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_UNIL, [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.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

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

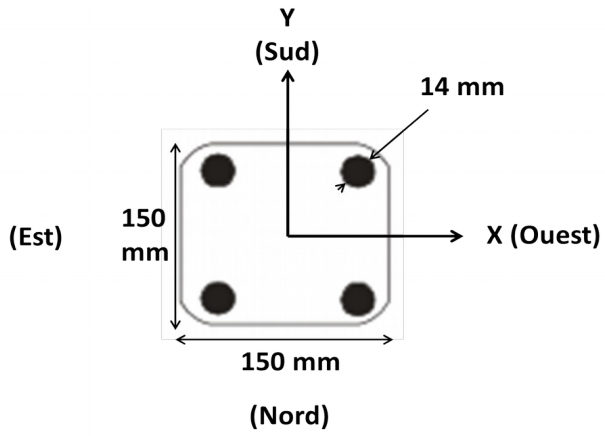


Figure 1: section du poteau en béton armé.

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 $2,053\ 10^{-3} m^2/m$.
Pour la modélisation B, on utilise une seule fibre d'acier de section $6,15\,mm^2$.

1.2 Propriétés du matériau

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

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

Les paramètres pour l'acier sont :

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

On utilise l'opérateur DEFI_GLRC pour l'obtention des paramètres de la loi GLRC_DM. La contrainte du béton a été réduite à $\sigma_t=1,6\,MPa$. 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 : $E_{eq}^m=34021.0\,MPa$, soit une raideur membranaire selon la direction Ox : $E_{eq}^m * S=765.393\,MN$.

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

L'opérateur DEFI_MATER_GC a été utilisé pour déterminer les paramètres des lois MAZARS_UNIL 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 $FX=1\,kN$ suivant la direction X.

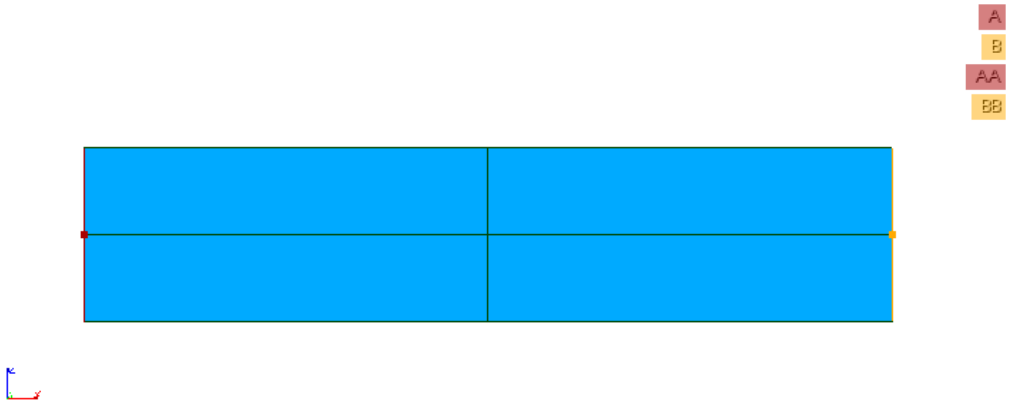


Figure 2: section du poteau en béton armé.

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.

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

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 $743,7 MN$,
- une raideur axiale équivalente post-endommagement en traction de $120,1 MN$, 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 Chaussés. 6 janvier 1997.

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

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.

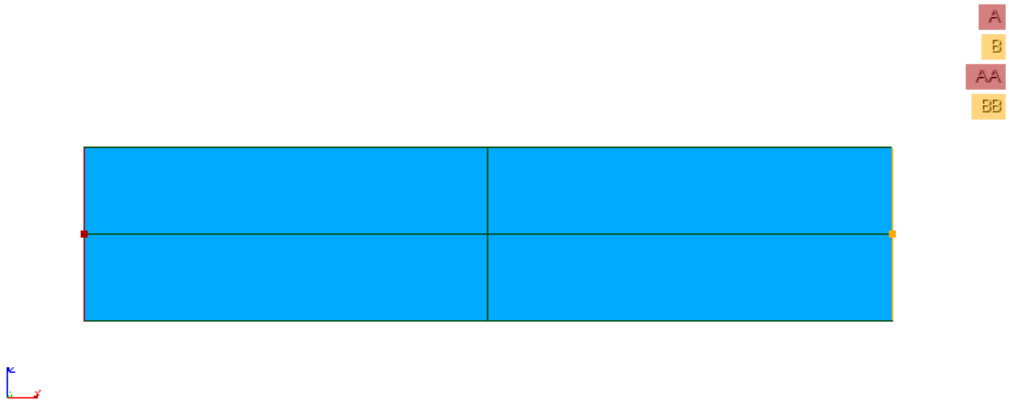


Figure 3 : Maillage modélisation A.

