



# Modélisation du comportement cyclique (Voiles)

*Christian La Borderie Université de Pau*

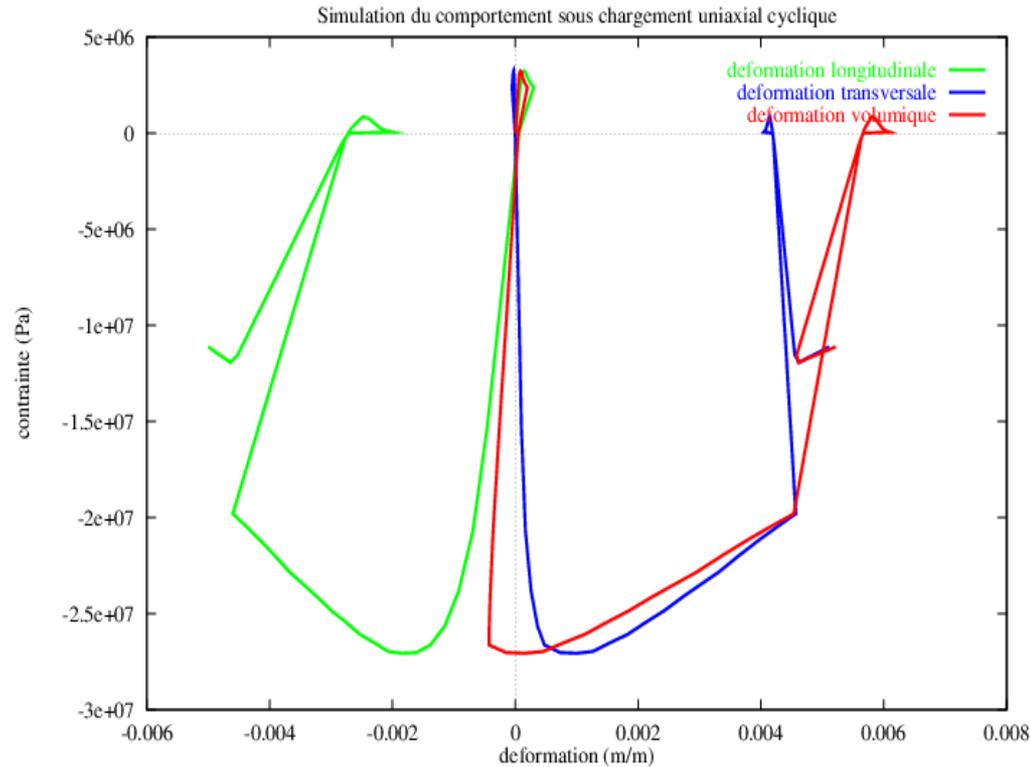


18/11/2015

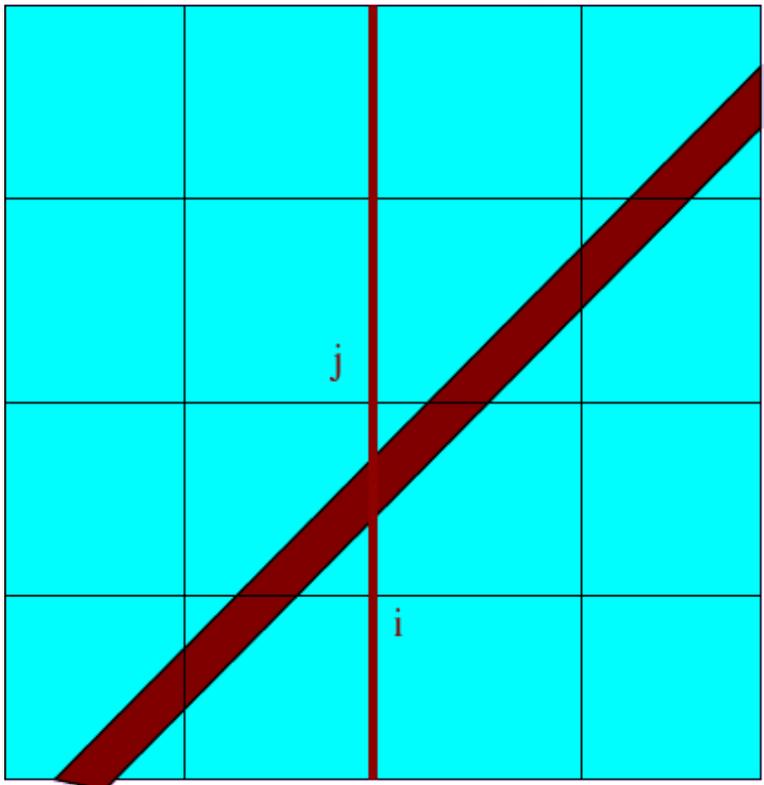


- Compléter les expérimentations afin de :
  - Mieux comprendre les phénomènes mis en jeu.
  - Apprécier la validité des hypothèses.
  - Évaluer l'influence de paramètres de conception ou de chargement.
