

SSNS112 – Essai de compression et traction alternée d'un poteau de béton armé

Résumé :

L'objectif de ce test est de valider la réponse uniaxiale alternée d'une poutre de béton armé, sur la base d'essais expérimentaux, modélisée par les lois :

- GLRC_DM , [R7.01.32] , loi de béton armé généralisée utilisée avec des éléments DKTG ;
- MAZARS_GC , [R5.03.09] , loi de béton 1D, associée à une loi non-linéaire pour l'acier VMIS_CINE_GC sur un modèle de poutre multi-fibre POU_D_EM ;
- DHRC , [R7.01.37] , loi de béton armé homogénéisée utilisée avec des éléments DKTG .

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

On considère un poteau en béton armé de longueur $0,7\text{ m}$, selon l'axe Ox , de section carrée de hauteur et largeur égale à $0,15\text{ m}$.

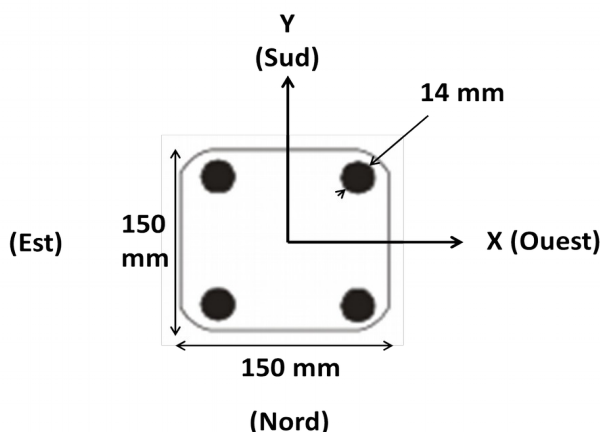


Figure 1: section du poteau en béton armé.

Les armatures longitudinales sont quatre *HA14*.

Les armatures transversales ne sont pas prises en compte dans les modélisations ci-après.

Pour la modélisation A, on utilise deux lits d'armatures X et Y de $2,053 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{m}$.

Pour la modélisation B, on utilise une seule fibre d'acier de section $6,15 \text{ mm}^2$.

1.2 Propriétés du matériau

La loi de comportement de `GLRC_DM` a les paramètres suivants pour le béton :

- Module de Young : $E = 28\,500 \text{ MPa}$
- Coefficient de Poisson : $\nu = 0.2$
- Contrainte maximale en compression : $\sigma_c = 25 \text{ MPa}$
- Déformation au pic en compression : $\epsilon_c = 2,25 \cdot 10^{-3}$
- Contrainte maximale en traction : $\sigma_t = 2,94 \text{ MPa}$

Les paramètres pour l'acier sont :

- Module de Young : $E = 195\,000 \text{ MPa}$
- Coefficient de Poisson : $\nu = 0.3$
- Limite d'élasticité : $\sigma_y = 610 \text{ MPa}$
- Module tangent (pente plastique) : $E_t = 19,5 \text{ MPa}$

On utilise l'opérateur `DEFI_GLRC` pour l'obtention des paramètres de la loi `GLRC_DM`. La contrainte du béton a été réduite à $\sigma_t = 1,6 \text{ MPa}$. De plus, on fixe également les paramètres $\gamma_c = 0,35$ et $\alpha_c = 60$ pour le comportement non-linéaire en compression.

Le module élastique équivalent en membrane, cf. [R7.01.32], vaut avec ces données matériaux :

$$E_{eq}^m = 34021.0 \text{ MPa}, \text{ soit une raideur membranaire selon la direction } Ox : E_{eq}^m * S = 765.393 \text{ MN}.$$

L'opérateur DEFI_MATER_GC a été utilisé pour déterminer les paramètres des lois MAZARS_GC et VMIS_CINE_GC.

1.3 Conditions aux limites et chargements

Une extrémité de la poutre, bord A , est bloquée et on impose à l'autre extrémité, bord B , un effort réparti de résultante $FX = 1\text{ kN}$ suivant la direction X .

