

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).

1 Caractéristiques générales

1.1 Géométrie

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

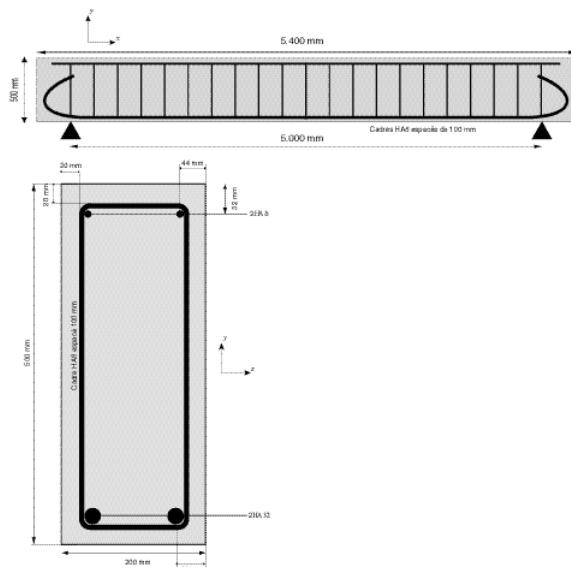


Figure 1.1-a : géométrie de la structure

1.2 Propriétés de matériaux

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

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

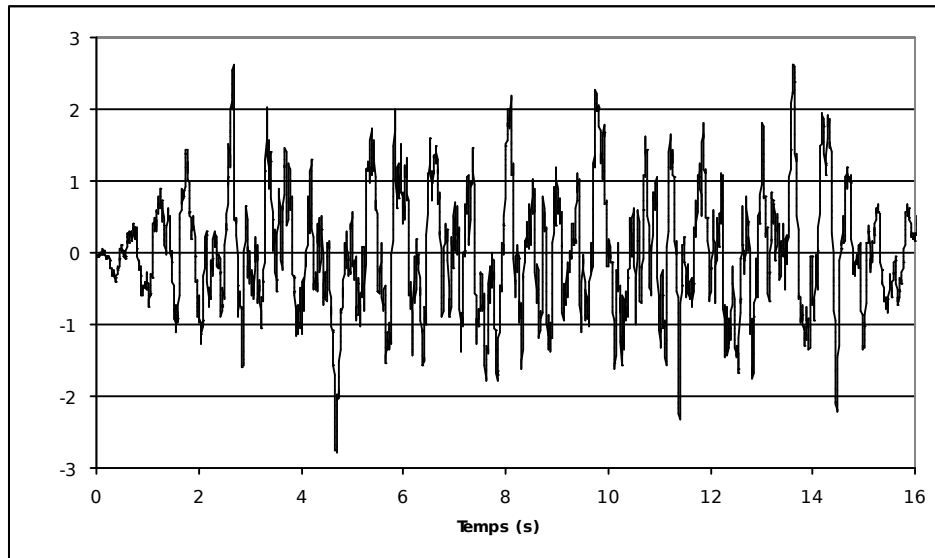


Figure 1.3-a : Accélérogramme ac_s2_c_1 imposé à la structure

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 :

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

$$\text{Moment quadratique : } I_{eq} = I_b + \frac{E_a}{E_b} I_a = 2,078 \cdot 10^{-3} + \frac{200000}{37272} \times 8,122 \cdot 10^{-5} = 2,514 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

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

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)

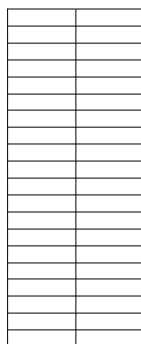


Figure 3.1-a : Discrétisation de la section

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

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

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

Avec $f_1 = 37.8 \text{ Hz}$ et $f_2 = 149.2 \text{ Hz}$ (voir paragraphe [§4]), pour des amortissements modaux de 5%, nous trouvons : $\alpha = 8.5 \cdot 10^{-5}$ et $\beta = 18.985$.

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

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].

