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. Le comportement de la poutre BA est non linéaire. Deux modélisations sont étudiées :

- la poutre est représentée par une modélisation poutre multifibres [R3.08.08]. La loi de comportement du béton est Mazars dans sa version 1D [R7.01.08] pour la modélisation A ;
- la poutre est représentée par des éléments DKTG. La loi de comportement non-linéaire utilisée est GLRC_DM [R7.01.32] pour la modélisation B.

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

1 Caractéristiques générales

1.1 Géométrie

La géométrie est identique à celle des cas-tests SSNL119 et SDLL130 sauf pour les armatures longitudinales qui sont ici toutes identiques : il s'agit de quatre $HA32$.

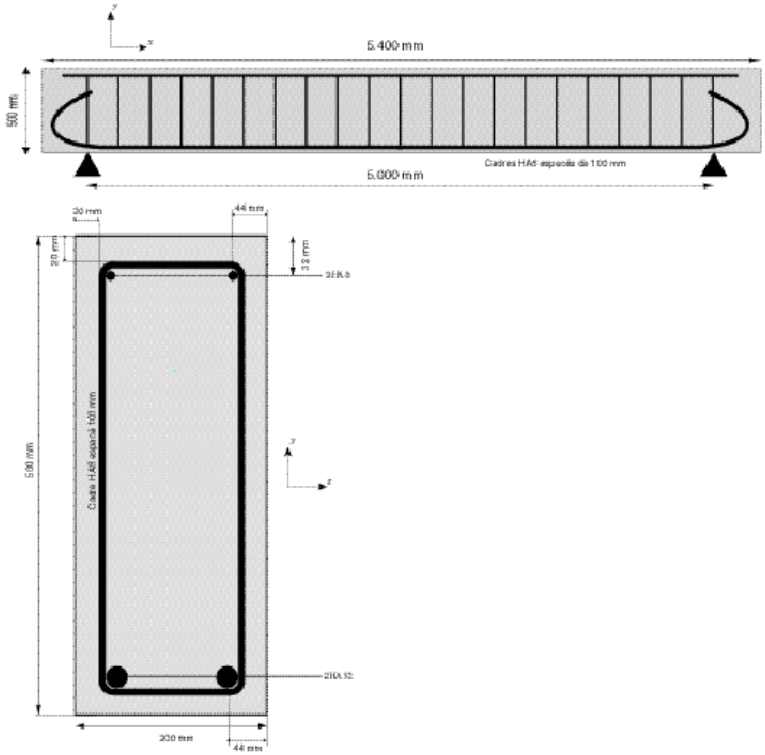


Figure 1.1-a : géométrie de la structure

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

1.2 Propriétés de matériaux

Pour la modélisation A :

Pour le béton, loi de comportement de Mazars dans sa version 1D :

Partie élasticité :

$E=3.72720\text{E+10}$, $NU=2.0\text{E-01}$, $RHO=2.40\text{E+03}$,

Partie non-linéaire :

$AC=1.71202987$, $BC=2.01163780\text{E+03}$, $BT=1.21892353\text{E+04}$,
$BETA=1.10$, $AT=1.00$, $EPSD0=8.20396008\text{E-05}$,

Pour la modélisation B :

Béton :

Module de Young : $E=37272\,MPa$

Coefficient de Poisson : $\nu=0.2$

Seuil d'élasticité en traction : $\sigma_{ft}=3.9\,MPa$

Seuil d'élasticité en compression : $\sigma_{fc}=38.3\,MPa$

Pour les modélisations A et B :

Loi de comportement ECRO_LINE pour l'acier :

$E=200\,000\,MPa$, $\nu=0.33$, $\sigma_e=400\,MPa$, $E_T=3\,280\,MPa$, $\rho=7800\,kg/m^3$

Amortissement : de type Rayleigh ($\alpha K+\beta M$), avec 5% sur les modes 1 et 2.

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

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, avec un facteur d'amplification du signal de 45.

