

Printed from

# Journal of Scientific Research

---

<http://www2.univ-bechar.dz/jrs/>

## Modélisation du comportement du béton sous chargement cyclique

KEDDOUCI Taibia, KHELIFI Naima, MOKKADEM Youcef, RAFFED Yamina,  
HAMOUINE Abdelmadjid et BARAKA Abdelhak

*Email : keddouci\_t@yahoo.fr*

Published on 10 July 2013

The Editor, on behalf of the Editorial Board and Reviewers, has great pleasure in presenting this number of the Journal of Scientific Research. This journal (ISSN 2170-1237) is a periodic and multidisciplinary journal, published by the University of Bechar. This journal is located at the interface of research journals, and the vulgarization journals in the field of scientific research. It publishes quality articles in the domain of basic and applied sciences, technologies and humanities sciences, where the main objective is to coordinate and disseminate scientific and technical information relating to various disciplines.

The research articles and the development must be original and contribute innovative, helping in the development of new and advanced technologies, like the studies that have concrete ideas which are of primary interest in mastering a contemporary scientific concepts. These articles can be written in Arabic, French or English. They will not be published in another journal or under review elsewhere. The target readership is composed especially of engineers and technicians, teachers, researchers, scholars, consultants, companies, university lab, teaching techniques and literary ... The journal is obtainable in electronic form, which is available worldwide on the Internet and can be accessed at the journal URL:

<http://www2.univ-bechar.dz/jrs/>.

**Director of Journal**  
Pr. BELGHACHI Abderrahmane

**Editor in Chief**  
Dr. HASNI Abdelhafid

**Co-Editor in Chief**  
Dr. BASSOU Abdesselam

### Editorial Member

TERFAYA Nazihe  
BOUIDA Ahmed  
LATFAOUI Mohieddine  
MOSTADI Siham

## Reviewers board of the Journal.

Pr. KADRY SEIFEDINE (The American University in KUWAIT)  
Pr. RAZZAQ GHUMMAN Abdul (Al Qassim University KSA)  
Pr. PK. MD. MOTIUR RAHMAN (University of Dhaka Bangladesh)  
Pr. MAHMOOD GHAZAW Yousry (Al Qassim University KSA)  
Pr. KHENOUS Houari Boumediene (King Khalid University KSA)  
Pr. RAOUS Michel (Laboratory of Mechanic and Acoustic France)  
Pr. RATAN Y. Borse (M S G College Malegaon Camp India)  
Pr. LEBON Frédéric (University of Aix-Marseille 1 France)  
Pr. MONGI Ben Ouédou (National Engineering School of Tunis)  
Pr. BOUKELIF Aoued (University of Sidi Bel Abbes Algeria)  
Pr. DJORDJEVICH Alexander (University of Hong Kong)  
Pr. BENABBASSI Abdelhakem (University of Bechar Algeria)  
Pr. BOULARD Thierry (National Institute of Agronomic Research France)  
Pr. LUCA Varani (University of Montpellier France)  
Pr. NEBBOU Mohamed (University of Bechar Algeria)  
Dr. FELLAH Zine El Abidine Laboratory of Mechanic and Acoustic France)  
Dr. ZHEN Gao (University of Ontario Institute of Technology Canada)  
Dr. OUERDACHI Lahbassi (University of Annaba Algeria)  
Dr. HADJ ABDELKADER Hicham (IBISC – University of Evry France)  
Dr. KARRAY M'HAMED ALI (National Engineering School of Tunis)  
Dr. ALLAL Mohammed Amine (University of Tlemcen Algeria)  
Dr. FOUCHAL Fazia (GEMH - University of Limoges France)  
Dr. TORRES Jeremi (University of Montpellier 2 France)  
Dr. CHANDRAKANT Govindrao Dighavka (L. V. H. College of Panchavati India)  
Dr. ABID Chérifa (Polytech' University of Aix-Marseille France)  
Dr. HAMMADI Fodil (University of Bechar Algeria)  
Dr. LABBACI Boudjema (University of Bechar Algeria)  
Dr. DJERMANE Mohammed (University of Bechar Algeria)  
Dr. BENSFAI Abd-El-Hamid (University of Tlemcen)  
Dr. BENBACHIR Maamar (University of Bechar Algeria)

