

Club Cast3M 27 Novembre 2020

Modélisation des poteaux en béton armé avec une loi de comportement couplant endommagement-plasticité

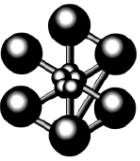
Androniki-Anna Doulgeroglou^{a,b},

Panagiotis Kotronis^a, Giulio Sciarra^a

- a. Centrale Nantes, Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique (GeM), Nantes, France
- b. Groupe ESSOR, Pays de la Loire – Saint-Herblain, France

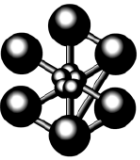


Plan



- Introduction – Objectif
- Cas d'étude
- Discrétisation spatiale
- Lois de comportement - Paramètres
- Résultats
- Conclusions – Perspectives

Introduction – Objectif



Ce travail fait partie d'une Thèse Cifre intitulée '*Vulnérabilité des bâtiments soumis à des chargements dynamiques sévères*', encadrée par P. Kotronis, G. Sciarra et A. Soubra, en collaboration avec Groupe-ESSOR.

Objectif général

- Développement des outils rapides et robustes capables de reproduire le comportement des structures en béton armé (systèmes poteaux – poutres) sous chargements dynamiques sévères (lentes et rapides), jusqu'à la ruine.
 - Conception du **macroélément** : un nouvel élément fini poutre généralisée (cinématique Timoshenko) pour tenir compte des chargements couplés.

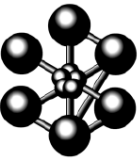
Objectif particulier

- Construction des diagrammes d'interaction en 3D (N-M-V) pour des sections typiques en béton armé.
 - Simulations numériques en 3D avec Cast3M



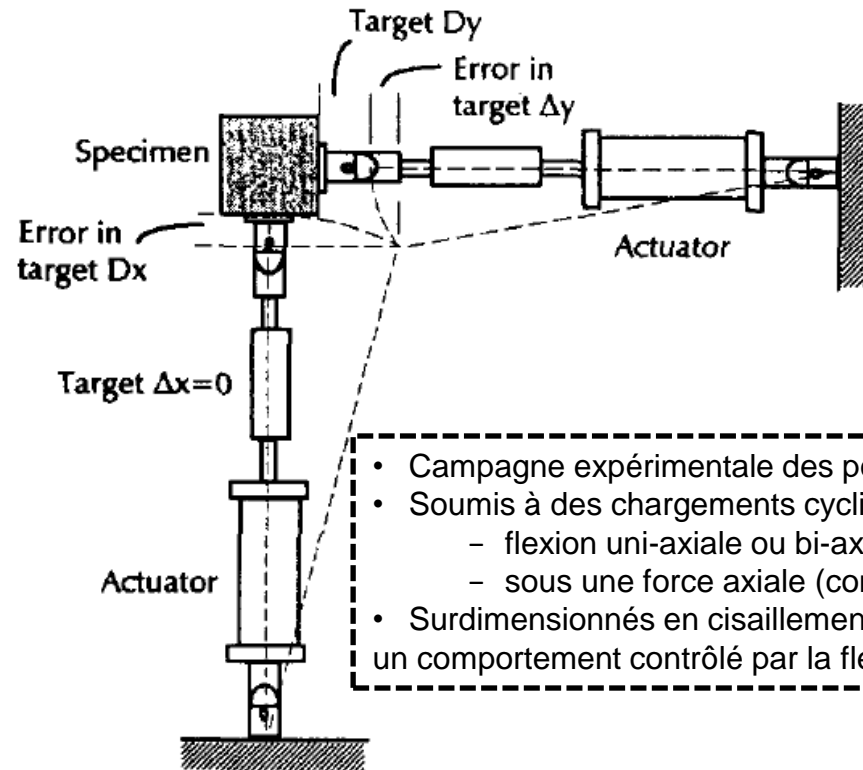
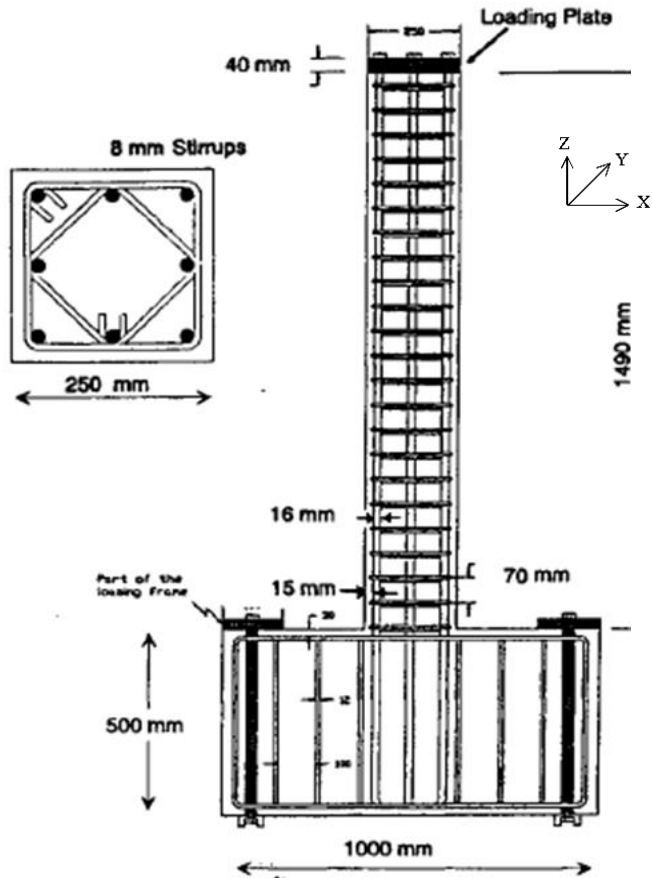
Procédure de validation de notre démarche