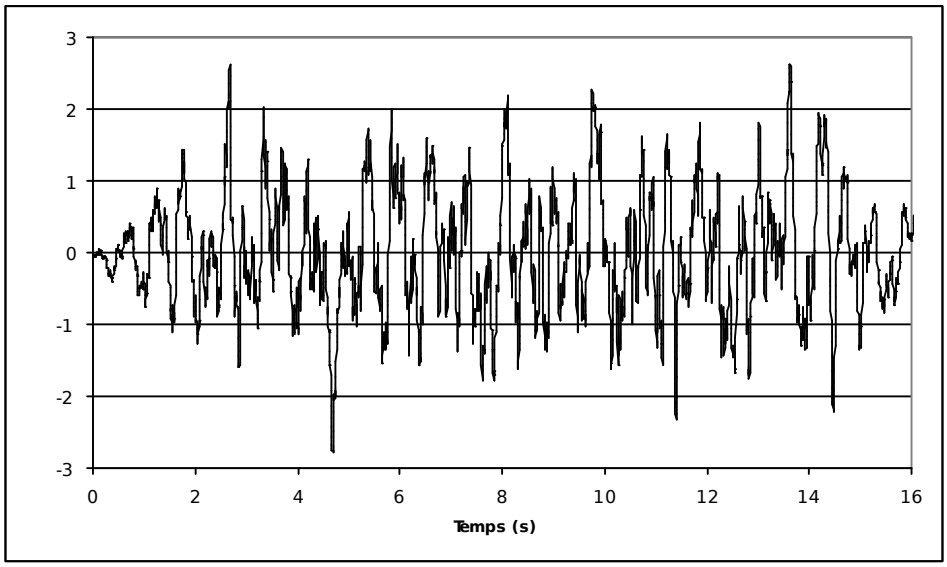


Figure 1.3-a : accélérogramme ac_s2_c_1 imposé à la structure

2 Solution de référence

Les tests effectués sont uniquement de type non-régression.

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

3 Modélisation A

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 composé de 2×20 quadrilatères (40 fibres).
L'acier est modélisé par 4 fibres ponctuelles.

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

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

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 $f_1=39.9\,Hz$ et $f_2=157.6\,Hz$ (calculées avec *Code_Aster*), pour des amortissements modaux de 5%, nous trouvons : $\alpha=8.10^{-5}$ et $\beta=20$.

Le pas de temps choisi est $0{,}01\,s$.
La loi pour le comportement du béton est Mazars dans sa version $1D$.

3.2 Grandeurs testées et résultats

Les courbes de réaction d'appui en fonction du temps ainsi que la flèche au centre en fonction du temps sont présentées sur les figures 3.2-a à 3.2-b.

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

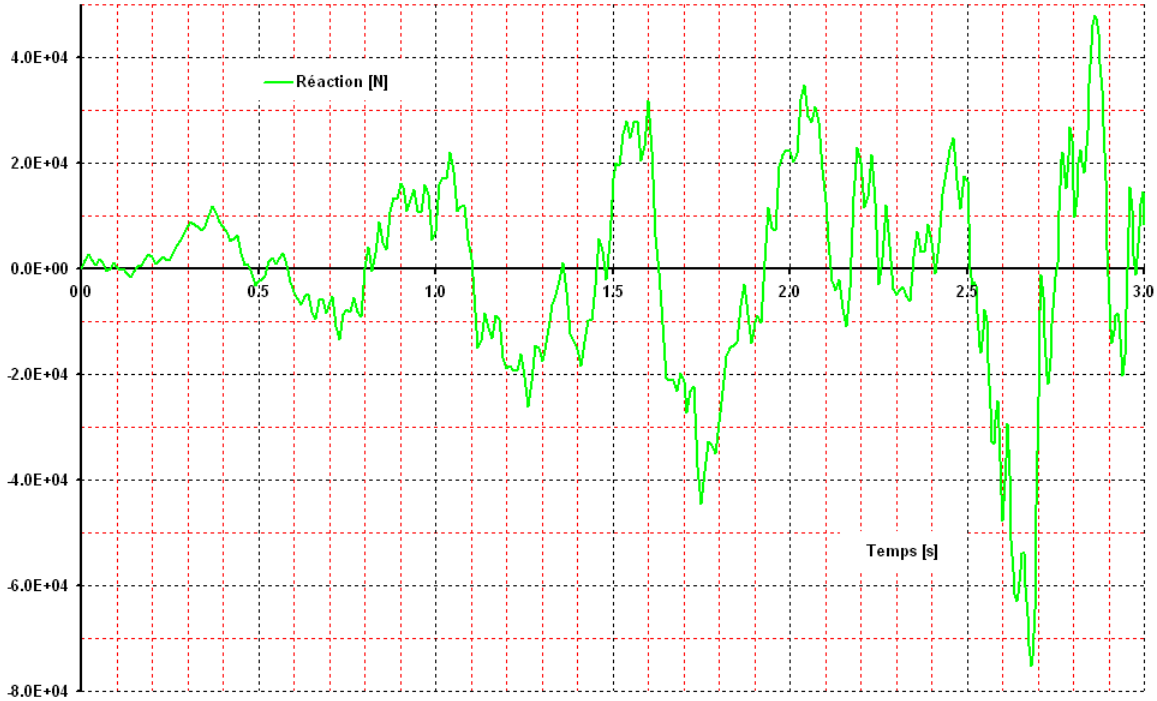


Figure 3.2-a : réaction d'appui A en fonction du temps pour les trois premières secondes.