- Étapes
  - Développement des modèles
  - Identification des paramètres et validation sur les expérimentations « réelles » CEOS.fr
  - Expériences numériques
  - Dépouillement

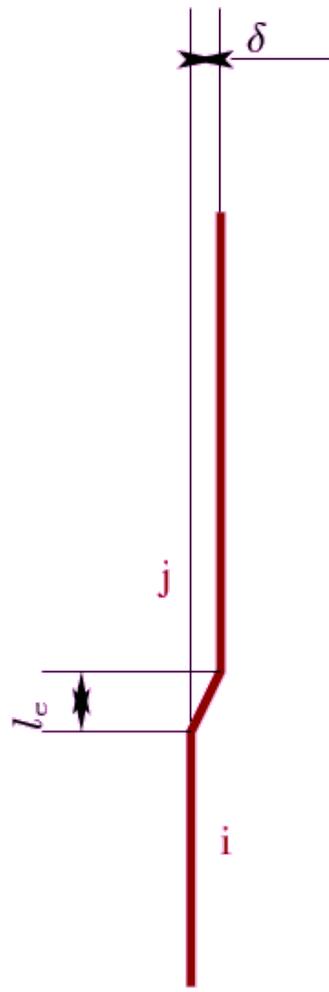
- Endommagement unilatéral
- Plasticité
- 2D ou 3D
- Énergie de fissuration



Le : Longueur d'engrènement  $\sim 1/2$   
 diamètre granulat (5mm)