Cas d'étude



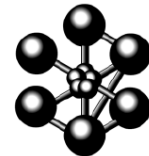
Poteaux en béton armé testés expérimentalement par Bousias et al.[1]

(Les figures sont pris par la référence [1] et le tableau suivant a été modifié pour cette présentation.)

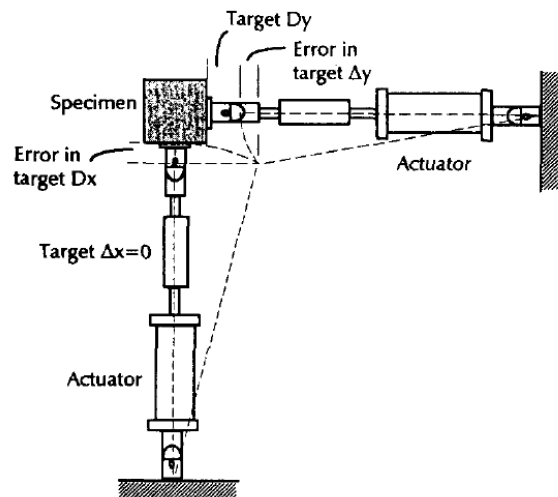
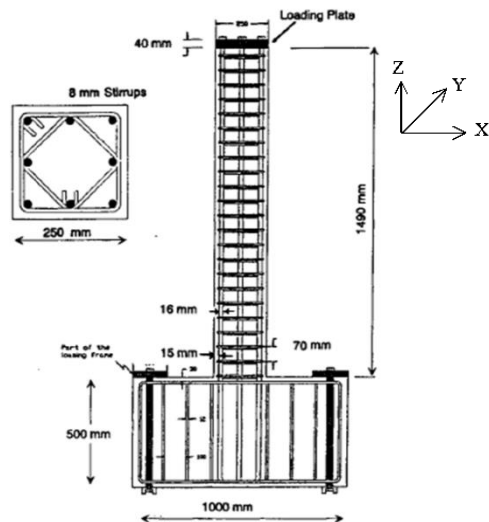


- Campagne expérimentale des poteaux cantilevers
- Soumis à des chargements cycliques de :
 - flexion uni-axiale ou bi-axiale
 - sous une force axiale (constante ou pas)
- Surdimensionnés en cisaillement pour assurer un comportement contrôlé par la flexion

