

# Évaluation du Vieillissement et de l'Endommagement des Matériaux Bitumineux par Modélisation Hétérogène et Mesures Acoustiques

S. BENABOUD<sup>1,2</sup>, F. ALLOU<sup>1</sup>, M. TAKARLI<sup>1</sup>, F. DUBOIS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Limoges, GC2D, EA 3178, Egletons, France

<sup>2</sup> CESI école d'ingénieurs, La Couronne, France

s.benaboud@cesi.fr

## Contexte & Problématique

**Climat** **Trafic** **Vieillissement** **Fatigue**

≈ 2000 milliards d'€  
1 103 800 km

930 M€/an

Comment estimer les performances mécaniques résiduelles des matériaux d'assise et leurs évolution dans le temps ?

## Étude Expérimentale

**Module & Fatigue**

Base (GB3)  
Fondation (GB3)

Onde P **ONDE S**

STR C B (6)

$|E^*|$  (MPa)

Fréquence (Hz)

— 2S2P1D  
○  $|E^*|_{Exp}$   
× US (30°C)  
△ US (15°C)  
◇ US (0°C)  
□ US (-10°C)

EA-Phase I EA-Phase II EA-Phase III

Salves non cumulées

N(cycles)

Amplitude normalisée

Capteurs Bas  
Maximum  
Capteurs Haut  
—  $d|E^*|$   
—  $-|E^*|/|E^*|_0$

## Étude Numérique

**Thermo-viscoélasticité**

$E_\infty - E_0$   $E_1 \tau_1 k$   $E_2 \tau_2 h$   $\eta$

$E_0$

**Endommagement**

Log( $\epsilon$ )

Rupture

Influence de la température

Non linéaire

Déformabilité

Ombrage (Si cycle en contrainte à partir 0)

**Fatigue**

Log(N)

**Hétérogénéité**

Contrainte plane  
(Santos, 2020)  
(Bodin, 2002)

Convection

250 mm

56 mm

$\epsilon(t) = \epsilon_0 \sin(\omega t)$

$\phi_{cycle} = \pi \cdot \text{Im}(Z^{*-1}) \cdot \epsilon_0^2$

$Y^{pic} = \frac{1}{2} \cdot \text{Re}(Z^{*-1}) \cdot \epsilon_0^2$

**Auto-échauffement**

**Endommagement**

$|E^*|$  (MPa)

N (cycles)

— Expérimentale  
— Modèle

## Conclusions & Perspectives

**US & plans complexes**

$E_2$  (GPa)

$E_1$  (GPa)

• Mechanical data  
— 2S2P1D model  
○ US data

$E_p = 30,6$  GPa

$k = 2$

**Localisation 3D**

Analyse fréquentielle

Anisotropie

Amélioration TOF

Dissociation de modes de propagation

**+ Vides**