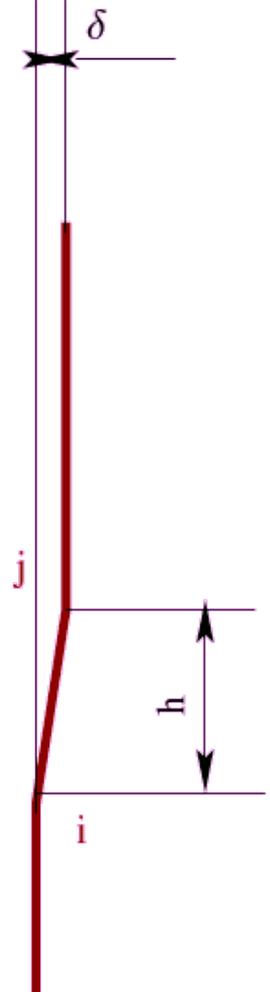


Correction de l'inertie de l'armature

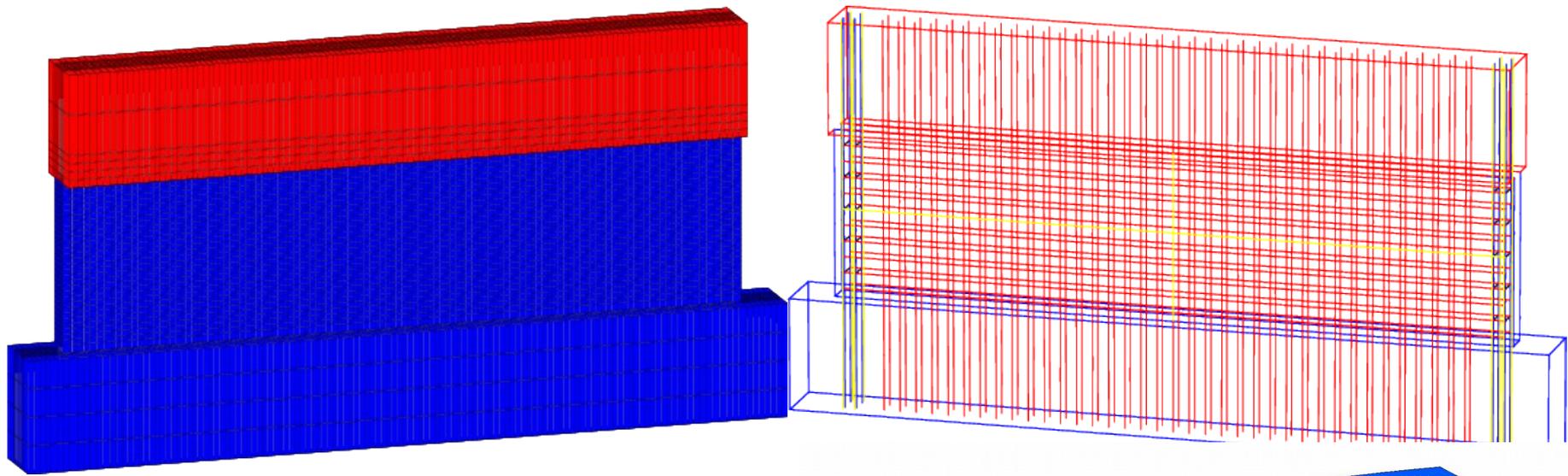


Problème réel

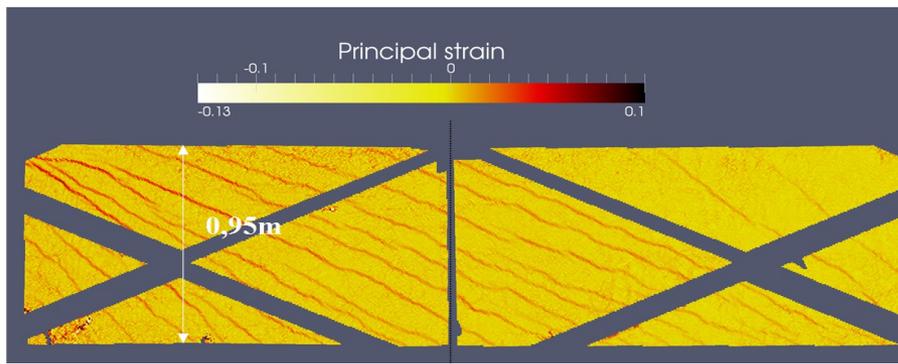
$$I_{EF} = I \frac{h^3}{l_e^3}$$