Cas d'étude

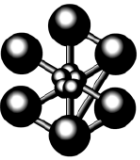


Programme des chargements



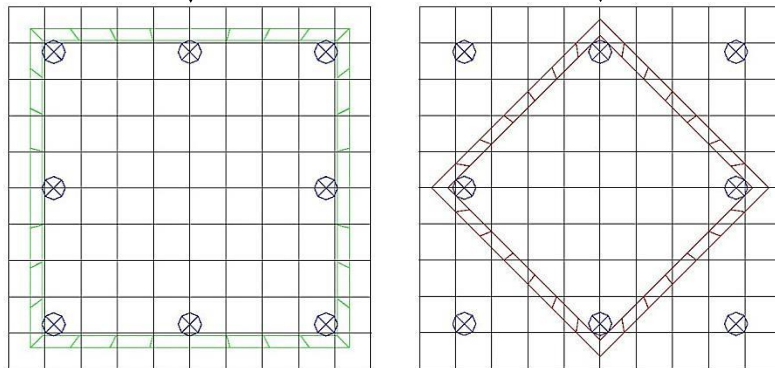
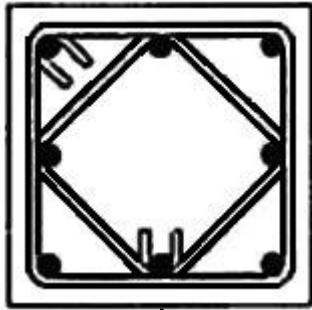
Spécimen testé	f_c' (MPa)	N/ (Ac· f_c')	Chemin du chargement
S1	29.0	0.12	δx δy
S2	31.1	0.15	δy δx
S3	29.9	0.17	δx F_y
S4	27.7	0.15	δx F_y
S5	33.1	0.12	δy δx
S6	25.7	0.10	δy δx
S7	28.1	0.12	Expansion
S8	25.4	0.11	'Shrinking'
S9	23.9	0.03/0.15	Cercle δy δx

Discrétisation spatiale Cast3M

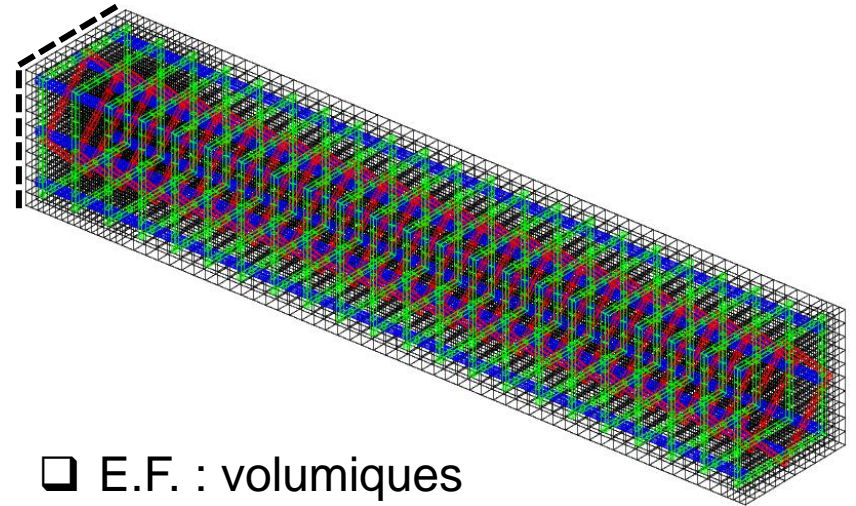


Discrétisation spatiale – Conditions aux limites

- Composantes : Béton, acier longitudinal, acier transversal (2 types)
- Accrochage de l'enveloppe du maillage de l'acier au maillage de béton
→ opérateur 'RELA', option 'ACCRO'

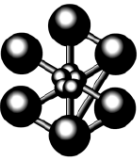


Encastrement à la base : $u_x, u_y, u_z = 0$



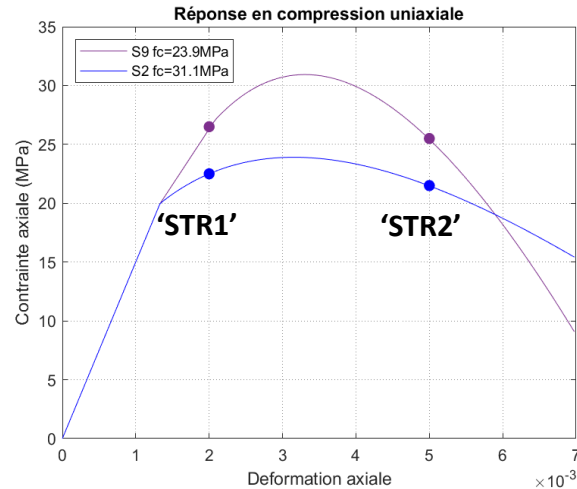
- ❑ E.F. : volumiques
- ❑ Fonctions de forme : linéaires
- ❑ Nombre des éléments : 10496
- ❑ Nombre des nœuds : 18831