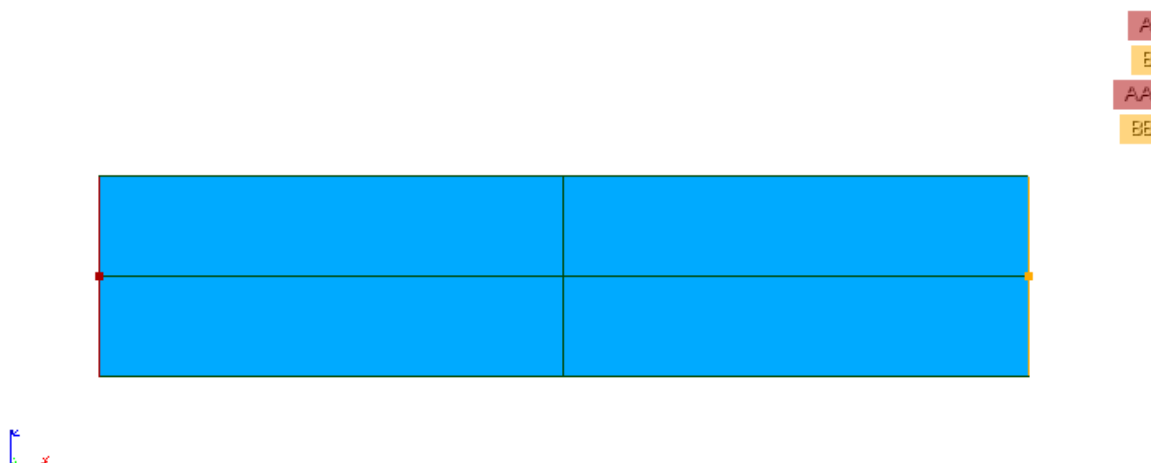


Figure 2: section du poteau en béton armé.

Les cycles de chargement sont définis par :

t	Coefficient multiplicateur sur la force FX
0,0	0,0
1,0	-250
3,0	55
5,0	-365
7,0	176
9,0	-490
11,0	298
13,0	-675
15,0	368
17,0	-790
19,0	376

1.4 Conditions initiales

Néant.

2 Solution de référence

La solution de référence est donnée par des résultats expérimentaux, acquis sur l'essai nommé essai QJ5TC, fournis dans [1]. Sur la base des cycles force – déformation mesurée en moyenne sur le poteau, on identifie, cf. Figure 1 :

- une gamme de déformations comprises entre -0,002 et 0,003, c'est-à-dire ne provoquant pas de déformations plastiques générales des aciers au vu des caractéristiques de l'acier, sauf potentiellement localement au passage des fissures,
- une raideur axiale équivalente élastique de $743,7\text{ MN}$,
- une raideur axiale équivalente post-endommagement en traction de $120,1\text{ MN}$, soit un rapport entre les deux de $0,161$.

2.1 Références bibliographiques

- [1] BENMANSOUR M.B. Modélisation du comportement cyclique alterné du béton armé.
Application à divers essais statiques de poteaux.
Thèse de Doctorat de l'École Nationale des Ponts et Chaussées. 6 janvier 1997.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation `DKTG`. La loi de comportement est `GLRC_DM`.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient 4 éléments de type `QUAD4`.