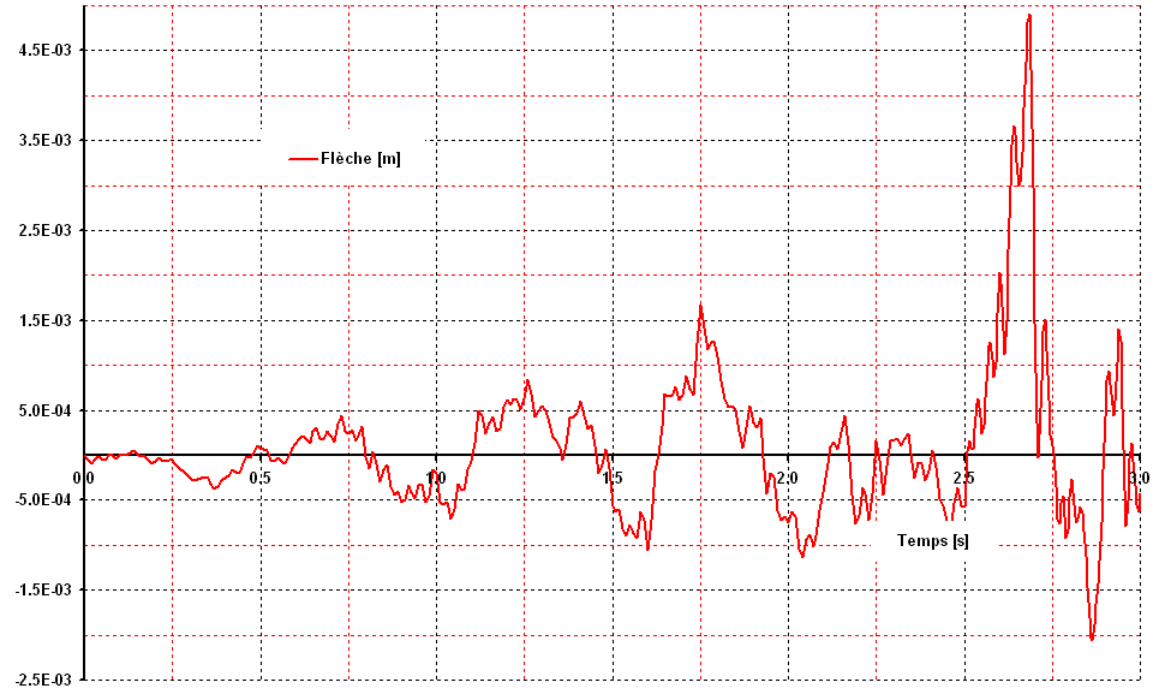


Figure 3.2-b : flèche au centre en fonction du temps pour les trois premières secondes.

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

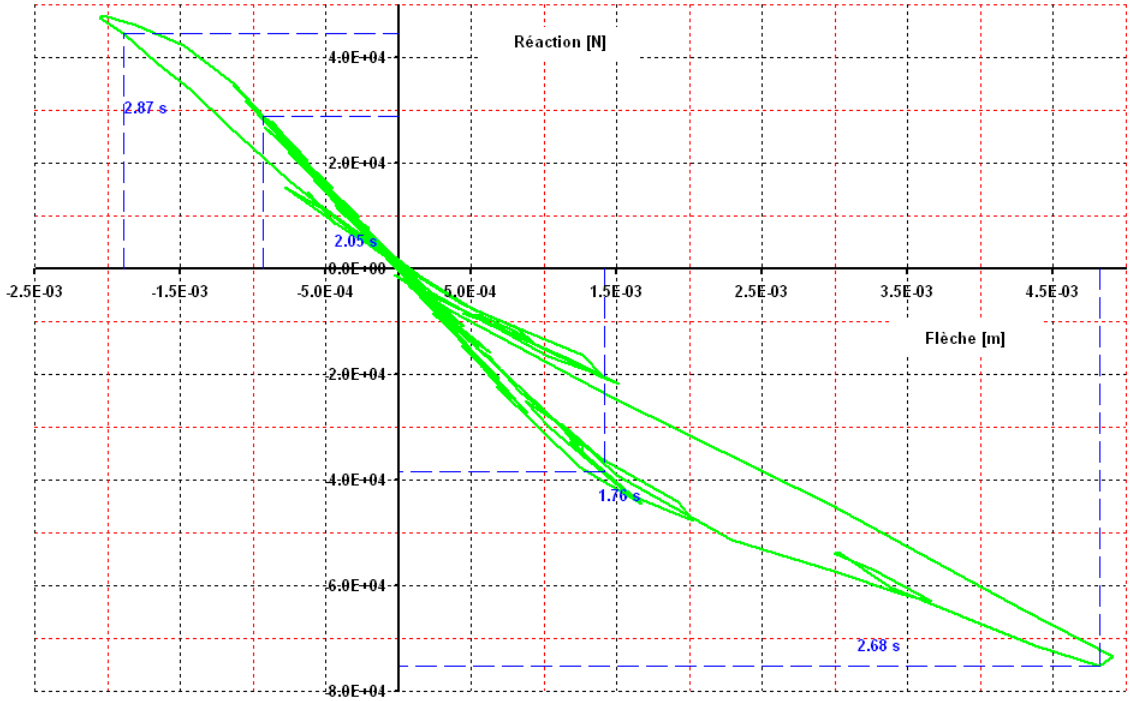


Figure 3.2-c : courbe réaction-flèche pour les trois premières secondes.

Les tests sont effectués pour la réaction sur le premier appui et la flèche au centre. On teste ces valeurs pour quelques instants dans les trois premières secondes de séisme, c'est-à-dire aux temps $1.76s$ (tout début du domaine non linéaire), puis $2.05s$, $2.68s$ et $2.87s$ lorsque la structure est déjà fortement endommagée.

