

## 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  $0,15\text{ m}$ .

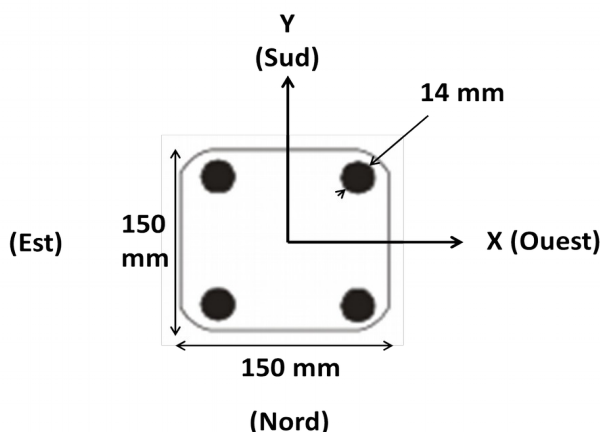


Figure 1: section du poteau en béton armé.

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  $X$ .

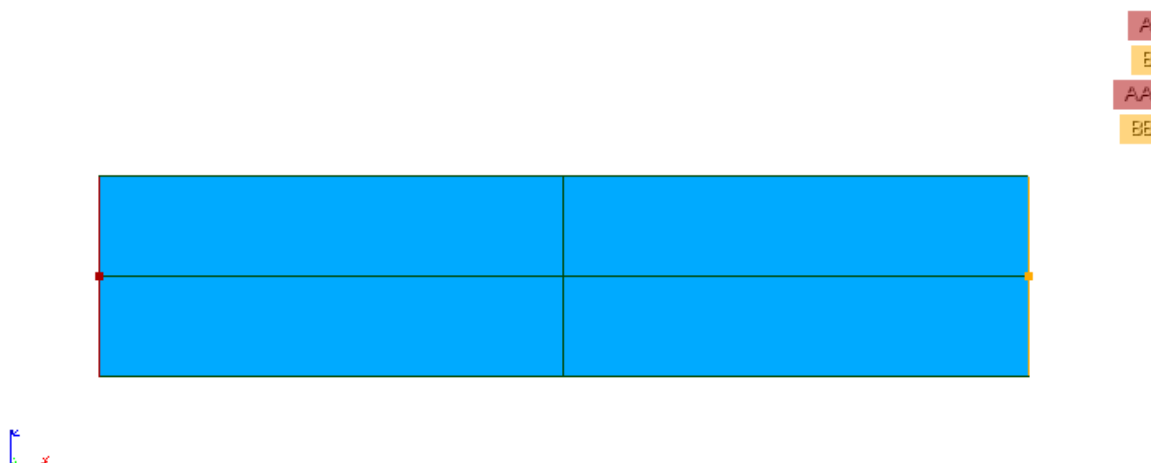


Figure 2: section du poteau en béton armé.

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`.