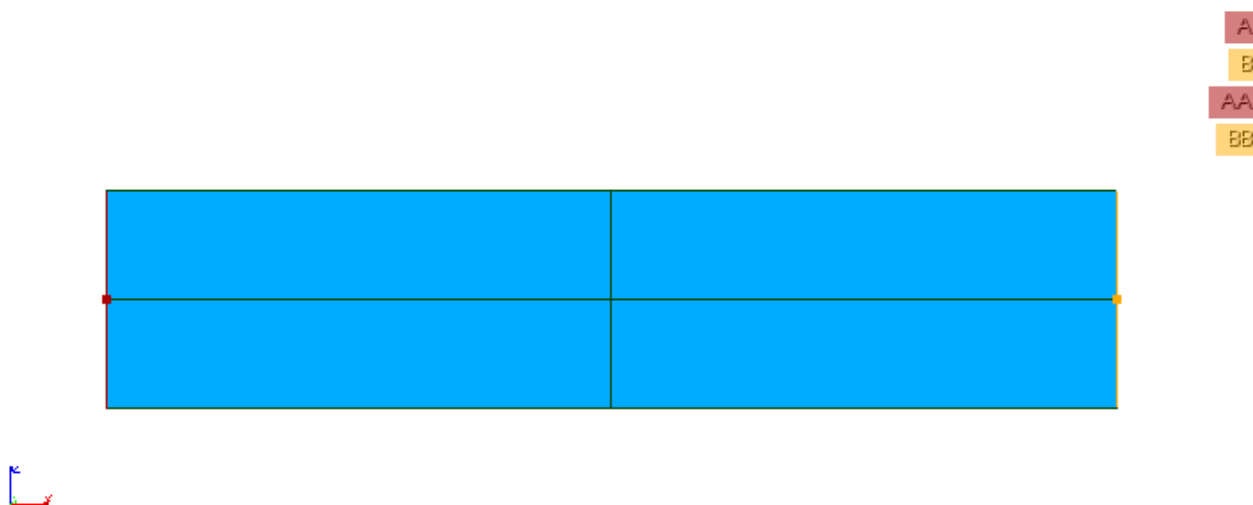


Figure 3 : Maillage modélisation A.

3.3 Grandeurs testées et résultats

On teste le déplacement DX du nœud BB situé au centre du bord B .

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Instant 1,0	'SOURCE_EXTERNE'	-2.436805E-4	4%
Instant 3,0	'SOURCE_EXTERNE'	1.689212E-3	40%
Instant 5,0	'SOURCE_EXTERNE'	-3.891909E-4	1%
Instant 7,0	'SOURCE_EXTERNE'	9.398004E-4	20%
Instant 9,0	'SOURCE_EXTERNE'	-5.599223E-4	25%
Instant 11,0	'SOURCE_EXTERNE'	1.5470623E-3	3%
Instant 13,0	'SOURCE_EXTERNE'	-1.1283811E-3	5%
Instant 15,0	'SOURCE_EXTERNE'	1.9670126E-3	1%
Instant 17,0	'SOURCE_EXTERNE'	-1.3747783E-3	8%
Instant 19,0	'SOURCE_EXTERNE'	1.9887658E-3	2.5%

La réponse axiale de la poutre et les résultats expérimentaux sont présentés Figure 4.