Instant	Grandeur	Lieu	Type Référence	Tolérance
1.76 s	FORC_NODA : DY	groupe:A	NON_REGRESSION	1.0E-06
1.76 s	DEPL : DY	groupe:C	NON_REGRESSION	1.0E-06
2.05 s	FORC_NODA : DY	groupe:A	NON_REGRESSION	1.0E-06
2.05 s	DEPL : DY	groupe:C	NON_REGRESSION	1.0E-06
2.68 s	FORC_NODA : DY	groupe:A	NON_REGRESSION	1.0E-06
2.68 s	DEPL : DY	groupe:C	NON_REGRESSION	1.0E-06
2.87 s	FORC_NODA : DY	groupe:A	NON_REGRESSION	1.0E-06
2.87 s	DEPL : DY	groupe:C	NON_REGRESSION	1.0E-06

Les figures ci-dessous donnent les évolutions de la réaction sur l'appui A et de la flèche au centre, pour 15 secondes.

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



Figure 3.2-d : réaction d'appui en A en fonction du temps, pour 15 secondes.

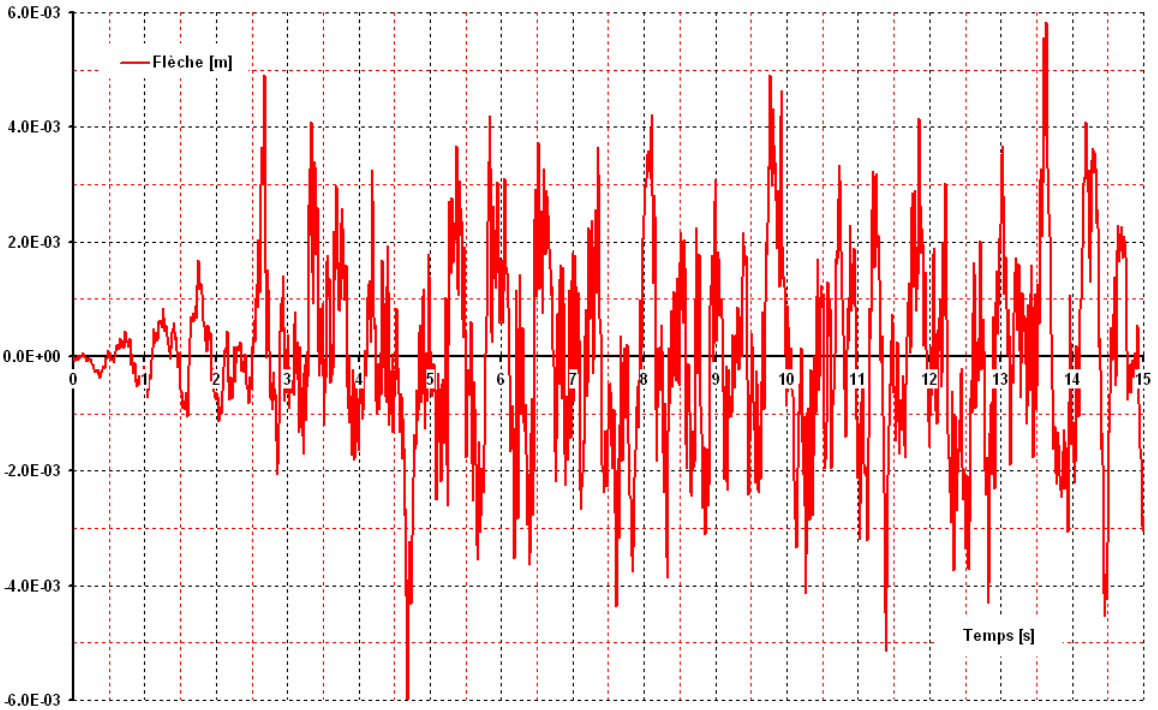


Figure 3.2-e : flèche au centre en fonction du temps, pour 15 secondes.