Pr. BALBINOT Alexandre (Federal University of Rio Grande do Sul Brazil)  
Pr. TEHIRICHI Mohamed (University of Bechar Algeria)  
Pr. JAIN GOTAN (Materials Research Lab., A.C.S. College, Nandgaon India)  
Pr. SAIDANE Abdelkader (ENSET Oran Algeria)  
Pr. DI GIAMBERARDINO Paolo (University of Rome « La Sapienza » Italy)  
Pr. SENGOUGA Nouredine (University of Biskra Algeria)  
Pr. CHERITI Abdelkarim (University of Bechar Algeria)  
Pr. MEDALE Marc (University of Aix-Marseille France)  
Pr. HELMAOUI Abderrachid (University of Bechar Algeria)  
Pr. HAMOUINE Abdelmadjid (University of Bechar Algeria)  
Pr. DRAOUI Belkacem (University of Bechar Algeria)  
Pr. BELGHACHI Abderrahmane (University of Bechar Algeria)  
Pr. SHAILENDHRA Karthikeyan (AMRITA School of Engineering India)  
Pr. BURAK Barutcu (University of Istanbul Turkey)  
Pr. LAOUFI Abdallah (University of Bechar Algeria)  
Dr. SELLAM Mebrouk (University of Bechar Algeria)  
Dr. ABDUL RAHIM Ruzairi (University Technology of Malaysia)  
Dr. BELBOUKHARI Nasser (University of Bechar Algeria)  
Dr. CHIKR EL MEZOUAR Zouaoui (University of Bechar Algeria)  
Dr. BENACHAIBA Chellali (University of Bechar Algeria)  
Dr. KAMECHE Mohamed (Centre des Techniques Spatiales, Oran Algeria)  
Dr. MERAD Lotfi (Ecole Préparatoire en Sciences et Techniques Tlemcen Algeria)  
Dr. BASSOU Abdesselam (University of Bechar Algeria)  
Dr. ABOU-BEKR Nabil (University of Tlemcen Algeria)  
Dr. BOUNOUA Abdennacer (University of Sidi bel abbes Algeria)  
Dr. TAMALI Mohamed (University of Bechar Algeria)  
Dr. FAZALUL RAHIMAN Mohd Hafiz (University of Malaysia)  
Dr. ABDELAZIZ Yazid (University of Bechar Algeria)  
Dr. BERGA Abdelmadjid (University of Bechar Algeria)  
Dr. Rachid KHALFAOUI (University of Bechar Algeria)  
Dr. SANJAY KHER Sanjay (Raja Ramanna Centre for Advanced Technology INDIA)

## Journal of Scientific Research

P.O.Box 417 route de Kenadsa  
08000 Bechar - ALGERIA  
Tel: +213 (0) 49 81 90 24  
Fax: +213 (0) 49 81 52 44

Editorial mail: [jrs.bechar@gmail.com](mailto:jrs.bechar@gmail.com)  
Submission mail: [submission.bechar@gmail.com](mailto:submission.bechar@gmail.com)  
Web: <http://www2.univ-bechar.dz/jrs/>



# Modélisation du comportement du béton sous chargement cyclique

M<sup>elle</sup> KEDDOUCI Taibia<sup>1</sup> & M<sup>elle</sup> KHELIFI Naima<sup>2</sup> & M<sup>r</sup> MOKKADEM Youcef<sup>3</sup> & M<sup>elle</sup> RAFFED Yamina<sup>4</sup>  
& M<sup>r</sup> HAMOUINE Abdelmadjid<sup>5</sup> & M<sup>r</sup> BARAKA Abdelhak<sup>6</sup>

<sup>1</sup>[keddouci\\_t@yahoo.fr](mailto:keddouci_t@yahoo.fr) <sup>2</sup>[khelifi.naima@yahoo.fr](mailto:khelifi.naima@yahoo.fr) <sup>3</sup>[youssefmy@live.fr](mailto:youssefmy@live.fr) <sup>4</sup>[ahamouine@hotmail.com](mailto:ahamouine@hotmail.com)  
<sup>5</sup>[ahk\\_baraka@yahoo.fr](mailto:ahk_baraka@yahoo.fr) <sup>6</sup>[amina.raffed@yahoo.fr](mailto:amina.raffed@yahoo.fr)

**Résumé-**Plusieurs recherches ont été menées pour modéliser le comportement des matériaux, parmi lesquelles, les modèles développés à base de la mécanique de l'endommagement qui offre un cadre intéressant pour modéliser le comportement du béton. Dans notre travail, nous avons utilisé le modèle de Laborderie pour décrire le comportement du béton en introduisant l'influence des paramètres de ce modèle sur la courbe contrainte- déformation.

