{-3}$	1,7

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

4 Modélisation C

Cette modélisation est un test informatique permettant de valider l'utilisation de DYNA_VIBRA avec des conditions aux limites cinématiques (issue d'AFFE_CHAR_CINE) et non-homogènes.
C'est une copie de la modélisation A à laquelle on a imposé un déplacement non-nul à l'un des nœuds impliqué dans les conditions aux limites.
Le premier calcul utilise des conditions aux limites dualisées (issue d'AFFE_CHAR_MECA) et sert de référence au second utilisant des conditions aux limites cinématiques.

5 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus à l'aide de la modélisation poutre multifibres (POU_D_EM) sont en bon accord avec la modélisation classique de poutre droite d'Euler (POU_D_E) de *Code_Aster*.

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