Lois de comportement Cast3M – Paramètres



Béton : Loi d'endommagement-plasticité Faria et al. [3] → 'DAMAGE_TC'

Paramètres Principaux	Description	Unité SI	Valeur
'Eb'	Module d'Young	Pa	15E9
'NUb'	Coefficient de poisson	-	0.2
'FTUL'	Limite en traction	Pa	2E6
'FC01'	Limite élastique en compression	Pa	-20E6
'EXT1'	Déformation point 1	-	-0.002
'EXT2'	Déformation point 2	-	-0.005
S1			
'STR1'	Contrainte point 1	Pa	-25.4E6
'STR2'	Contrainte point 2	Pa	-24.4E6

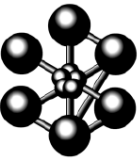


Acier : Loi d'écroutissage cinématique linéaire → 'CINEMATIQUE'

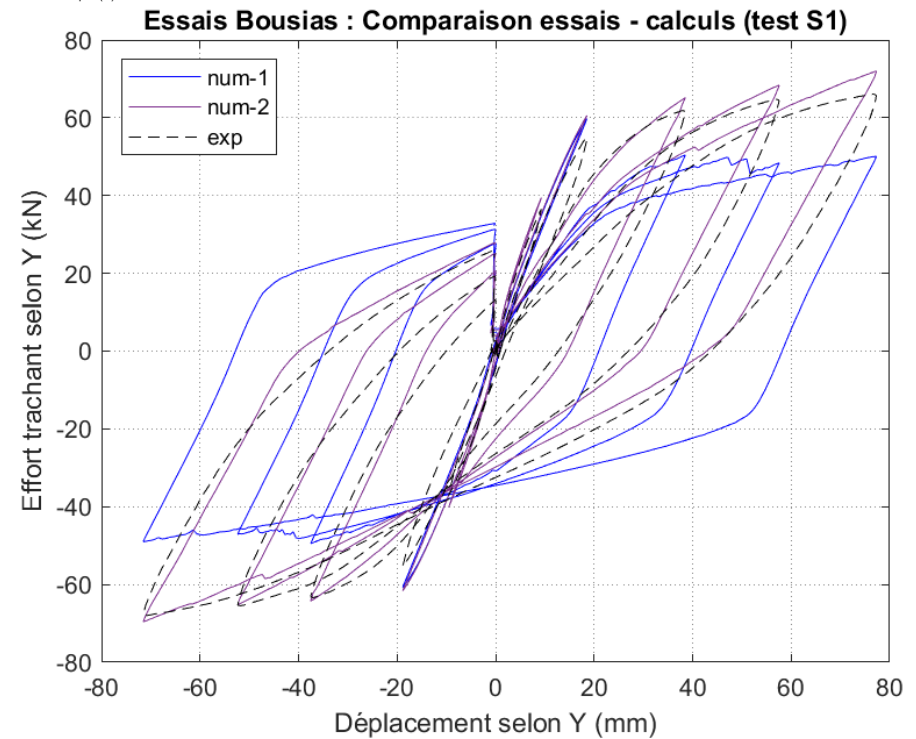
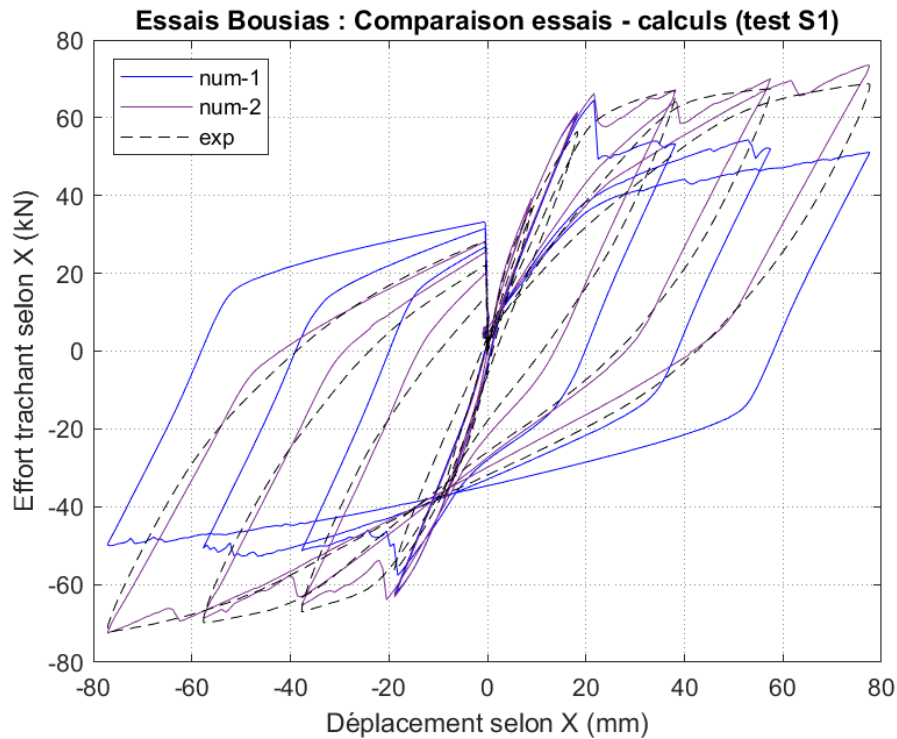
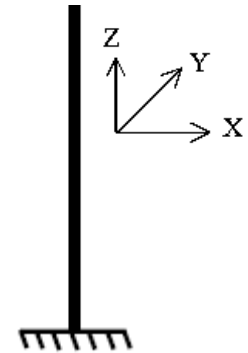
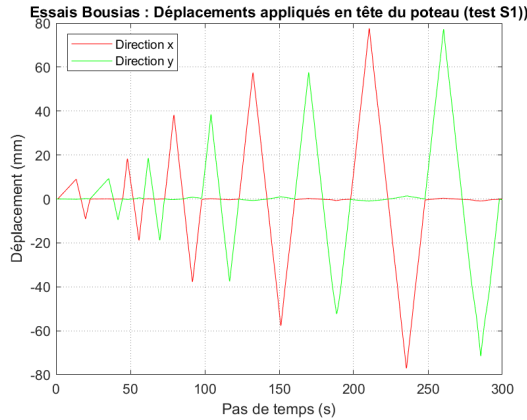
A la suite...