**Mots clés :** Béton, Endommagement, Eléments finis, Chargement cyclique.

## I. Introduction :

L'emploi du béton comme matériau structurel de construction constitue un des plus grands défis dans la recherche de l'assurance dans le domaine des biens et des vies. Dès lors, différents phénomènes mal appréhendés ont conduit à la recherche des mécanismes élémentaires de dégradation de ce matériau et de leurs interactions, donc, nous chercherons à modéliser le comportement d'une structure en béton afin de prédire son endommagement ou la détérioration progressive de la matière jusqu'au stade final et la rupture macroscopique de l'élément testé sous chargement cyclique.

## II. Comportement expérimental du béton sous chargement

### II.1. Introduction

Selon la nature et l'intensité de la sollicitation, le béton se déforme d'une manière complexe en faisant intervenir une ou plusieurs combinaisons de mécanismes élémentaires : élasticité, endommagement, glissement, frottement, fissuration,...

### II.2. Comportement sous contraintes uniaxiales :

Le comportement du béton dépend du sens de la sollicitation appliquée (traction ou compression).

#### 2.1. Comportement en compression uniaxiale :

La résistance du béton à la compression est le facteur primordial qui donne une image globale sur la qualité du béton. Elle est la propriété fondamentale et l'élément clé souvent employé lors de la conception des structures en béton : ponts, bâtiments et autres ouvrages.

La courbe caractéristique qui relie les contraintes aux déformations obtenue lors d'un essai de

compression uniaxiale d'un cylindre en béton "figure -1-" montre que le comportement du béton en compression uniaxiale peut être divisé en deux phases : la partie ascendante de la courbe contrainte-déformation décrit le comportement du béton non fissuré; alors que la partie d'adoucissement est associée au comportement du béton fissuré: apparitions des fissures observables à l'œil nu jusqu'à ce que la ruine en effondrement apparait.

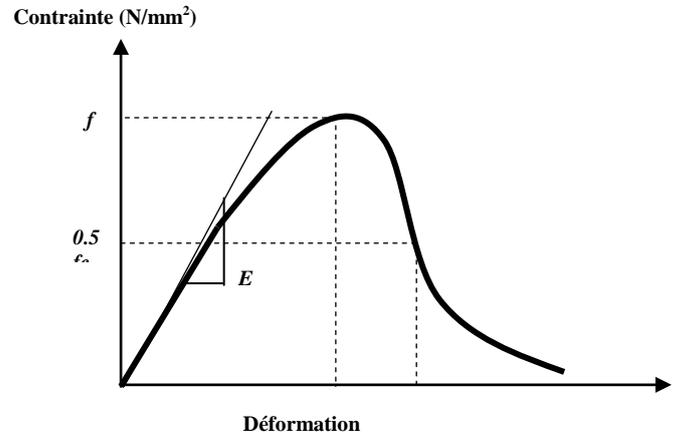


Figure-1- : Comportement du béton en compression uniaxiale [5]

#### 2.2. Comportement en traction uniaxiale :

Afin de définir complètement le comportement du béton, il est apparu judicieux de connaître aussi sa résistance à la traction, la résistance mécanique du béton ordinaire en traction reste inférieure au 1/10 de celle en compression.

La courbe contrainte- déformation du béton obtenue en traction uniaxiale similaire à celle décrite en compression "figure -2-".

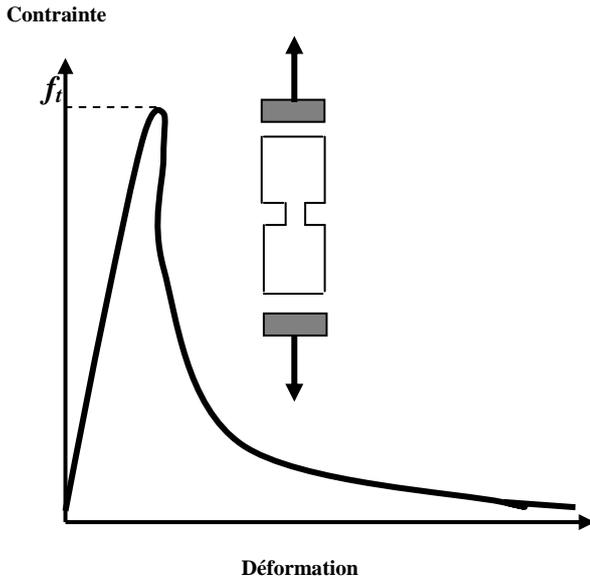


Figure-2- : Comportement du béton en traction uniaxiale [7]