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

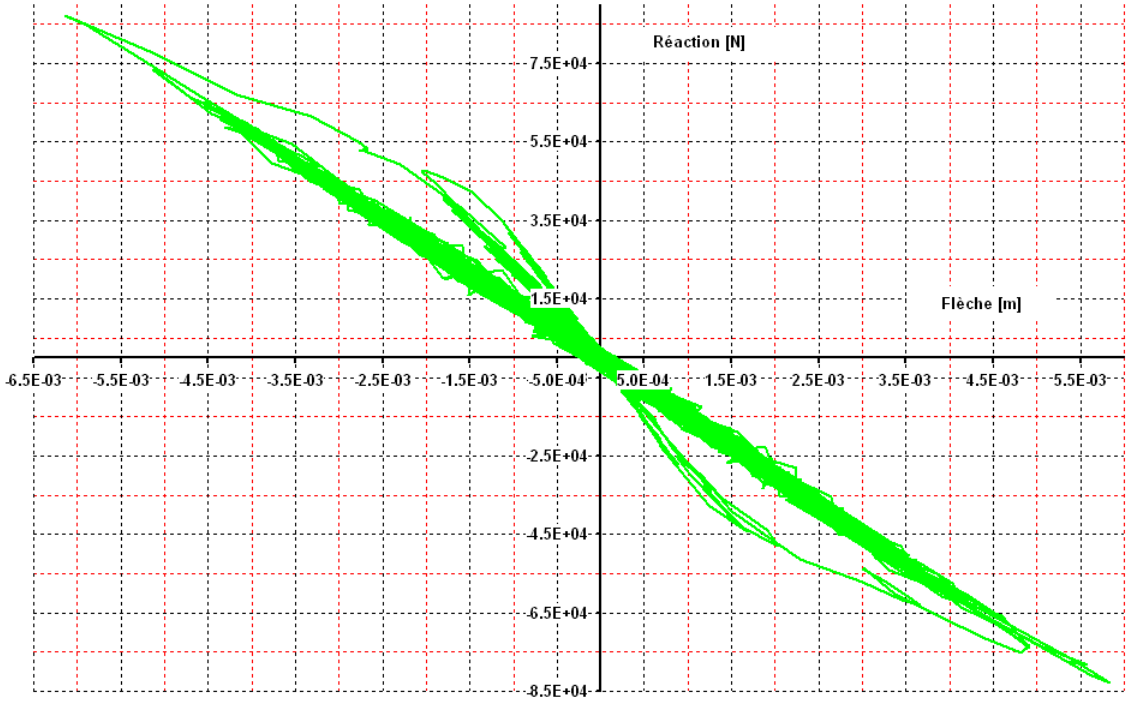


Figure 3.2-f : courbe réaction-flèche, pour 15 secondes.

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

La poutre est modélisée par des éléments DKTG et GRILLE_EXCENTREE. On utilise 16 éléments dans la direction longitudinale X et un seul dans la direction transversale Z.

Le béton armé est modélisé par la loi de comportement GLRC_DM. Les paramètres de la loi de comportement GLRC_DM sont obtenus grâce à la macro-commande DEFI_GLRC. Les données matériaux utilisées sont définies en 1.2. Pour les nappes d'armatures du modèle GLRC, on définit une section d'armature $OMX=OMY=8{,}04\text{E-}4\,m^2/m$ et l'excentrement $RX=RY=0{,}872$. On utilise l'option

```
PENTE =_F(
          TRACTION='PLAS_ACIER',
          FLEXION = 'UTIL',
          KAPPA_FLEX = 3E-3,
          ),
```

Les deux premières fréquences propres (calculées avec *Code_Aster*) sont $f_1=38.7\,Hz$ et $f_2=153.2\,Hz$. Pour des amortissements modaux de 5%, on obtient les coefficients d'amortissement $\alpha=8.10^{-5}$ et $\beta=20$. Ces coefficients sont fournis à la macro-commande DEFI_GLRC.

4.2 Grandeurs testées et résultats

Les courbes de réaction en fonction du temps ainsi que la flèche au centre en fonction du temps sont présentées sur les figures 4.2-a à 4.2-f.

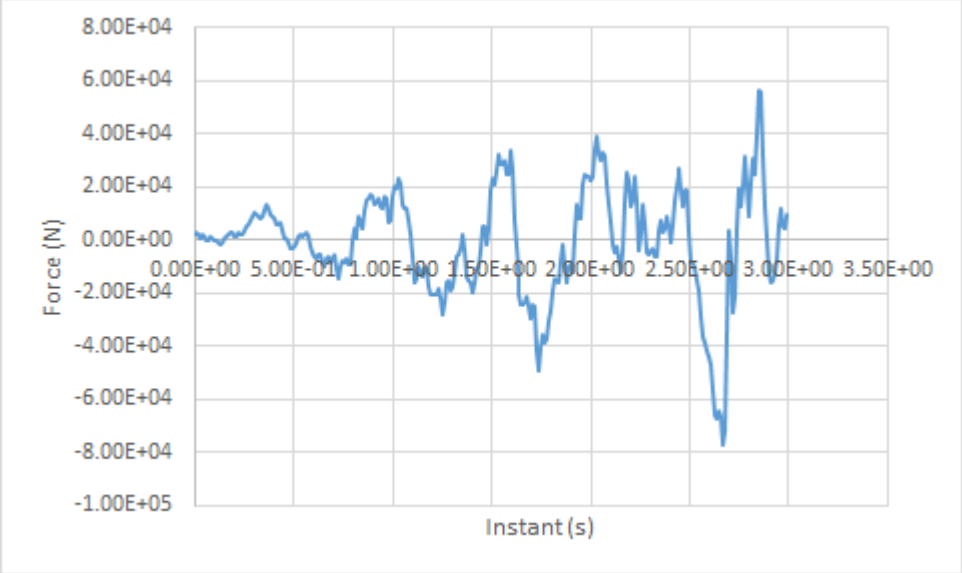


Figure 4.2-a : réaction d'appui en A en fonction du temps pour les trois premières secondes.