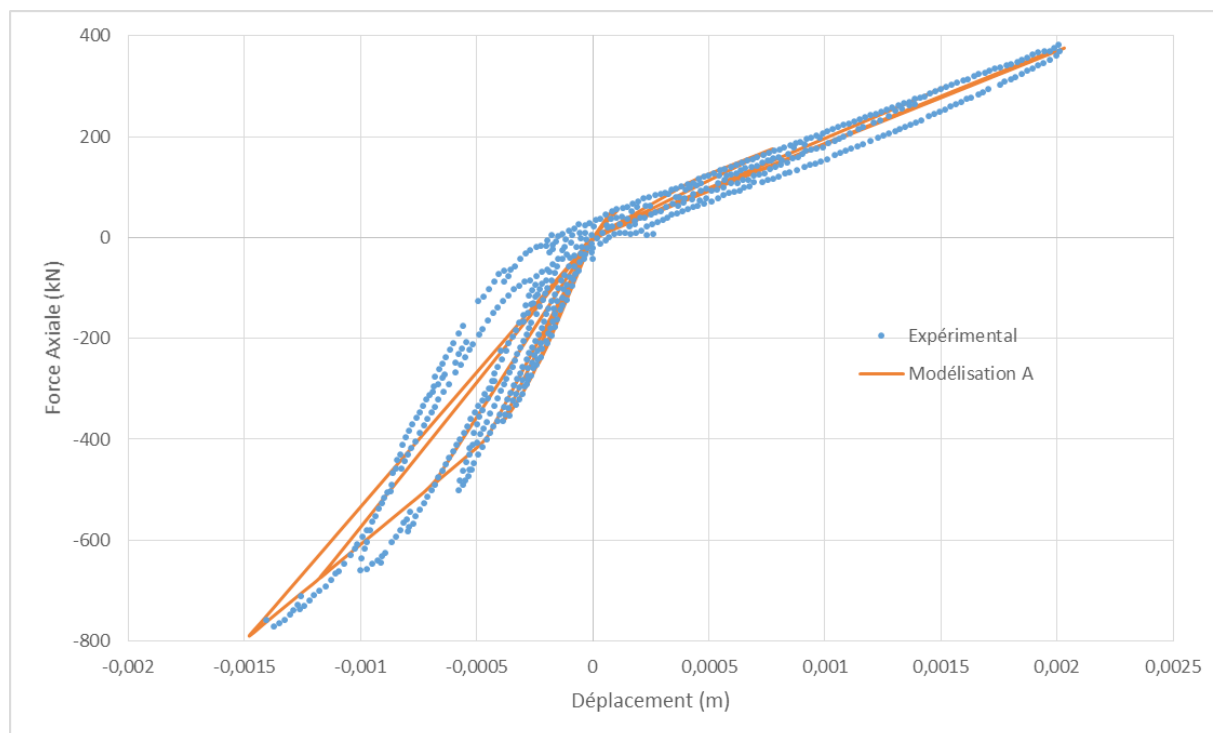


Figure 4 : réponse de la modélisation A

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation `POU_D_EM`. La loi de comportement des fibres béton est `MAZARS_GC`. La loi de comportement des fibres acier est `VMIS_CINE_GC`.

4.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient un élément de type `SEG2`. La section de la poutre est composée d'un fibre de béton et d'une fibre d'acier.

4.3 Grandeurs testées et résultats

On teste le déplacement du nœud *B*.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Instant 1,0	'SOURCE_EXTERNE'	-2.436805E-4	5%
Instant 3,0	'SOURCE_EXTERNE'	1.689212E-3	30%
Instant 5,0	'SOURCE_EXTERNE'	-3.891909E-4	5%
Instant 7,0	'SOURCE_EXTERNE'	9.398004E-4	2%
Instant 9,0	'SOURCE_EXTERNE'	-5.599223E-4	9%
Instant 11,0	'SOURCE_EXTERNE'	1.5470623E-3	6%
Instant 13,0	'SOURCE_EXTERNE'	-1.1283811E-3	10%
Instant 15,0	'SOURCE_EXTERNE'	1.9670126E-3	4%
Instant 17,0	'SOURCE_EXTERNE'	-1.3747783E-3	5%
Instant 19,0	'SOURCE_EXTERNE'	1.9887658E-3	6%

La réponse axiale de la poutre et les résultats expérimentaux sont présentés Figure 5.