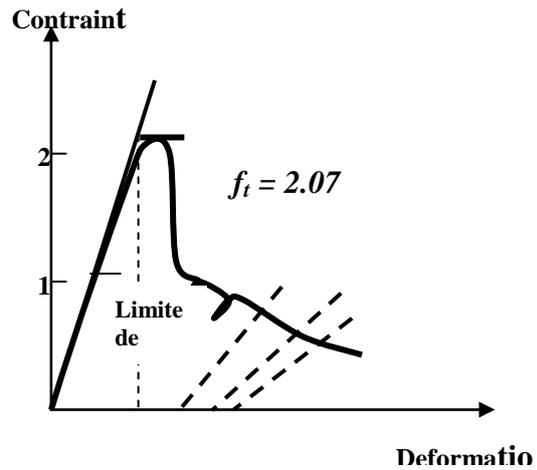


Figure-4- : Comportement en traction cyclique d'un béton ordinaire [7].

### III. Comportement sous chargement cyclique:

#### III.1. Introduction:

Les essais de traction- compression cycliques ont pour but d'envisager le lien entre la fissuration et l'endommagement et de mettre en évidence l'effet unilatéral.

#### III.2. Comportement cyclique en compression

Le but de cet essai est de confirmer le rôle des microfissures qui provoquent la dégradation. De plus, mettre en évidence le développement des déformations permanentes ainsi le développement des boucles d'hystérésis.

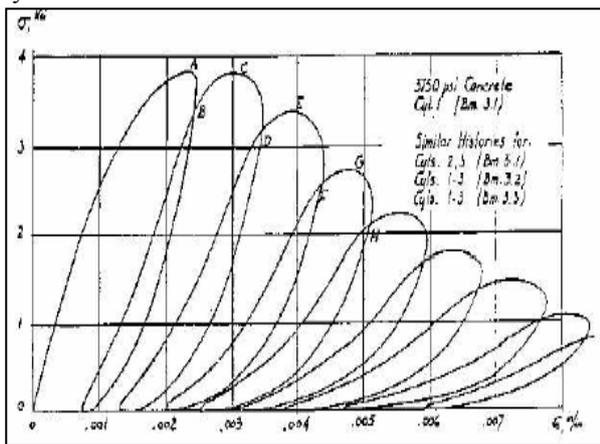


Figure-3- : Courbe expérimentale de Sinha Compression cyclique [6]

#### III.3. Comportement cyclique en traction :

Le but de cet essai est de confirmer le rôle des microfissures qui provoquent la dégradation des caractéristiques élastiques du matériau.

### IV. Modélisation

#### IV.1. Introduction

Le présent travail est dirigé vers la modélisation des structures en béton non armé, alors nous avons réalisé un programme à base des éléments finis qui permet la modélisation sous chargements cycliques en traction et en compression.

La validité de ce programme est justifiée avec une comparaison de nos résultats avec ceux obtenus dans la littérature.

Notre validation vise à s'assurer de la bonne approche des résultats concernant l'équilibre global de la structure et en particulier la relation liant la contrainte à la déformation.

#### IV.2. Paramètres du comportement du béton

##### 2.1. Introduction

La figure-2- présente les paramètres fondamentaux pour la description du comportement mécanique du béton sous sollicitation uni axiale cyclique, lorsque l'on observe l'évolution de la contrainte en fonction de la déformation. Nous distinguons les paramètres dits "statiques", pour caractériser le comportement des bétons sous sollicitations statiques, et les paramètres dits "cycliques" propres au comportement sous charges cycliques et donnent une idée sur les déformations résiduelles ainsi que l'endommagement du béton.

- **aramètres « statiques »:**  
 $E_0$ : module sécant.

$\varepsilon_{pic}$  : déformation au pic de résistance maximale  $f_{cpic}$  à la compression et  $f_{tpic}$  à la traction  
 $\varepsilon$  : Déformation finale.  
 $\sigma$  : Contrainte finale.