- On montre les résultats des simulations numériques comparés aux expériences.
- Il s'agit des 3 'sets' de simulations où l'écroutissage varie :
 - ❑ Simulation 1 : paramètres de la loi de l'acier obtenues par la référence.
 - ❑ Simulation 2 : paramètres de la loi de l'acier obtenues par la calibration de l'essai S1.
 - ❑ Simulation 3 : paramètres de la loi de l'acier obtenues par la calibration de chaque essai séparément afin d'obtenir un meilleur 'fit' entre simulation et expérience.

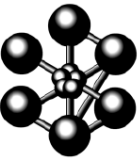
Résultats – Essai S1






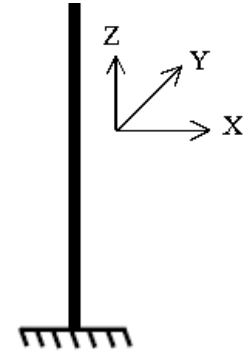
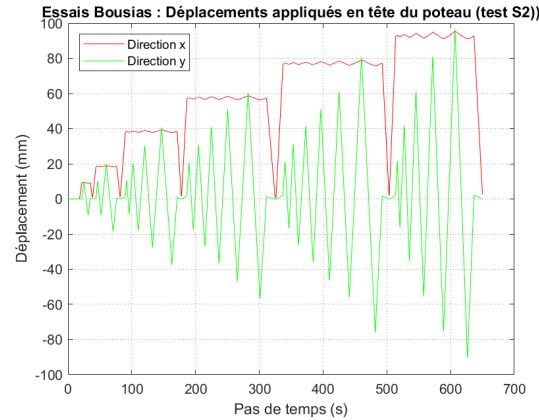
— num-1	Données de la référence Hacier=2.33GPa
— num-2	Meilleur 'fit' Hacier=20GPa