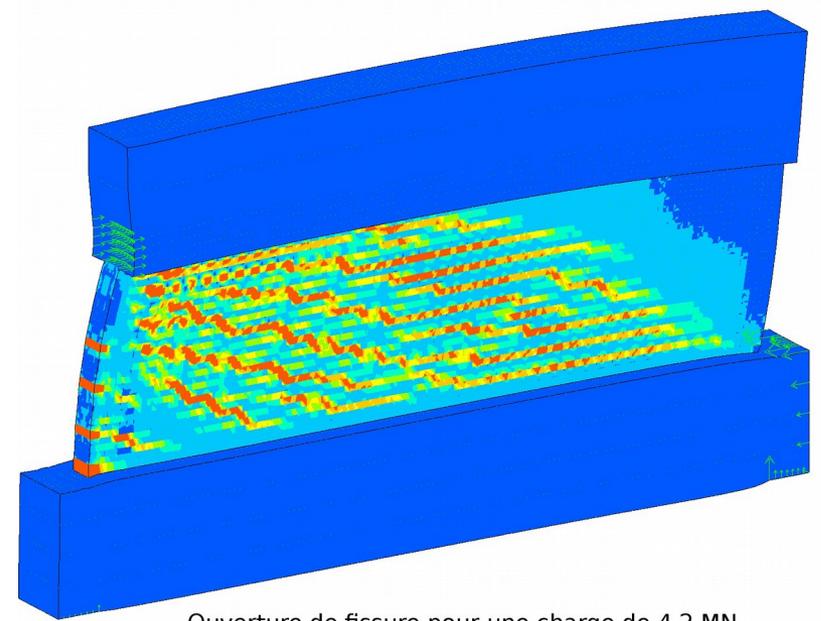
Problème discrétisé



Cracking pattern for monotonic loading



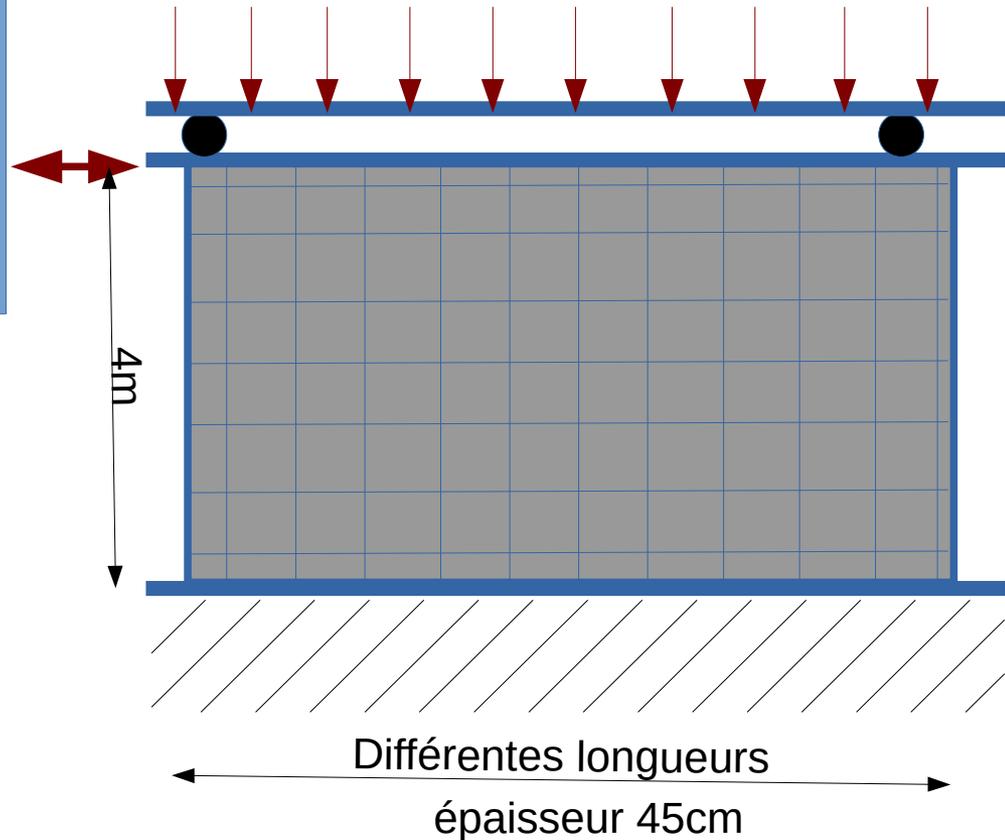
Push from the left : Effort 3600 kN → Middle of the beam