• **aramètres « cycliques » :**

Le comportement cyclique en compression et en traction peut être décrit en étudiant l'évolution de deux paramètres en fonction des cycles :

$\varepsilon_{an}$  : La déformation résiduelle.  
 $E_r$  : Le module de rechargement qui sera calculé à la fin de chaque cycle.

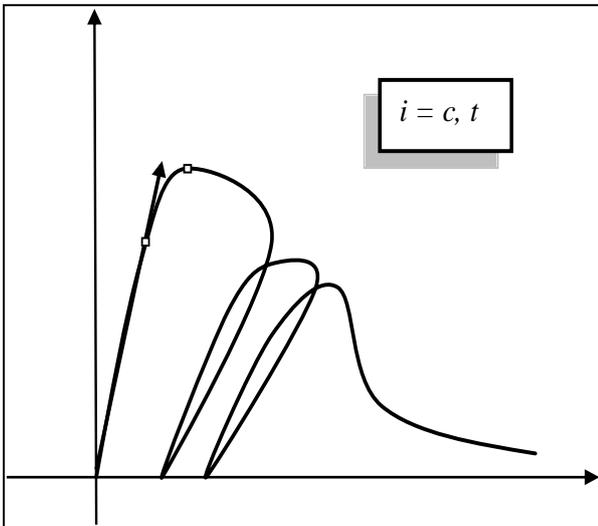


Figure -4- : Paramètres de comportement du béton.

**2.2. Hypothèses de calcul:**

Nous avons pris comme hypothèses les points suivants :

- Les déformations sont petites.
- Les déplacements sont petits.
- On ne prend pas en compte l'effet unilatéral.

Les cycles de chargement- déchargement sont considérés comme des droites.

**IV.3. Comparaison des résultats**

En se référant à des résultats des références [3] et [4] , nous avons choisi parmi une liste d'essai mené sur le comportement du béton, deux exemples en traction et deux autres en compression.

• **raction**

**1<sup>er</sup> Exemple :**

Dans cet exemple, nous avons pris la courbe de Terrien [7].

P

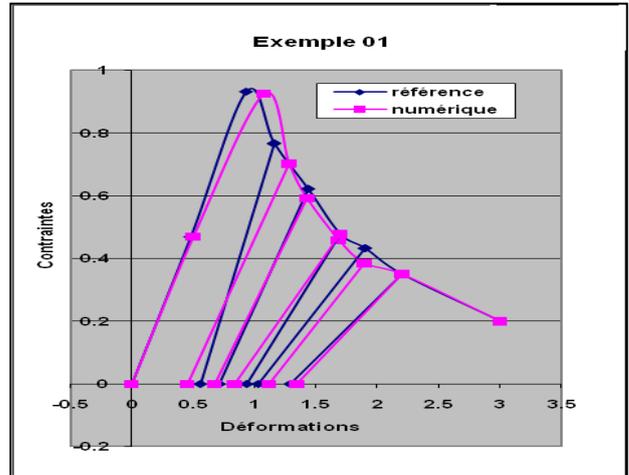


Figure -5- : Courbes de comparaison EXEMPLE 01

**2<sup>nd</sup> Exemple :**

Cet exemple présente un résultat obtenu par la courbe d'Asulayfani[1]. Alsulayfani et Lamirault développent un modèle pour le béton sous chargement cyclique à partir des résultats expérimentaux réalisés sur des cylindres normalisés.

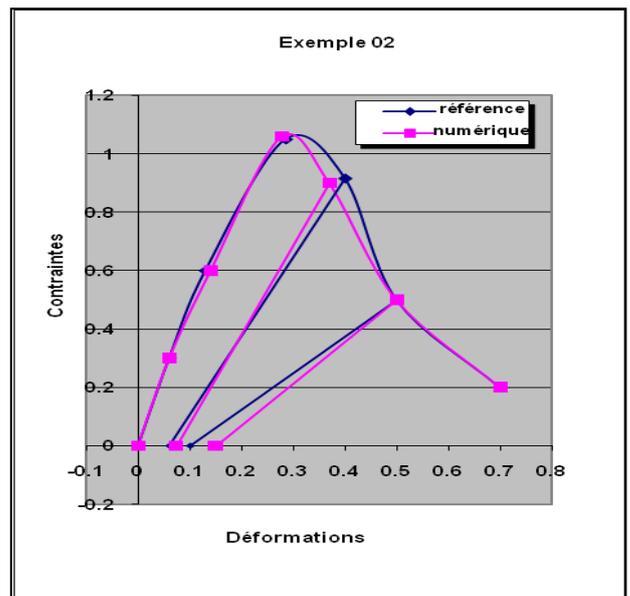


Figure -6- : Courbes de comparaison EXEMPLE 02.