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

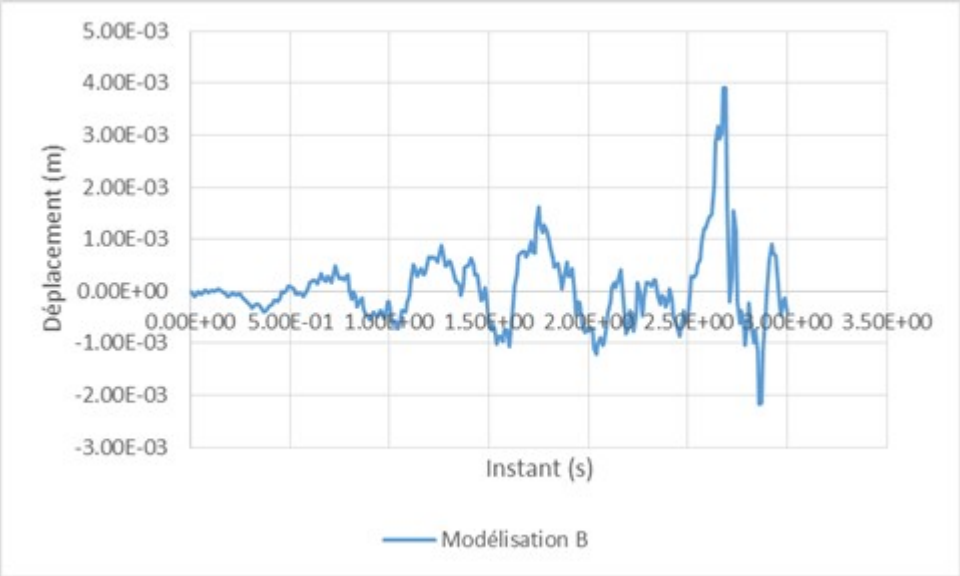


Figure 4.2-b : flèche au centre en fonction du temps pour les trois premières secondes.

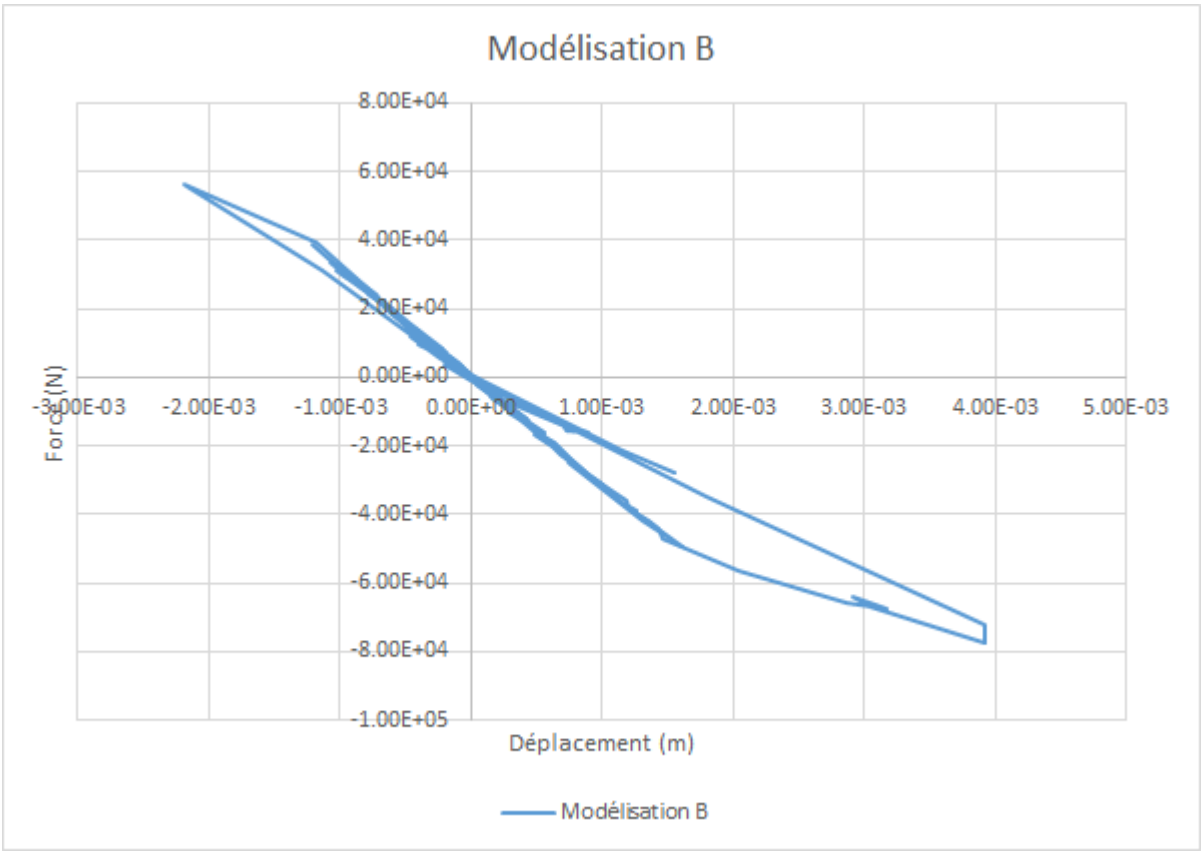


Figure 4.2-c : courbe réaction-flèche pour les trois premières secondes.