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%

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

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

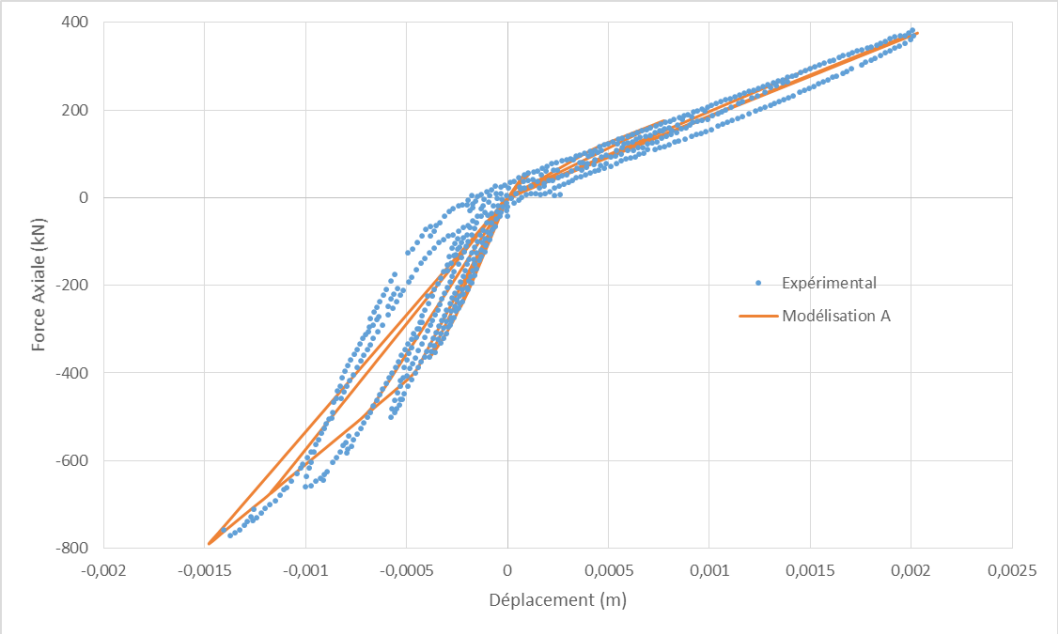


Figure 4 : réponse de la modélisation A

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

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_UNIL. 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'une fibre de béton et d'une fibre d'acier.

4.3 Grandeurs testées et résultats

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

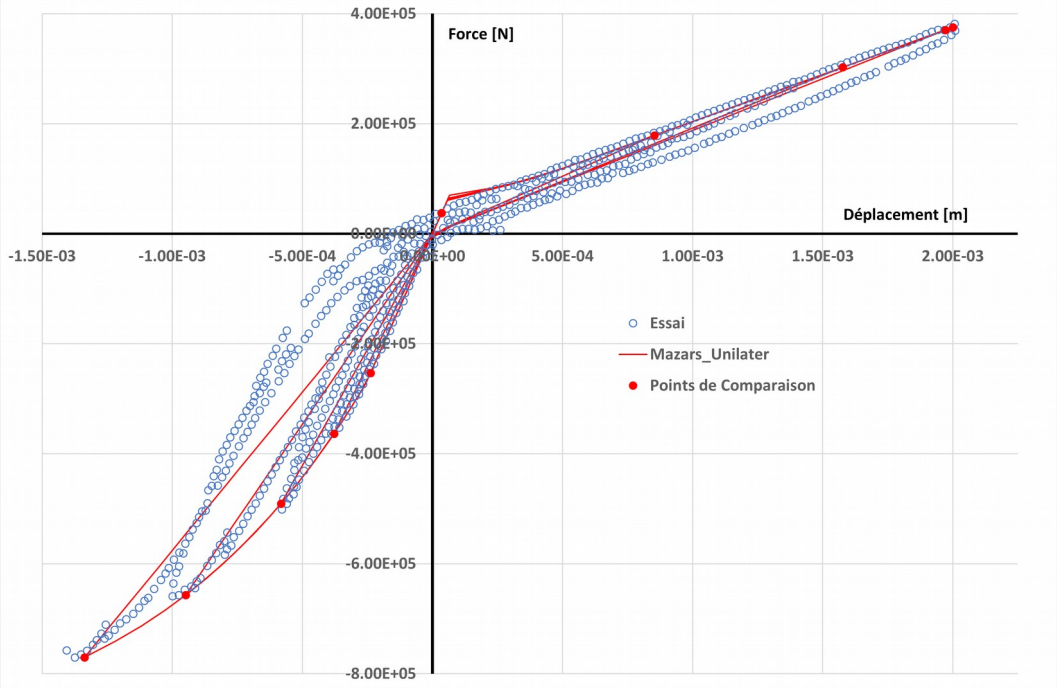


Figure 5 : réponse de la modélisation B.