• **Compression :**

**1<sup>er</sup> Exemple :**

Cet exemple est un essai parmi ceux réalisés au sein du Laboratoire **CEBTP** sur cylindres normalisés (16x32 **cm.cm**) soumises à la compression [2].

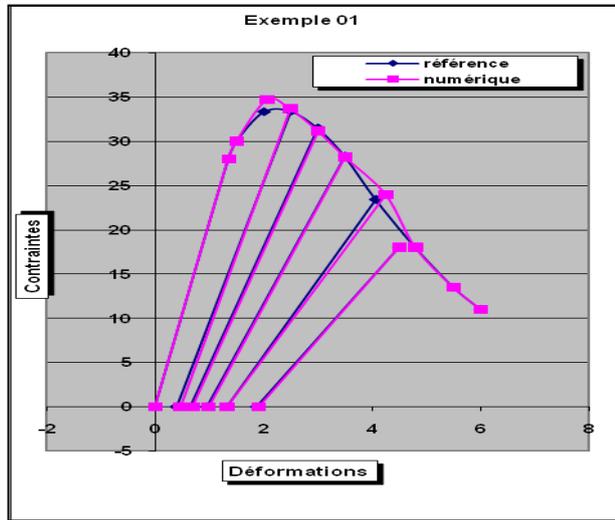


Figure -7- : Courbes de comparaison EXEMPLE 01.

**2<sup>nd</sup> Exemple :**

Les résultats de référence de cet exemple sont ceux obtenue par la courbe contraintes- déformations associée à l'essai réalisé au Laboratoire **CEBTP** sur un élément noté **QJ4**[2].

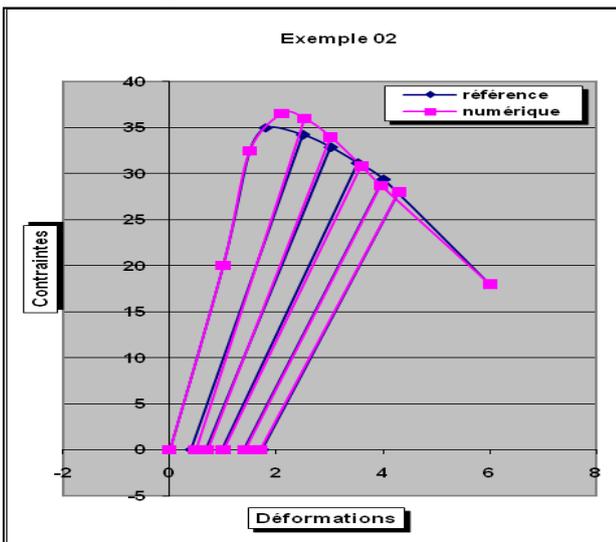


Figure -8- : Courbes de comparaison EXEMPLE 02.

**IV.4. Interprétation des résultats**

L'allure de la courbe est intimement liée aux choix judicieux des paramètres  $a$  et  $b$ . Il faut noter que le choix de ces paramètres est délicat en traction que celui en compression.

Il apparaît que la concordance entre les courbes expérimentales et nos résultats est acceptable, aussi bien en traction comme en compression, sauf la présence d'un écart ou décalage, bien sur des explications à cela peuvent être avancé sur le choix efficace des paramètres  $a$  et  $b$  ainsi les types des structures à traiter. Dans ce cas, il faut noter que malgré que le programme est destiné pour le calcul des éléments de formes de poteaux ou de prismes cubiques, il nous a permis d'obtenir des résultats acceptables même pour des cylindres. La surface sur laquelle est la charge appliquée est alors une section carrée équivalente.

La remarque la plus importante qu'il faut tirer est que les courbes des résultats obtenues et ceux de références ont la même allure ainsi les pentes des courbes sont assez comparables au voisinage de l'origine et du maximum de charge.

Dans la phase post pic, notre simulation s'est montrée plus représentative en compression que celle en traction.