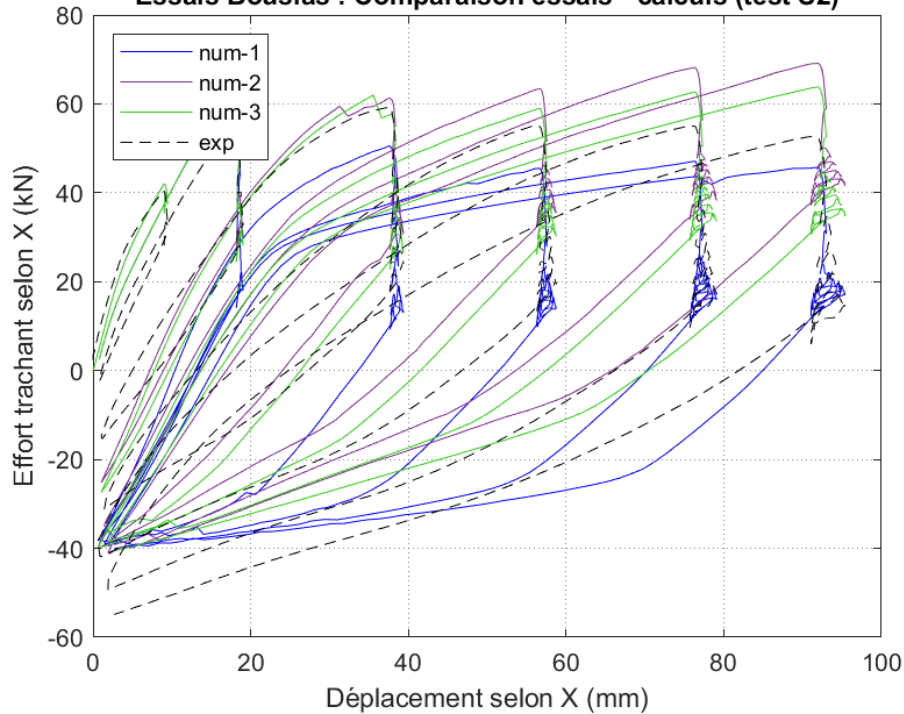
Résultats – Essai S2



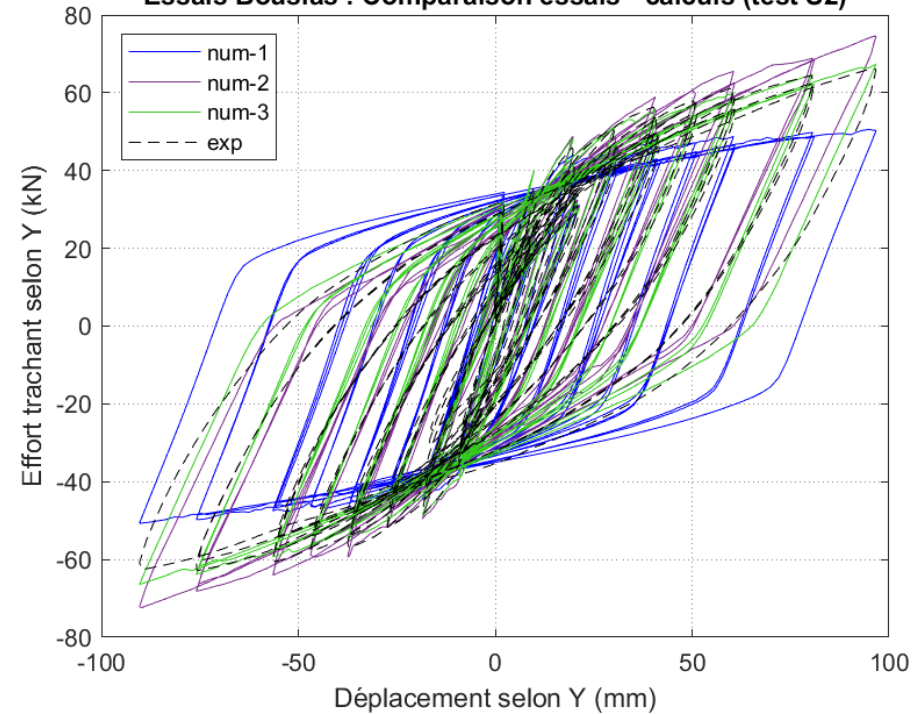
 num-1	Données de la référence Hacier=2.33GPa
 num-2	Calibration selon l'essai S1 Hacier=20GPa
 num-3	Meilleur 'fit' Hacier=14GPa



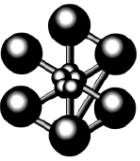
Essais Bousias : Comparaison essais - calculs (test S2)