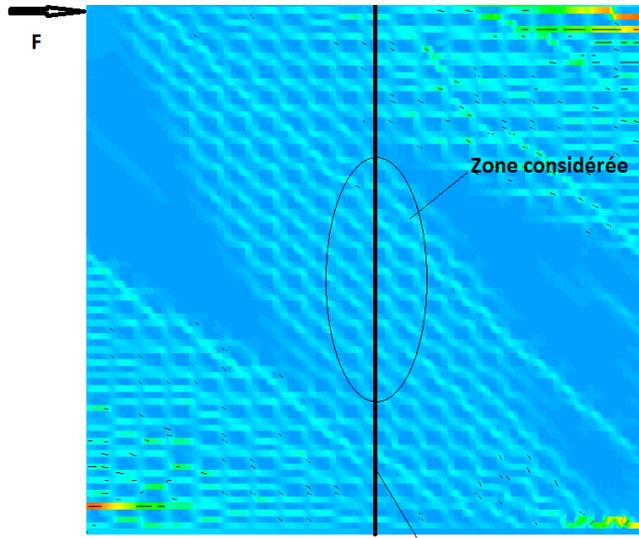


Ouverture de fissure pour une charge de 4.2 MN

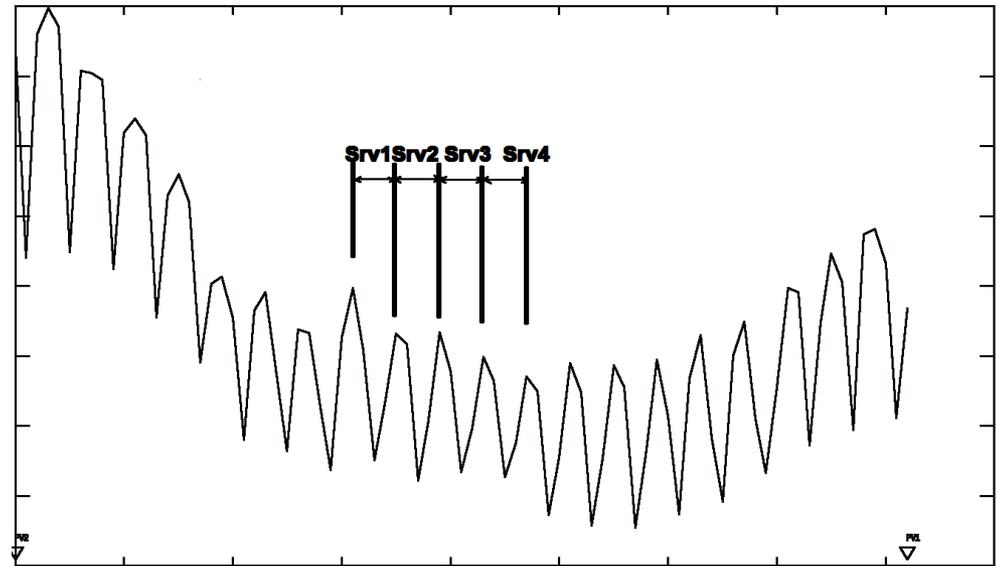
- Géométrie simple reflétant le coeur de voile.
- Conditions aux limites de cisaillement parfait en déplacement
- Chargement monotone
- 2D

- Aciers : HA 16, 20, 25, 32.
- @ : 20 cm, 25cm.
- Résistance béton : 25, 40, 60 MPa.
- Rapport d'aspect : 1, 2, 4.
- Contrainte verticale :
  - 0, -10 Mpa (compression),
  - 2 Mpa (tension)





Barre verticale médiane considérée pour la détermination des caractéristiques de fissuration



Contrainte le long de la barre

Espacement vertical, espacement horizontal ==> Angle de fissuration

- 5 Variables d'entrée

- L'élanement du voile L/H (rapport entre la longueur et la hauteur)
- La charge normale appliquée  $\sigma_N$
- La résistance en compression du béton  $f_{ck}$
- Le diamètre des barres  $\Phi$
- L'espacement des barres  $e_b$

- 2 variables de sortie

- Angle de fissuration  $\theta$
- Espacement de fissures  $S_{rm}$

- Variables adimensionnées :

- $\widehat{f}_{ck} = f_{ck} / 40$

- $\widehat{\sigma} = \frac{\langle \sigma_N \rangle^+}{f_{tcm}} + \frac{\langle \sigma_N \rangle^-}{f_{ck}}$

- $\rho = \frac{2\pi\Phi^2}{4e_b e} = \frac{\pi\Phi^2}{2e_b e}$

$$\theta = k_0 + k_1 \frac{L}{H} + k_2 e_b + k_3 \hat{f}_{ck} + k_4 \rho + k_5 \hat{\sigma}$$

	Estimate	Std. Error	Pr(> t )
k0	54.5145	7.4850	1.10e-11 ***
k1	0.6225	0.9088	0.4943
k2	0.9634	2.9531	0.7446
k3	-12.6058	2.0500	5.23e-09 ***
k4	266.4482	142.5365	0.0633 .
k5	-52.4863	2.1575	< 2e-16 ***