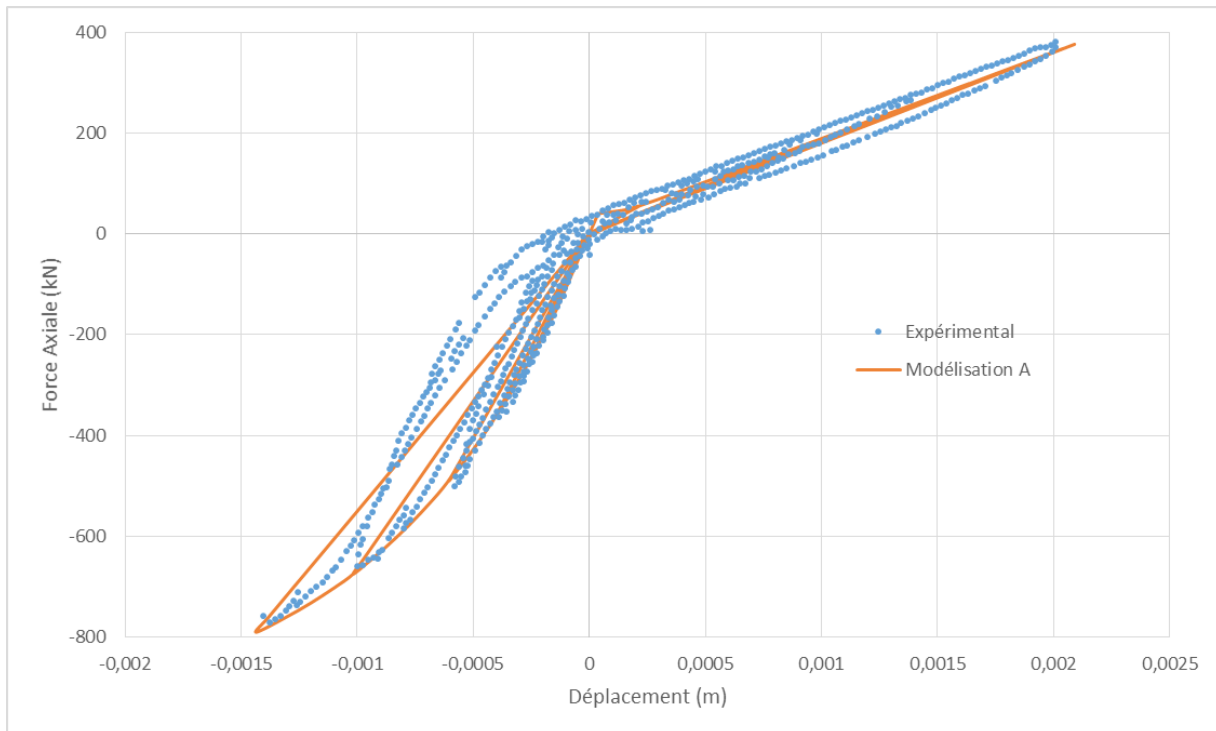


Figure 5 : réponse de la modélisation B

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation `DKTG`. La loi de comportement est `DHRC`.

5.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient 4 éléments de type `QUAD4`.

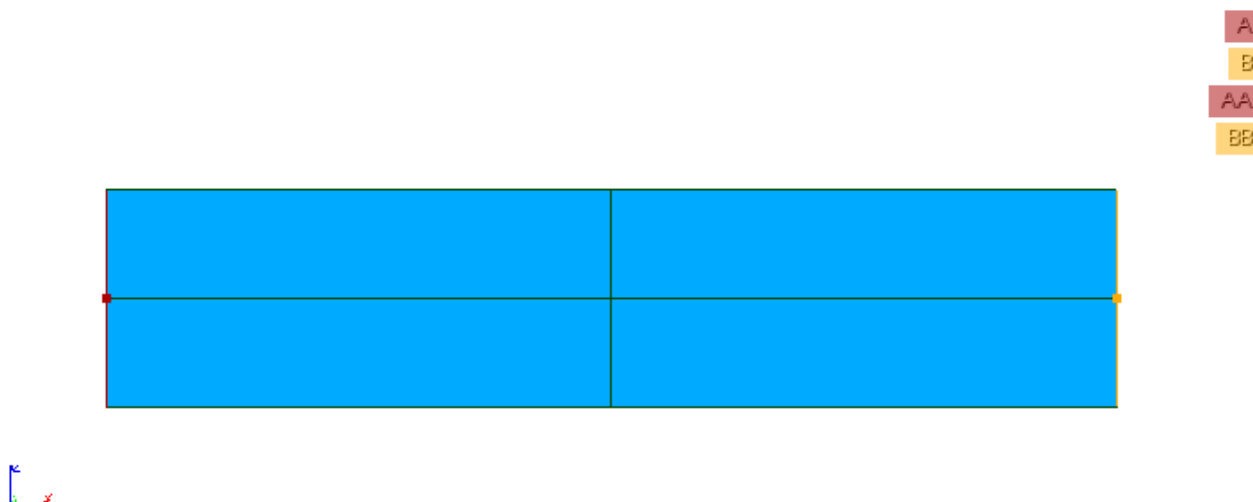


Figure 6 : Maillage modélisation C.

5.3 Grandeurs testées et résultats

On teste le déplacement DX du nœud `BB` situé au centre du bord `B`.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Instant 1,0	'SOURCE_EXTERNE'	-2.436805E-4	4%
Instant 3,0	'SOURCE_EXTERNE'	1.689212E-3	70%
Instant 5,0	'SOURCE_EXTERNE'	-3.891909E-4	12%
Instant 7,0	'SOURCE_EXTERNE'	9.398004E-4	25%
Instant 9,0	'SOURCE_EXTERNE'	-5.599223E-4	25%
Instant 11,0	'SOURCE_EXTERNE'	1.5470623E-3	7%
Instant 13,0	'SOURCE_EXTERNE'	-1.1283811E-3	2%
Instant 15,0	'SOURCE_EXTERNE'	1.9670126E-3	2%
Instant 17,0	'SOURCE_EXTERNE'	-1.3747783E-3	0.1%
Instant 19,0	'SOURCE_EXTERNE'	1.9887658E-3	3%

La réponse axiale de la poutre et les résultats expérimentaux sont présentés Figure 7.