Les tests sont effectués pour la réaction sur le premier appui et la flèche au centre. On teste ces valeurs pour quelques instants dans les trois premières secondes de séisme, c'est-à-dire aux temps $1.76s$ (tout début du domaine non linéaire), puis $2.05s$, $2.68s$ et $2.87s$ lorsque la structure est déjà fortement endommagée.

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

Instant	Grandeur	Lieu	Type Référence	Tolérance
1.76 s	FORC_NODA : DY	groupe:AA	NON_REGRESSION	1.0E-06
1.76 s	DEPL : DY	groupe:CC	NON_REGRESSION	1.0E-06
2.05 s	FORC_NODA : DY	groupe:AA	NON_REGRESSION	1.0E-06
2.05 s	DEPL : DY	groupe:CC	NON_REGRESSION	1.0E-06
2.68 s	FORC_NODA : DY	groupe:AA	NON_REGRESSION	1.0E-06
2.68 s	DEPL : DY	groupe:CC	NON_REGRESSION	1.0E-06
2.87 s	FORC_NODA : DY	groupe:AA	NON_REGRESSION	1.0E-06
2.87 s	DEPL : DY	groupe:CC	NON_REGRESSION	1.0E-06

Les figures ci-dessous donnent les évolutions de la réaction sur l'appui A et de la flèche au centre, pour 15 secondes.

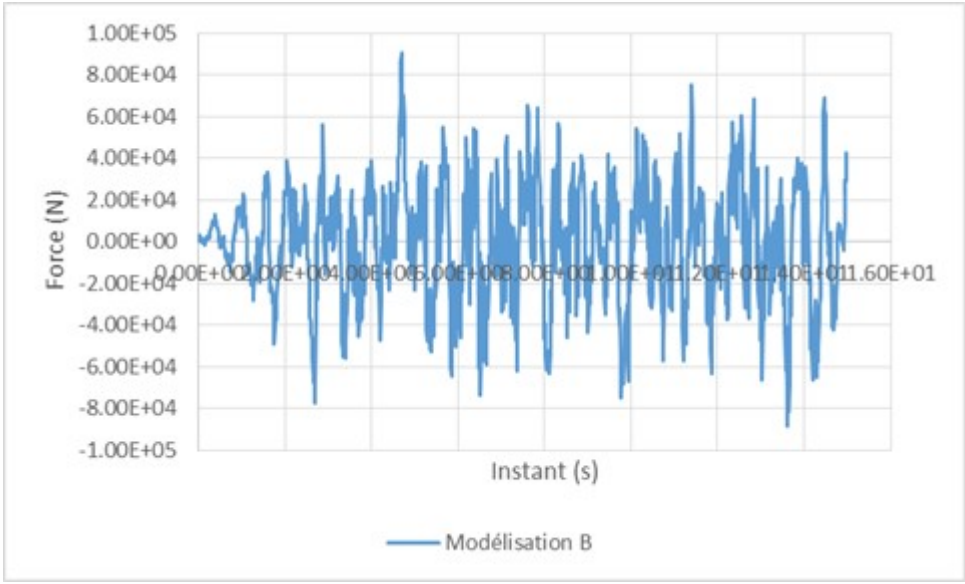


Figure 4.2-d : réaction d'appui en A en fonction du temps, pour 15 secondes.

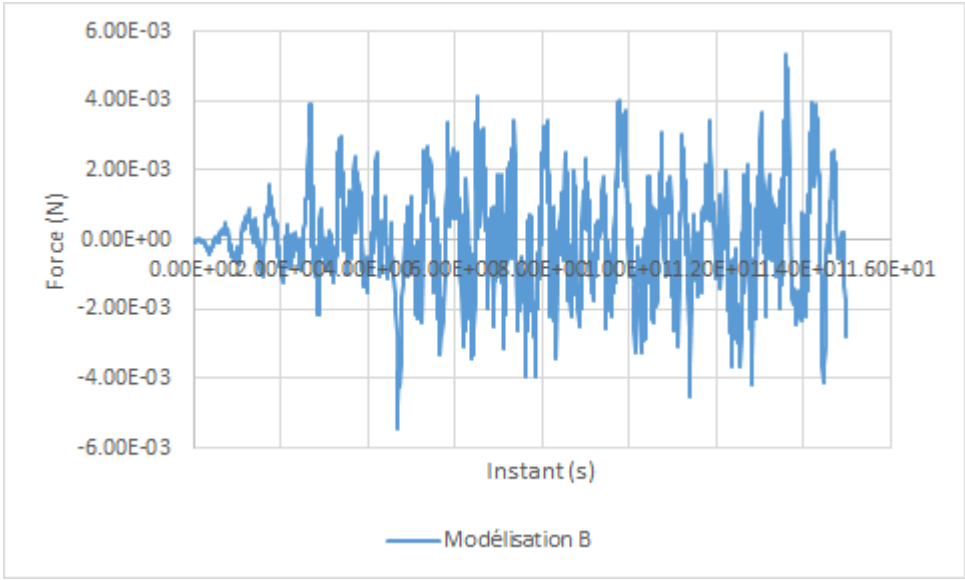


Figure 4.2-e : f lèche au centre en fonction du temps, pour 15 secondes.