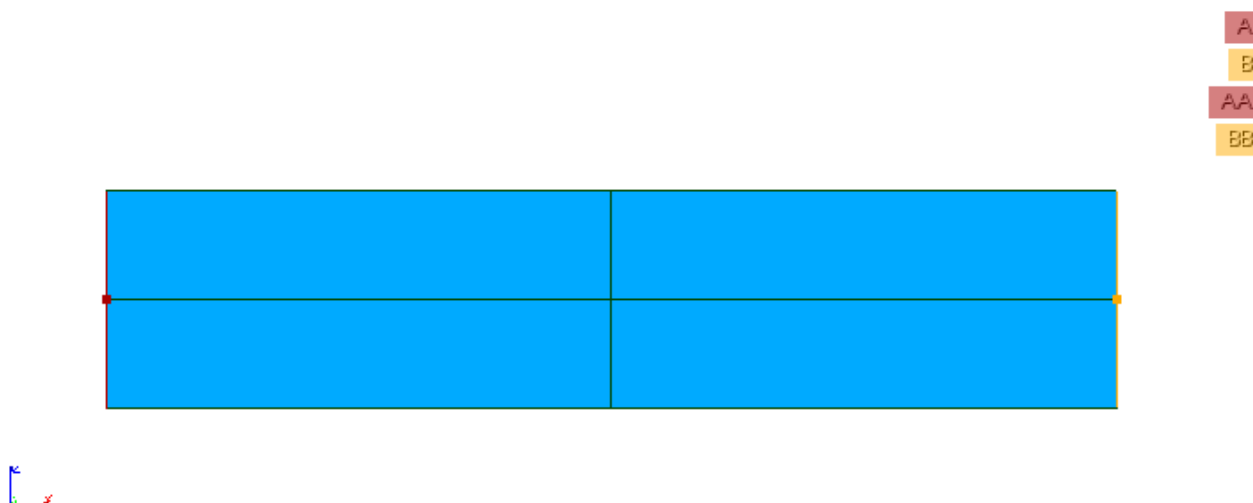


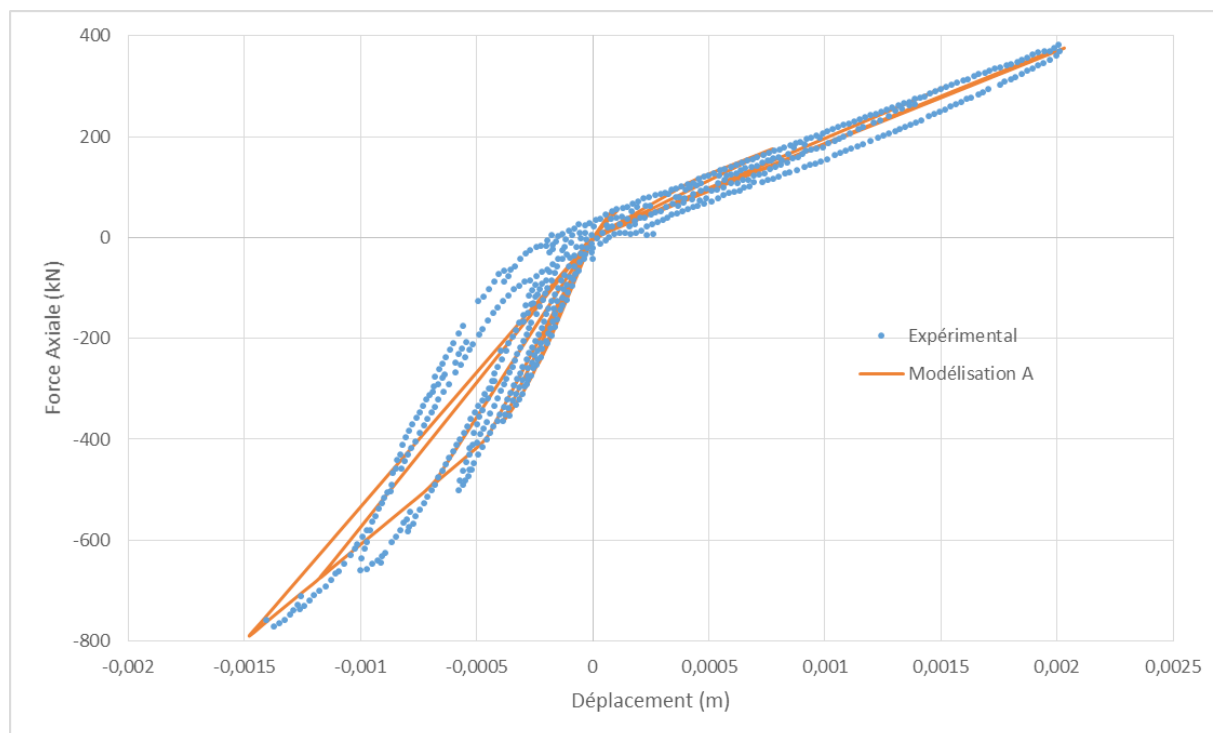
Figure 3 : Maillage modélisation A.