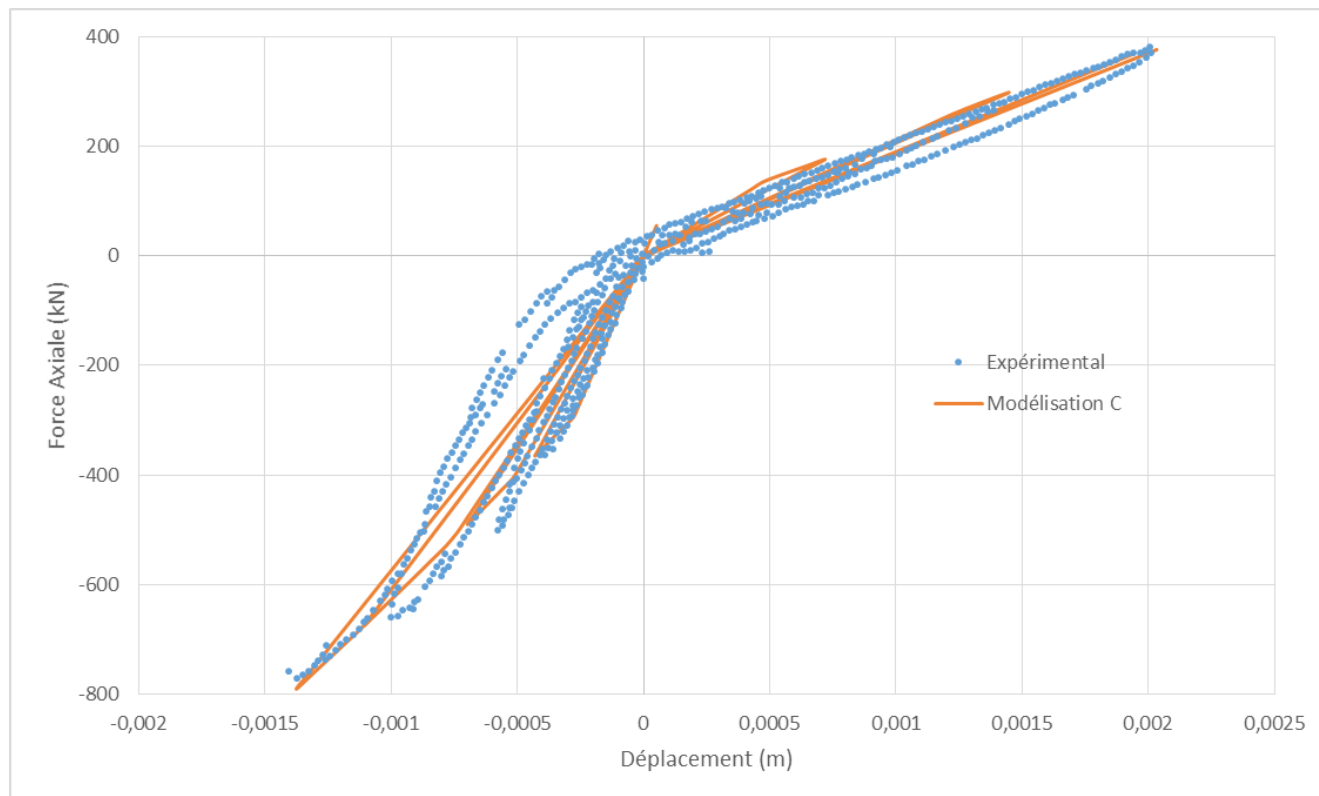


Figure 7: réponse de la modélisation C

6 Synthèse des résultats

Les résultats des différentes modélisations sont comparées aux mesures expérimentales [1]. Tous les modèles permettent de représenter de manière satisfaisante le comportement dissymétrique de la poutre en traction et compression. Les raideurs élastiques et post-élastiques sont correctement reproduites. Les boucles d'hystérésis sont moins amples car les modèles de comportement ne représentent pas tous les mécanismes dissipatifs du matériau béton armé.