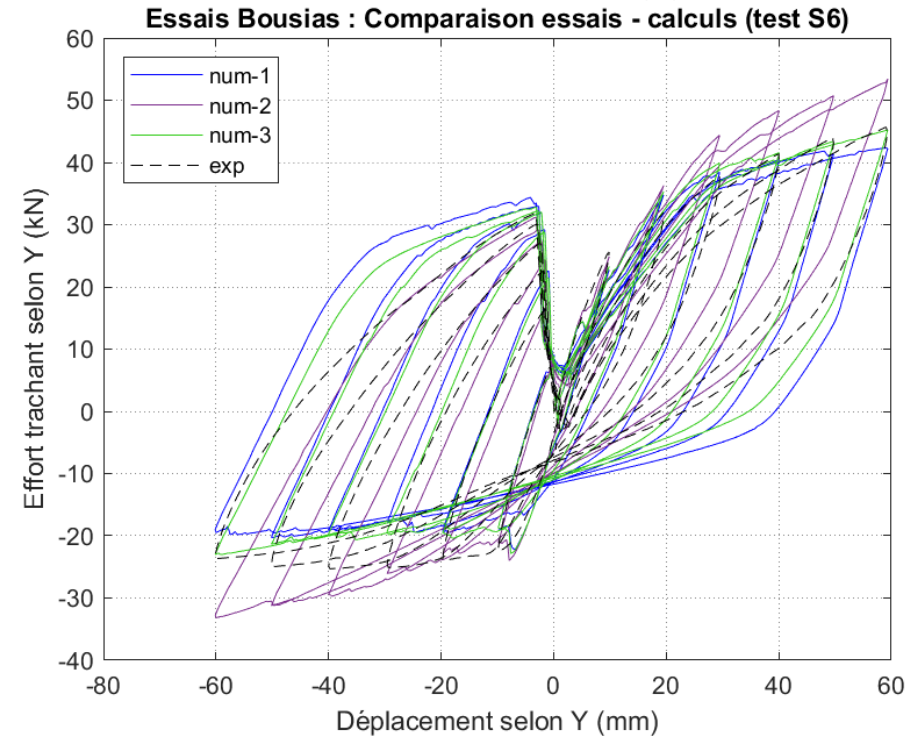
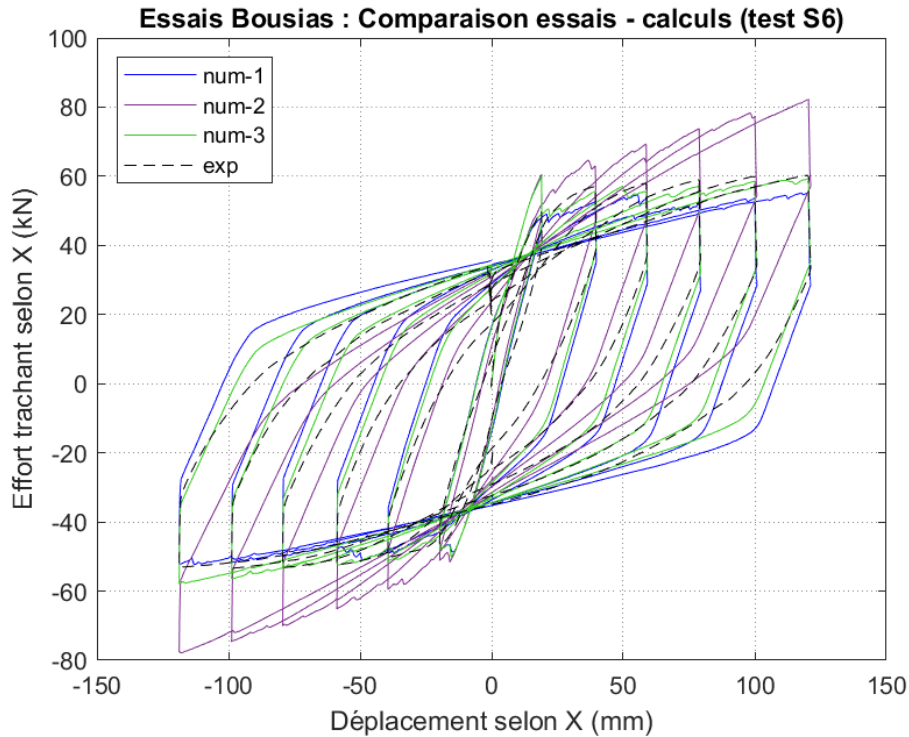
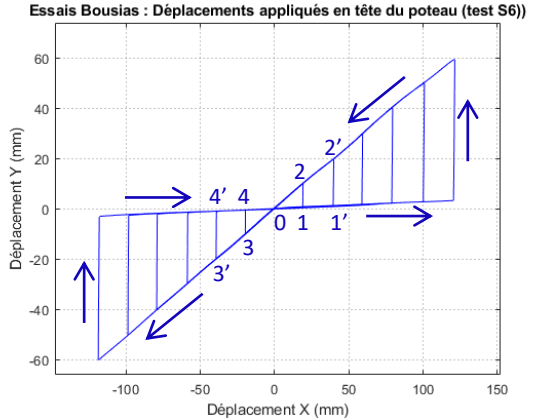
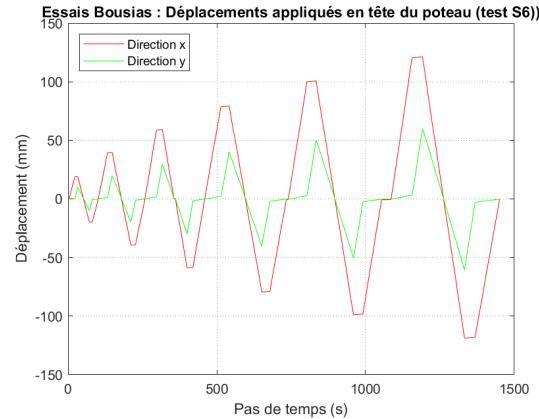
Essais Bousias : Comparaison essais - calculs (test S2)