#### 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

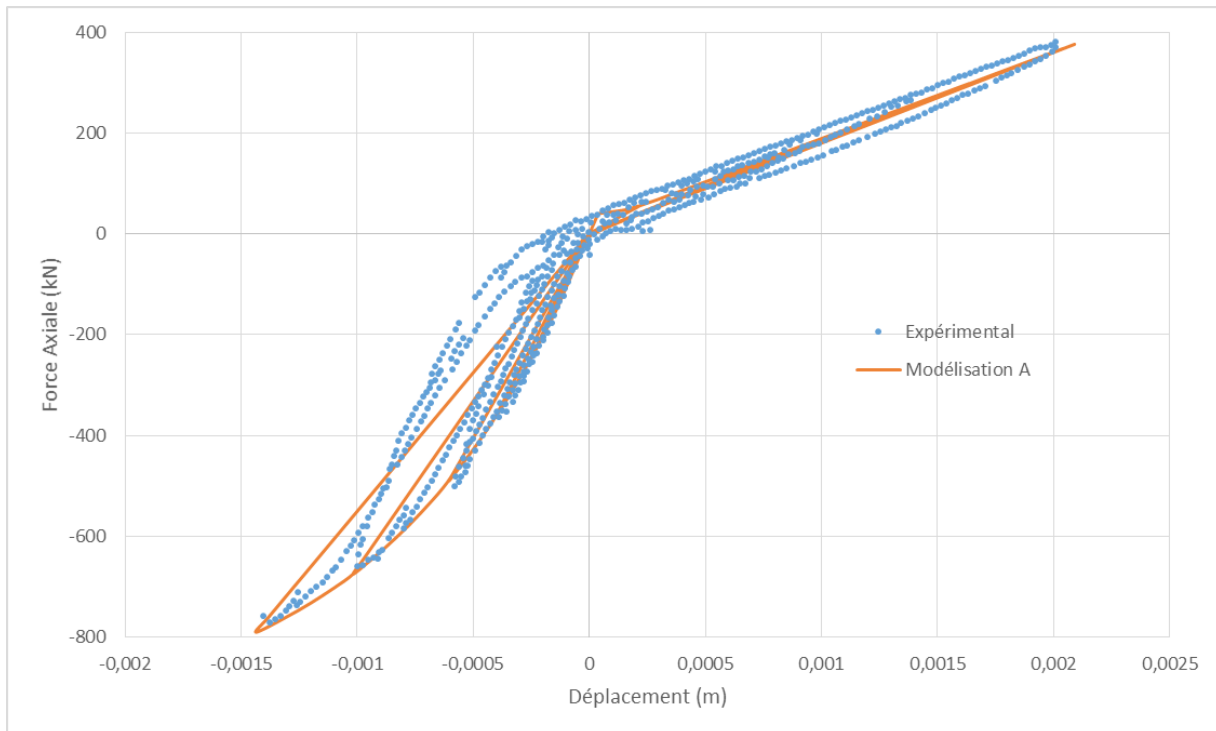
Le maillage contient un élément de type `SEG2`. La section de la poutre est composée d'un fibre de béton et d'une fibre d'acier.