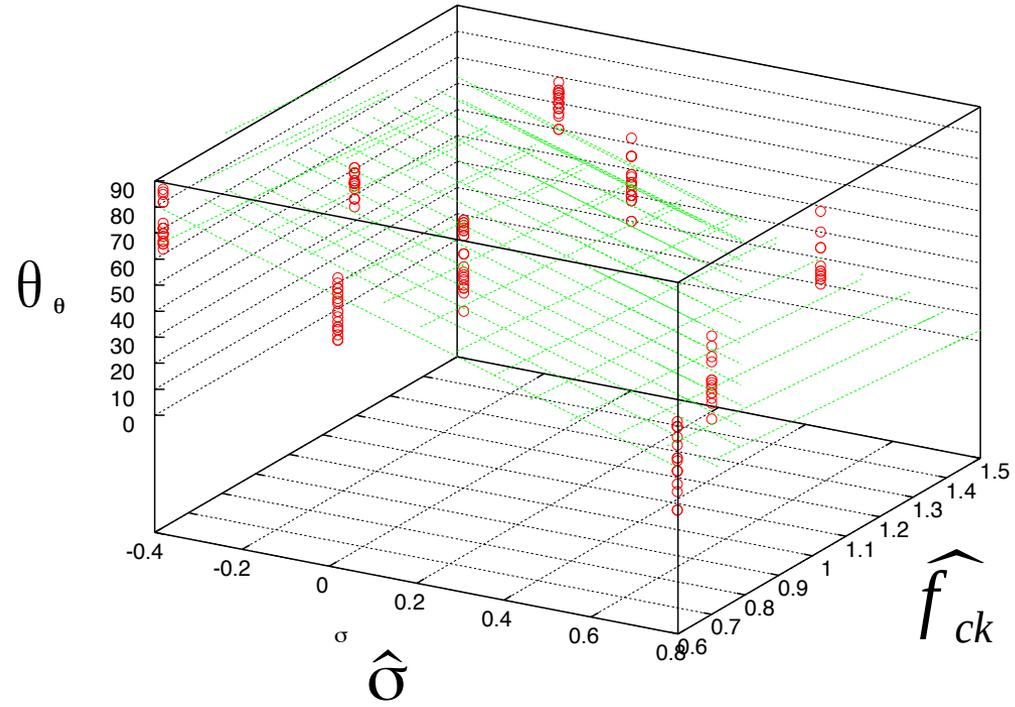
\*\*\* : valeurs significatives

$$\theta = k_0 + k_1 \hat{f}_{ck} + k_2 \hat{\sigma}$$

	Estimate	Std. Error	Pr(> t )
$k_0$	60.306°	2.262	< 2e-16 ***
$k_1$	-12.220°	2.036	1.08e-08 ***
$k_2$	-51.489°	2.104	< 2e-16 ***

\*\*\* : valeurs significatives

$$\theta = k_0 + k_1 \hat{f}_{ck} + k_2 \hat{\sigma}$$



Title:angle\_fitted\_2D.eps  
Creator:gnuplot 4.6 patchlevel 3  
CreationDate:Tue Apr 8 18:41:53 2014