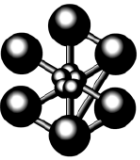


Résultats – Essai S6



— num-1	Données de la référence Hacier=2.33GPa
— num-2	Calibration selon l'essai S1 Hacier=20GPa
— num-3	Meilleur 'fit' Hacier=5GPa





Conclusions

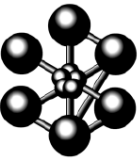
- La modélisation en 3D proposée donne des résultats satisfaisants pour la réponse globale.
- La calibration de la loi de comportement du béton est une procédure délicate et exigeante (et souvent la comparaison des fichiers ‘sources’ et des références de littérature correspondantes doit être prise en compte!)

Perspectives

- L’utilisation de ce modèle pour la construction des diagrammes d’interaction en 3D des sections typiques en béton armé.

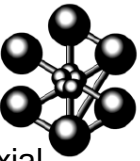
Construction du ‘macro-élément’

- Elément fini poutre généralisée
 - Pour tout type de chargement
 - Sections en béton armé : représentées par un seul matériau en termes des forces-déformations généralisées
- L’utilisation de ce modèle pour la vérification d’autres simulations réalisées par le code académique en Matlab de Centrale Nantes.



Merci de votre attention!

Références



- [1] Bousias, S. N., Verzeletti, G., Fardis, M. N., & Gutierrez, E. (1995). Load-path effects in column biaxial bending with axial force. *Journal of Engineering Mechanics*, 121(5), 596-605.
- [2] Caillerie, D., Kotronis, P., & Cybulski, R. (2015). A Timoshenko finite element straight beam with internal degrees of freedom. *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*, 39(16), 1753-1773.
- [3] Faria, R., Oliver, J., & Cervera, M. (1998). A strain-based plastic viscous-damage model for massive concrete structures. *International journal of solids and structures*, 35(14), 1533-1558.
- [4] Gangnant, A., Morel, S., La Borderie, C., & Saliba, J. (2015, May). Modélisation de la rupture quasifragile du béton à l'échelle mésoscopique.
- [5] Gutierrez, E., Magonette, G., & Verzeletti, G. (1993). Experimental studies of loading rate effects on reinforced concrete columns. *Journal of engineering mechanics*, 119(5), 887-904.
- [6] Kupfer, H. B., & Gerstle, K. H. (1973). Behavior of concrete under biaxial stresses. *Journal of the engineering mechanics division*, 99(4), 853-866.
- [7] Matallah, M., & La Borderie, C. (2009). Inelasticity–damage-based model for numerical modeling of concrete cracking. *Engineering Fracture Mechanics*, 76(8), 1087-1108.
- [8] Mazars, J. (1984). Application de la mécanique de l'endommagement au comportement non linéaire et à la rupture du béton de structure. *THESE DE DOCTEUR ES SCIENCES PRESENTEE A L'UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE-PARIS 6*.
- [9] Richard, B., Ragueneau, F., Cremona, C., & Adelaide, L. (2010). Isotropic continuum damage mechanics for concrete under cyclic loading: Stiffness recovery, inelastic strains and frictional sliding. *Engineering Fracture Mechanics*, 77(8), 1203-1223.