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

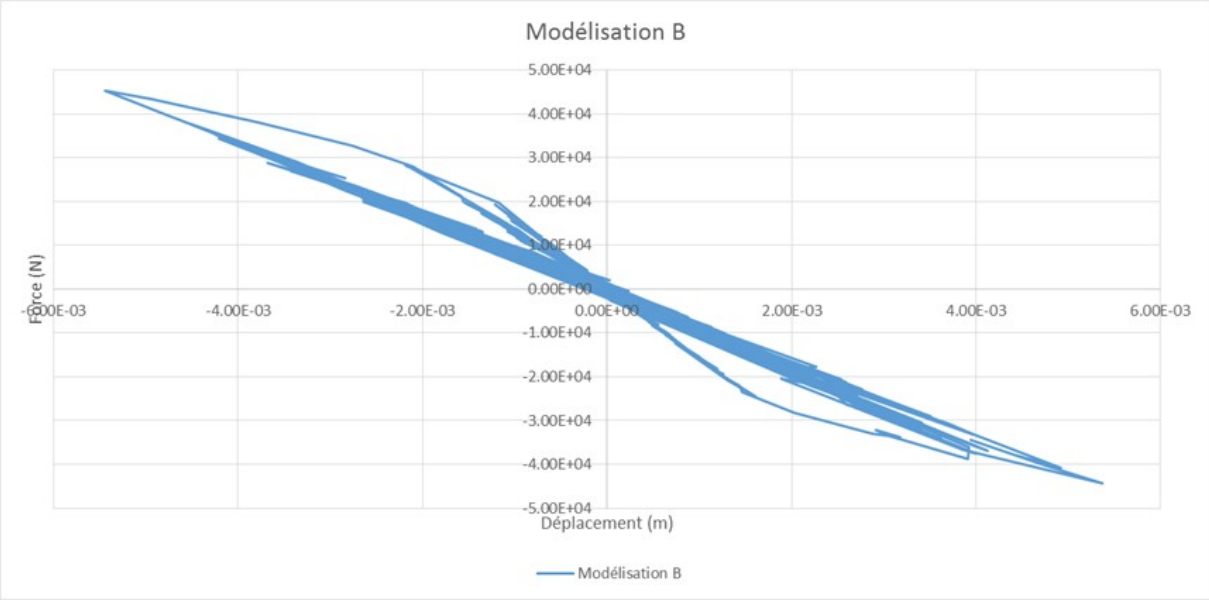


Figure 4.2-f : courbe réaction-flèche, pour 15 secondes.

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

5 Synthèse des résultats

Les deux modélisations donnent des résultats similaires en termes de force et déplacements.

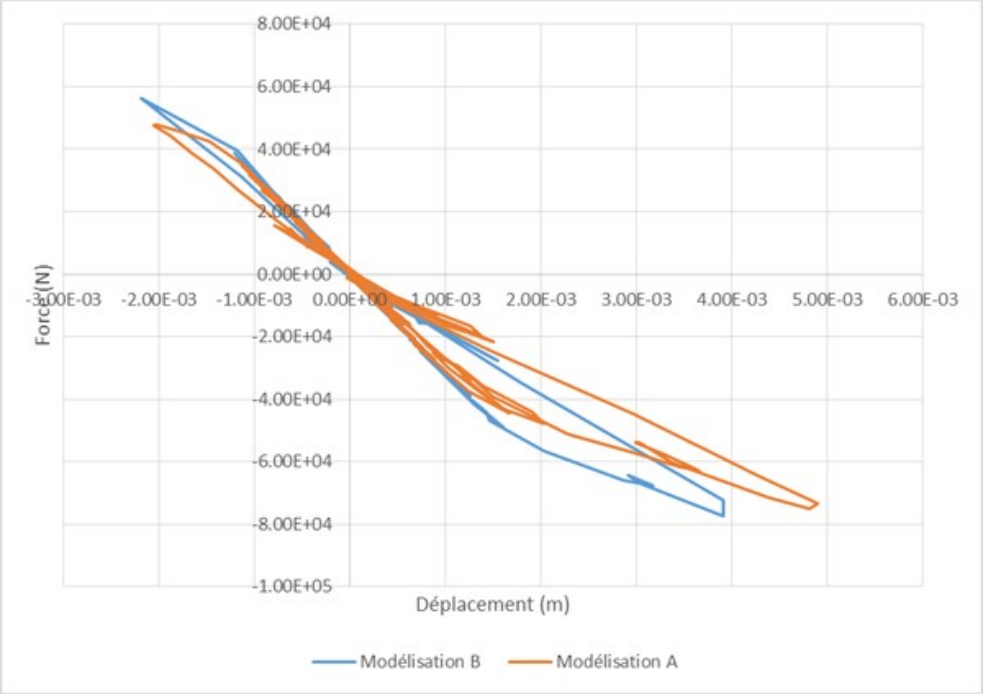


Figure 5-a: courbe réaction-flèche pour trois secondes.

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