Ainsi l'estimation des déformations résiduelles par notre programme donne des valeurs très approchées à celles obtenues par les expériences.

**V. Conclusion**

L'analyse bibliographique a mis en évidence que le comportement du béton s'avère être délicat, puisque de nombreux phénomènes agissent de façon plus ou moins couplés. D'autre part, de nombreux résultats expérimentaux intègrent les effets structuraux dus à la fissuration, ce qui complique l'identification du comportement du matériau béton et par conséquent la proposition des lois constitutives pour ces phénomènes. Ainsi, il apparaît plus représentatif d'associer, dans la modélisation, les déformations anélastiques au comportement endommageable du béton.

Dans ce contexte, nous avons utilisé un modèle qui décrit les principaux aspects du comportement du béton par le biais de taux de déformations. Ce modèle permet notamment de distinguer clairement les phénomènes de dégradations du béton qui accompagnent les chargements monotones et cycliques. Le suivi des dégradations peut se faire soit en terme d'endommagement du module d'élasticité ou bien en termes de déformations totales ou résiduelles. Reste que ce modèle, comme la plupart des modèles d'endommagement, est écrit en fonction de paramètres

obtenus par calage sur des courbes expérimentales, ceci rend sa précision sensible au choix de leurs valeurs et qui n'obéit qu'à l'appréciation de l'utilisateur.

Ensuite le modèle étant implanté dans un programme, a permis la validation de nos résultats avec des simulations d'essais expérimentaux sur des éprouvettes. L'évaluation des contraintes et des déformations a nécessité une modélisation en éléments finis, élaborée sur la base des éléments barres. Avec cette simulation, de bonnes estimations des valeurs des contraintes et des déformations ont été obtenues.

Ces estimations sont indépendantes du choix de la finesse de la discrétisation, du fait que, les chargements sont pris comme uniformément répartis sur les faces supérieures des spécimens.

A l'issue de ce travail, nous nous sommes fait une base de connaissance dans la mécanique de l'endommagement sur laquelle, nous allons nous appuyer pour se lancer dans l'étude et la compréhension des nouvelles tendances de l'utilisation de cette discipline (la mécanique de l'endommagement) dans les récentes applications de la simulation du comportement du béton sous des excitations en dynamiques rapide.

### Références

- [1] Banmansour M. B. " Modélisation du comportement cyclique alterné du béton armé- Application à divers essais statiques des poteaux.. " Thèse de doctorat, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 06 Janvier 1997.
- [2] Baraka A., " Contribution à la modélisation des structures en béton armé par la mécanique de l'endommagement- Introduction à la méthode des algorithmes génétiques.", mémoire de magister, Université des Sciences et de la Technologie - Oran, Mohamed Boudiaf, 2002.
- [3] Hélène W. "Modélisation 3D par éléments finis du contact avec frottement et de l'endommagement du béton- Application à l'étude de fixations ancrées dans une structure en béton.", Thèse de doctorat, Institut National Des Sciences Appliquées De Lyon, 27 Octobre 1999.
- [4] Nechnech W., "Contribution à l'étude numérique du comportement du béton et des structures en béton armé soumises à des sollicitations thermiques et mécaniques couplées : Une approche thermo-élastoplastique endommageable.", Thèse de doctorat, INSA de Lyon, 14 Décembre 2000.
- [5] Olivier G. "Contribution à l'analyse du comportement et de dimensionnement des colonnes élancées en béton armé.", Thèse de doctorat des sciences appliquées, Université Libre de Bruxelles, 03 Mars 2006.
- [6] B. P. Sinha, K. H. Gerstle, L.G. Tulin, "Stress-Strain relations for concrete under cyclic loading." ACI-Journal, V 61 N° 2 , February 1964.

[7] Terrien M., "Emission acoustique et comportement mécanique post- critique d'un béton sollicité en traction.", Bulletin de liaison des Ponts et Chaussées N°105,1980.

---

## **Journal of Scientific Research**

**P.O.Box 417 route de Kenadsa**

**08000 Bechar - ALGERIA**

**Tel: +213 (0) 49 81 90 24**

**Fax: +213 (0) 49 81 52 44**

**Editorial mail: [jrs.bechar@gmail.com](mailto:jrs.bechar@gmail.com)**

**Submission mail: [submission.bechar@gmail.com](mailto:submission.bechar@gmail.com)**

**Web: <http://www2.univ-bechar.dz/jrs/>**

---