INST	Depl Dx [m]	Réaction Fx [N]	Précision %
1.0	-2.382E-04	-2.531E+05	5 %
3.0	3.526E-05	3.746E+04	5 %
5.0	-3.786E-04	-3.635E+05	5 %
7.0	8.522E-04	1.784E+05	5 %
9.0	-5.825E-04	-4.909E+05	5 %
11.0	1.577E-03	3.026E+05	5 %
13.0	-9.487E-04	-6.569E+05	5 %
15.0	1.971E-03	3.703E+05	5 %
17.0	-1.337E-03	-7.700E+05	5 %
19.0	2.000E-03	3.753E+05	5 %

On teste le déplacement DX .

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

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.

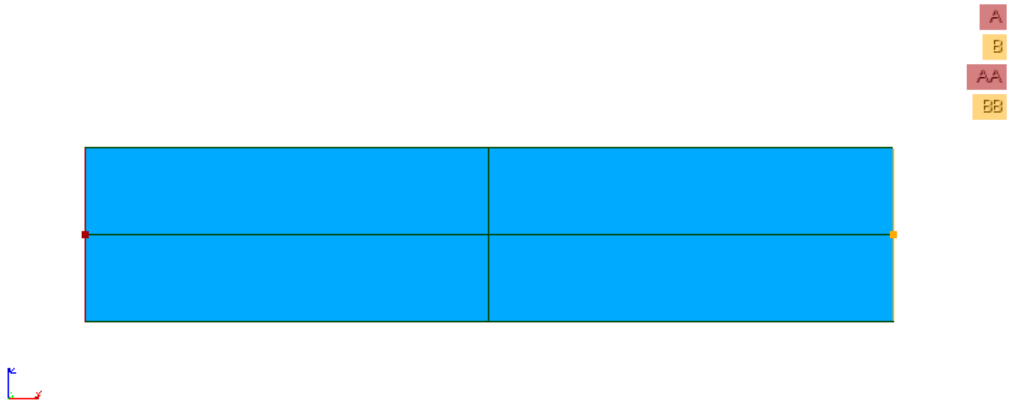


Figure 6 : Maillage modélisation C.

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%

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

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

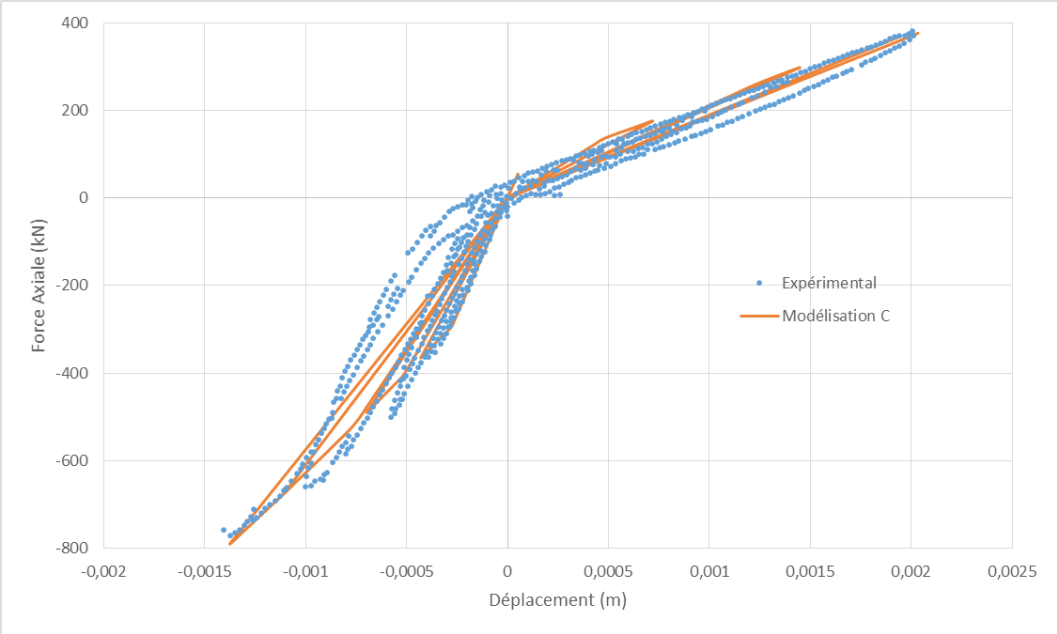


Figure 7: réponse de la modélisation C

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

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.

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