### 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`.

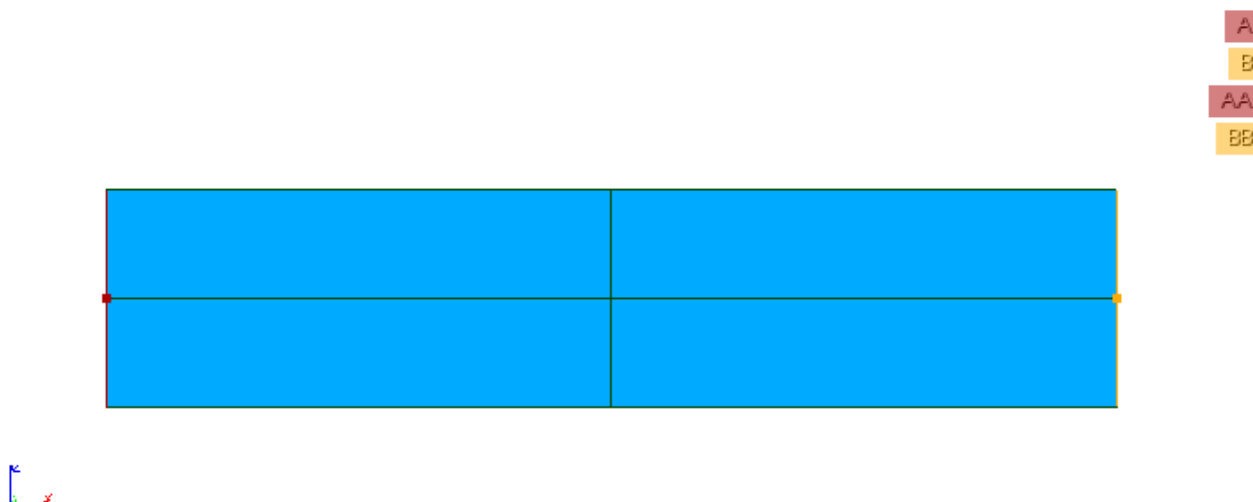


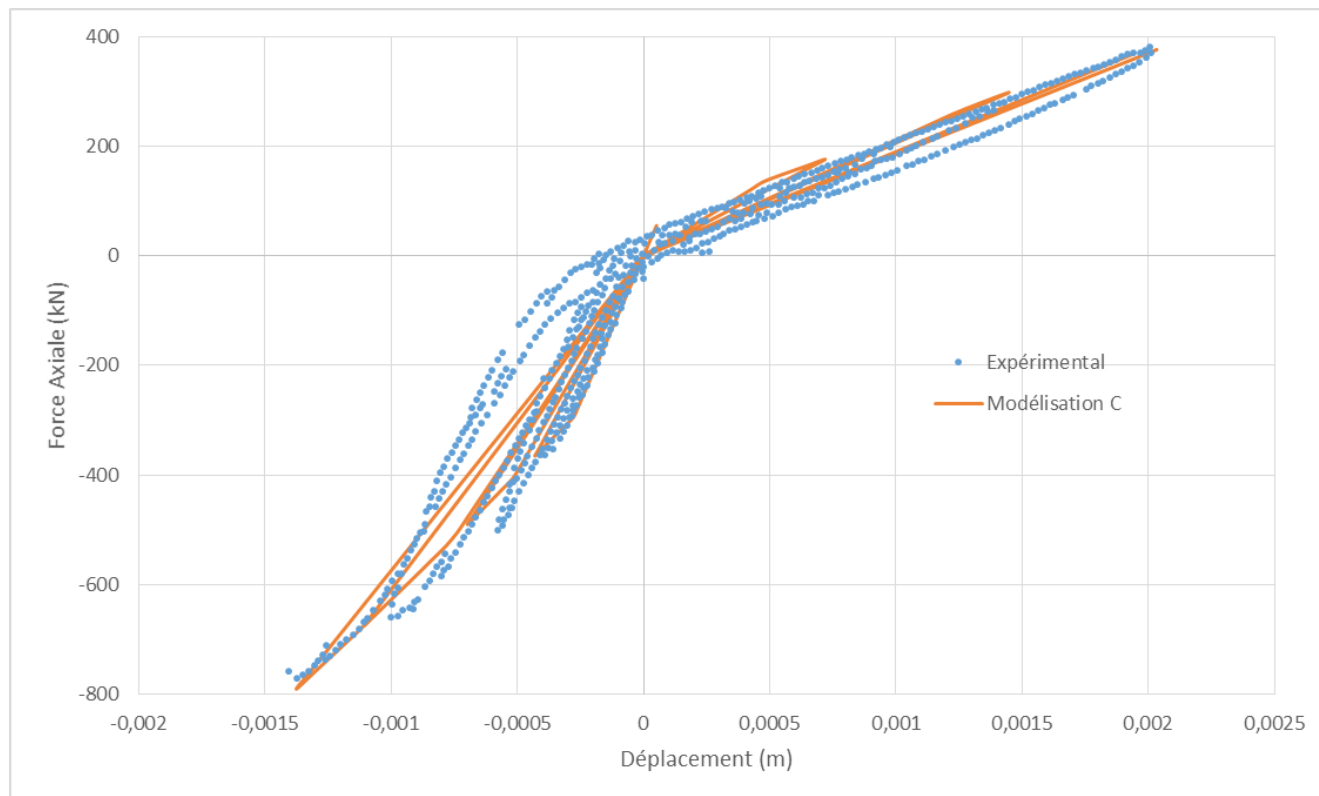
Figure 6 : Maillage modélisation C.

### 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.