$\theta$

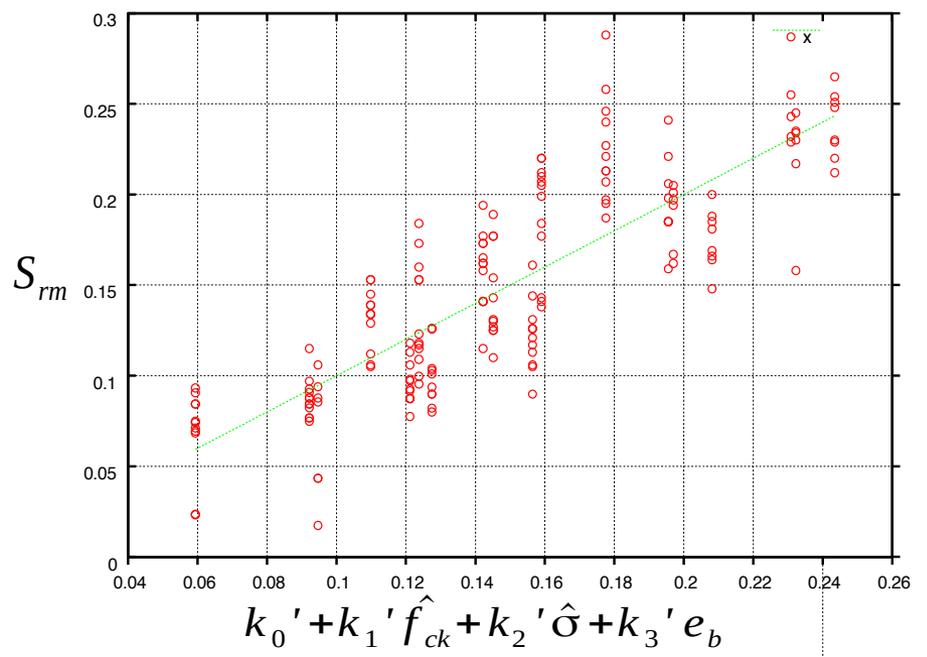
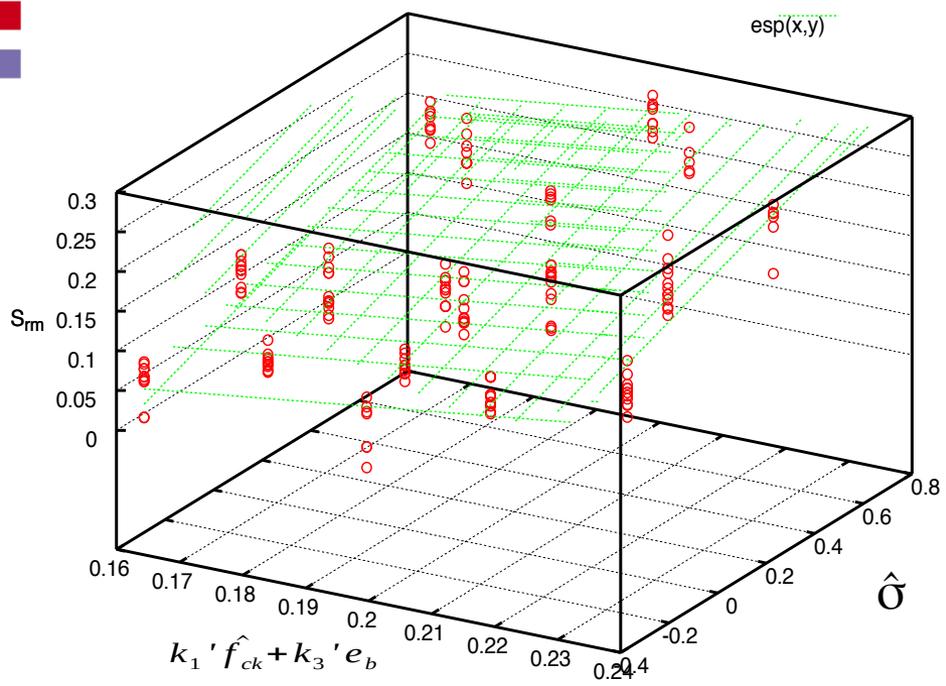
$k_0 + k_1 \hat{f}_{ck} + k_2 \hat{\sigma}$

$$S_{rm} = k_0' + k_1' \hat{f}_{ck} + k_2' \hat{\sigma} + k_3' e_b$$

	Estimate	Std. Error	Pr(> t )
$K'_0$	-0.054541 m	0.022434	0.0161 *
$K'_1$	0.037018 m	0.006744	1.40e-07 ***
$K'_2$	0.126194 m	0.006966	< 2e-16 ***
$K'_3$	0.70620 m	0.09566	6.04e-12 ***