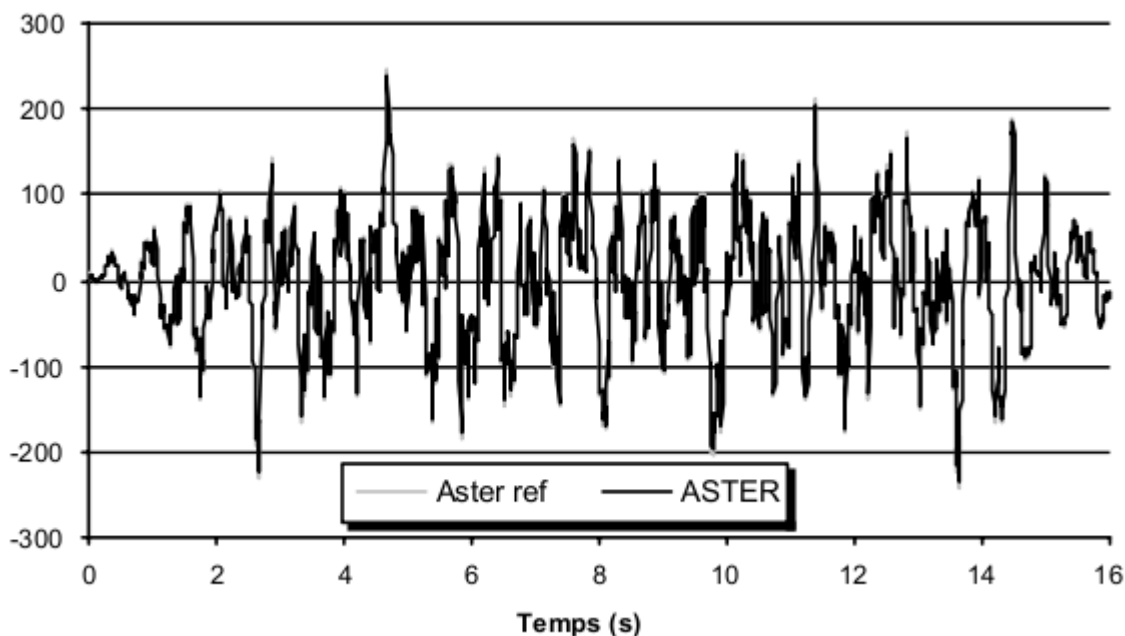


Figure 4-a : Réaction au premier appuis en fonction du temps

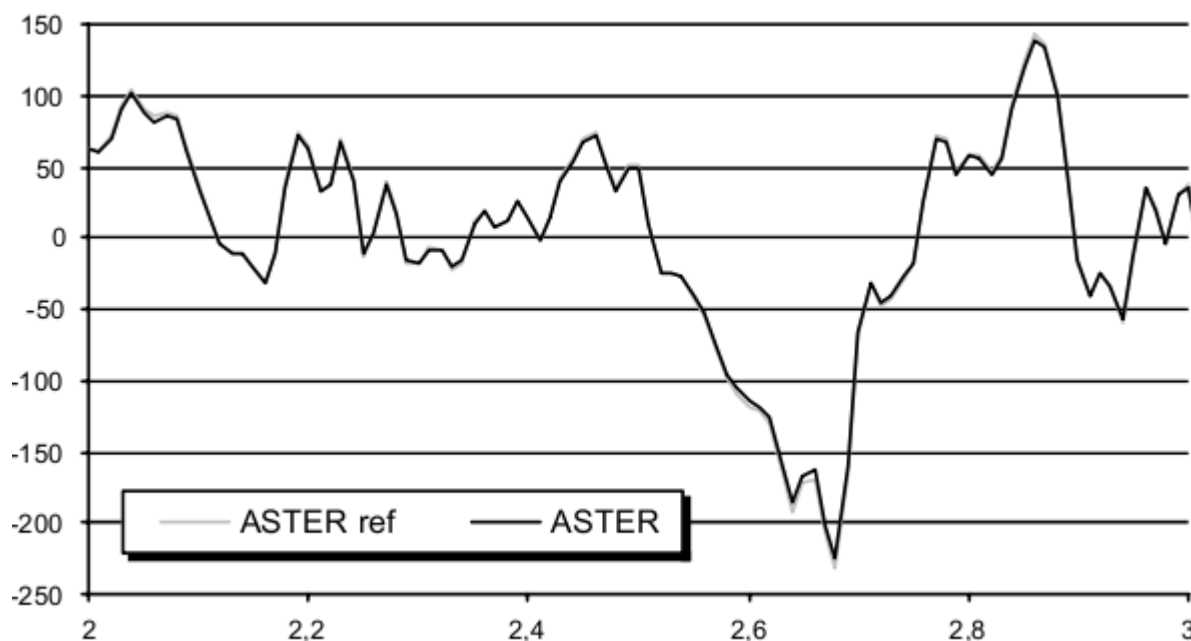


Figure 4-b : Détail de la réaction entre 2 et 3 secondes

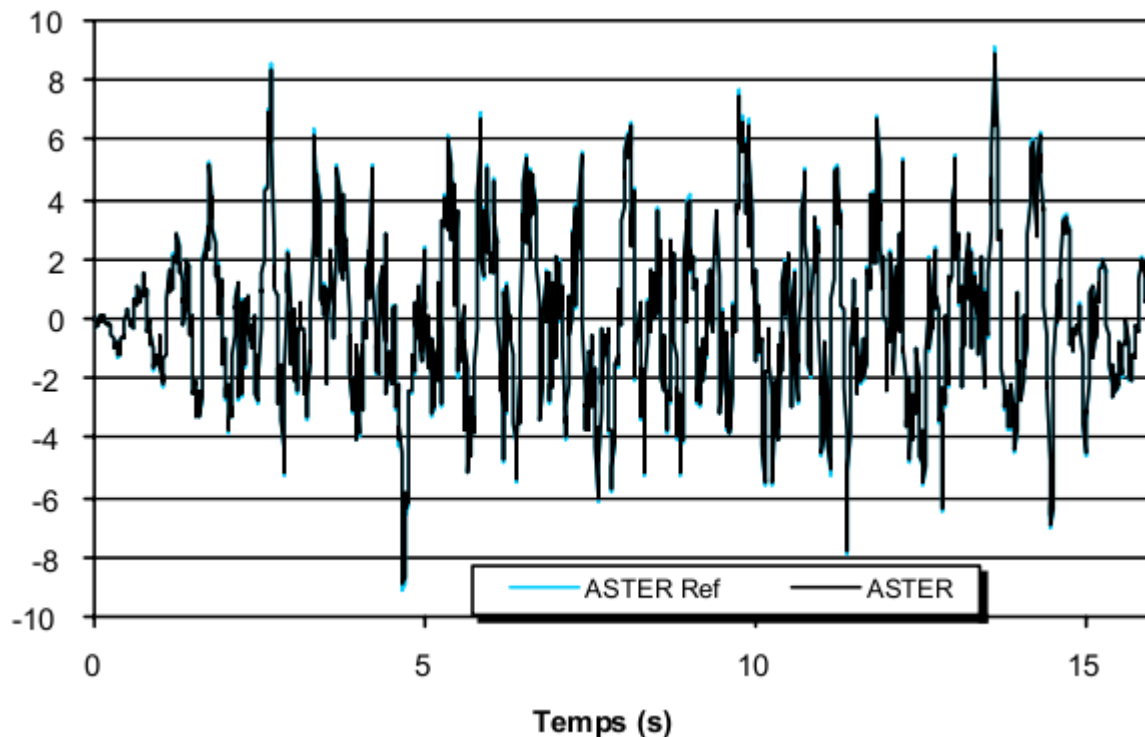


Figure 4-c : Flèche au centre en fonction du temps

