



**HAL**  
open science

## Modèle d'endommagement appliqué à la fatigue des enrobés bitumineux

Didier Bodin, Gilles Pijaudier-Cabot, Chantal de La Roche, Armelle Chabot,  
Jean Michel Piau

► **To cite this version:**

Didier Bodin, Gilles Pijaudier-Cabot, Chantal de La Roche, Armelle Chabot, Jean Michel Piau. Modèle d'endommagement appliqué à la fatigue des enrobés bitumineux. 1ère Conférence Internationale Albert Caquot, Oct 2001, Paris, France. hal-01689133

**HAL Id: hal-01689133**

**<https://hal.science/hal-01689133>**

Submitted on 27 Jan 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## CONTEXTE

Passage répété des charges roulantes

Fissuration des chaussées

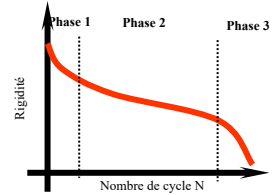


- Programme de recherche de LCPC (thème CH17 : fatigue des enrobés bitumineux)
- Travail de thèse (Bodin, 2002)
- Utilisation d'une base de donnée d'essai (programme interlaboratoire RILEM -TC182PEB)
- Collaboration avec le Laboratoire de Génie Civil de Nantes Saint-Nazaire

## ESSAIS de LABORATOIRE

Essai	Configuration	Matériau	Présentation	Préparation	Appareil	Norme
2 points		Asphalte	Essai de traction	Essai de traction	Essai de traction	ASTM D 6905
3 points		Asphalte	Essai de flexion	Essai de flexion	Essai de flexion	ASTM D 6905
4 points		Asphalte	Essai de flexion	Essai de flexion	Essai de flexion	ASTM D 6905

(De La Roche, 1996)



Phénoménologie (Lefevre, 2001)

- Phase 1 :** Echauffement, début de la microfissuration
- Phase 2 :** Stabilisation du régime thermique, croissance des zones endommagées
- Phase 3 :** Macrofissuration → rupture

## OBJECTIF et DEMARCHE

**BUT :** Simulation prédiction des essais de fatigue sur enrobés bitumineux  
**DEMARCHE :**

Elaboration d'un **modèle d'endommagement**

- comportement homogène élastique isotrope endommageable
- choix d'une loi d'évolution pour la fatigue

Implantation dans un code de calcul **élément finis**

- méthode approchée d'intégration temporelle pour la fatigue
- validation du programme sur une configuration 1D

**Identification** des paramètres sur des essais de fatigue 1D

**Validation** de la performance du modèle sur des structures plus complexes

- cas de la flexion sur éprouvette trapézoïdale

## MODELE d'ENDOMMAGEMENT

- Endommagement scalaire isotrope (Lemaitre, 1996)  $\sigma_{ij} = (1 - D)C_{ijkl}\epsilon_{kl}$
- Loi d'évolution de l'endommagement

$$D = \begin{cases} g(D, \bar{\epsilon}) < \bar{\epsilon} > & \text{si } D < 1 \\ 0 & \text{autrement} \end{cases}$$

→ Déformation équivalente

$$\bar{\epsilon} = \sqrt{\sum_{i=1,2,3} \frac{\langle \sigma_i \rangle^2}{E(1-D)}}$$

→ Fonction d'évolution

$$g(\bar{\epsilon}, D) = C D^\alpha \bar{\epsilon}^\beta$$

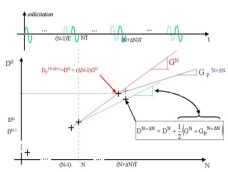
- Approche locale, non-locale (Pijaudier-Cabot et Bazant, 1989)

## IMPLANTATION ELEMENTS FINIS

Utilisation du code de calcul **Castem2000**

- modification d'un module d'endommagement scalaire existant (modèle de Mazars)
- programmation d'une technique de projection (Peerlings, 1999)

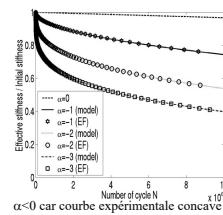
Schématisation de la projection (1D)



**Validation**

comparaison /solution analytique (1D) :

$$D = \left[ \frac{C(1-\alpha)\epsilon_0^{\beta+1}N}{1+\beta} \right]^{\frac{1}{1-\alpha}}$$



$\alpha < 0$  car courbe expérimentale concave

## IDENTIFICATION SUR ESSAIS 1D

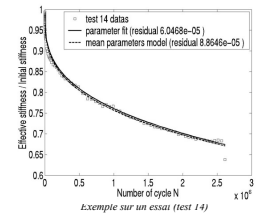
Ajustement du modèle sur des résultats expérimentaux de traction compression

- calcul des paramètres sur chacun des essais
- évaluation des paramètres moyens
- contrôle a posteriori sur les données expérimentales



Essai de traction compression  
(Di Benedetto, 2001)

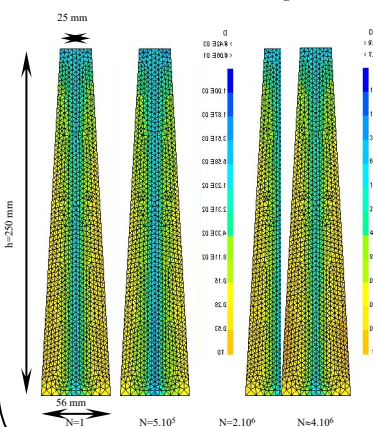
- hauteur 120 mm
- diamètre 80 mm
- amplitude de déformation  $\approx 80 \cdot 10^{-6}$



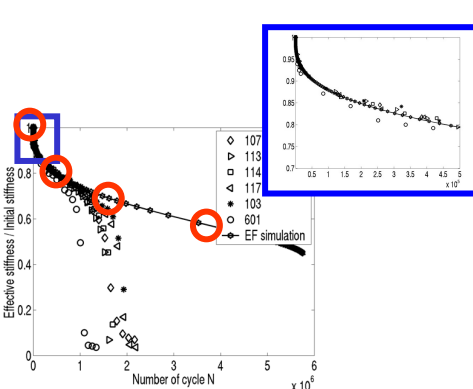
Enrobé bitumineux  
(granulats 0/6 mm, bitume pur 50/70)  
Essais réalisés à 10 °C 10 Hz

## PREMIERES VALIDATIONS SUR ESSAIS DE FLEXION

Evolution des cartes d'endommagement



Evolution de la raideur macroscopique  
Comparaison (simulation E.F. expérience)



Éléments T3, hypothèse contraintes planes et calcul non-local ( $l=15$  mm), amplitude de déformation maxi  $\approx 140 \cdot 10^{-6}$ .  
 $E=E'(10^\circ\text{C}, 10\text{Hz})=12000$  MPa,  $\nu=0.35$ ,  $C=5 \cdot 10^2$ ,  $\alpha=-2,10$ ,  $\beta=4$

## CONCLUSION

- Code validé (1D)
- Premières validations sur éprouvette de flexion :
  - bonne description de la cinématique globale d'endommagement (30% du processus)
  - cartographie d'endommagement maximal cohérente avec les observations expérimentales
  - en cours sur d'autres bases de données

## PERSPECTIVES

- Validation sur d'autres géométries d'essai
  - essai de fatigue "idéale" ?
- Modéliser le passage phase 2 - phase 3
- Donner les limites de performance du modèle
  - tester une éventuelle autre loi d'évolution