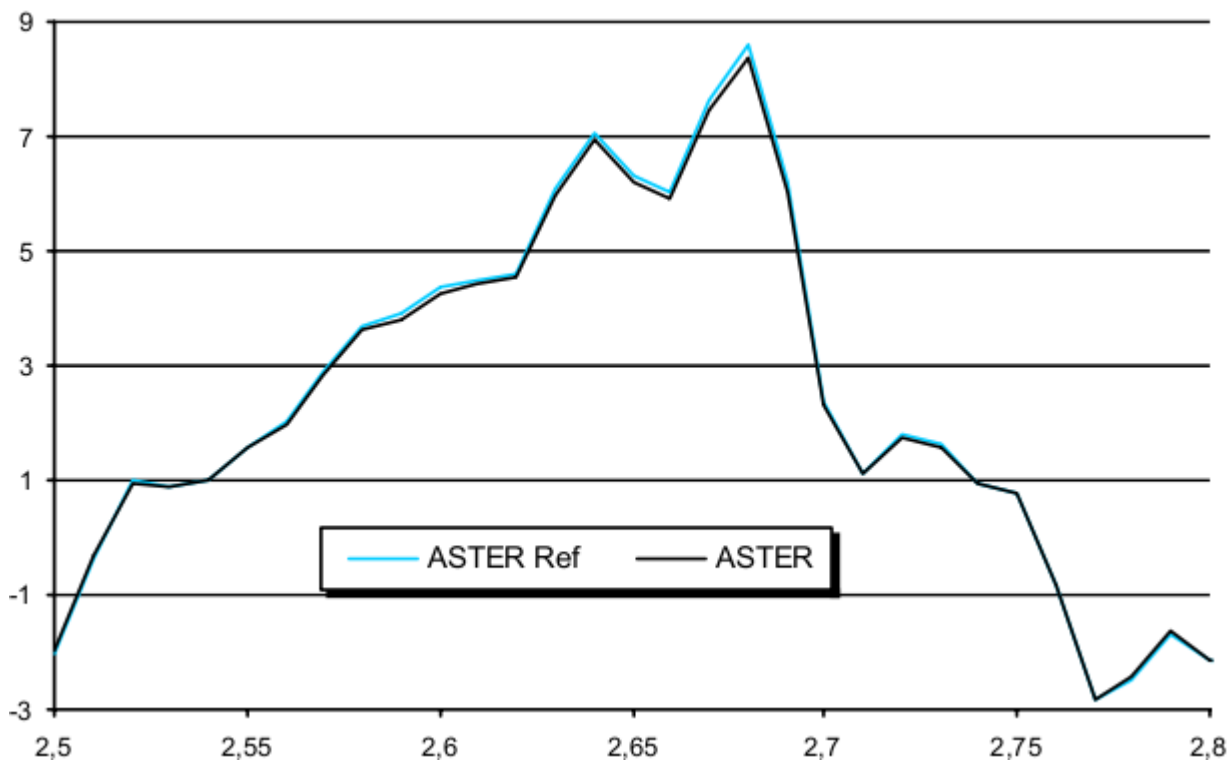


Figure 4-d : Détail de la flèche entre 2,5 et 2,8 secondes

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

(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).

| 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 |

4 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.