\*\*\* : valeurs significatives

$$S_{rm} = k_0' + k_1' \hat{f}_{ck} + k_2' \hat{\sigma} + k_3' e_b$$

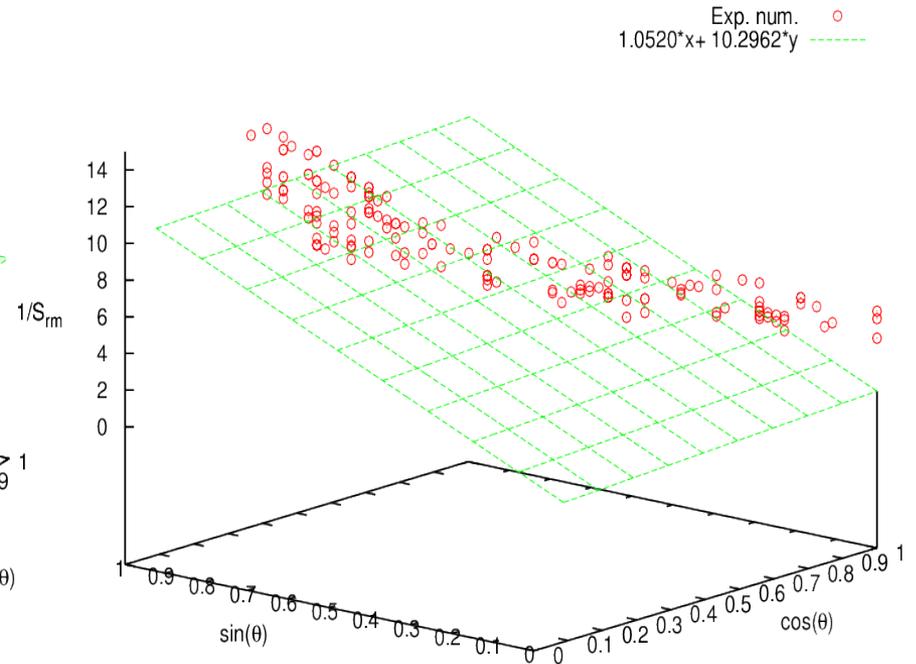
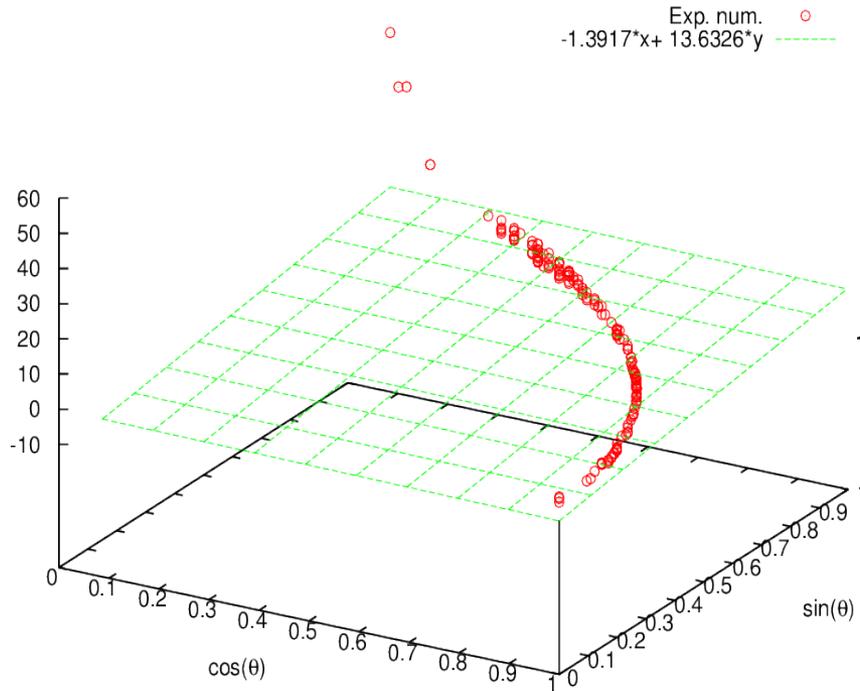


$$S_{rm} = \frac{1}{\frac{\cos(\theta)}{S_{rmx}} + \frac{\sin(\theta)}{S_{rmy}}} \quad \text{OU} \quad \frac{1}{S_{rm}} = \frac{\cos(\theta)}{S_{rmx}} + \frac{\sin(\theta)}{S_{rmy}}$$

Si on propose le modèle :

$$\frac{1}{S_{rm}} = k_1 \cos(\theta) + k_2 \sin(\theta)$$

	Estimate	Std. Error	Pr(> t )
$k_1$	-1.3917	0.8677	0.111
$k_2$	13.6326	0.8496	<2e-16 ***

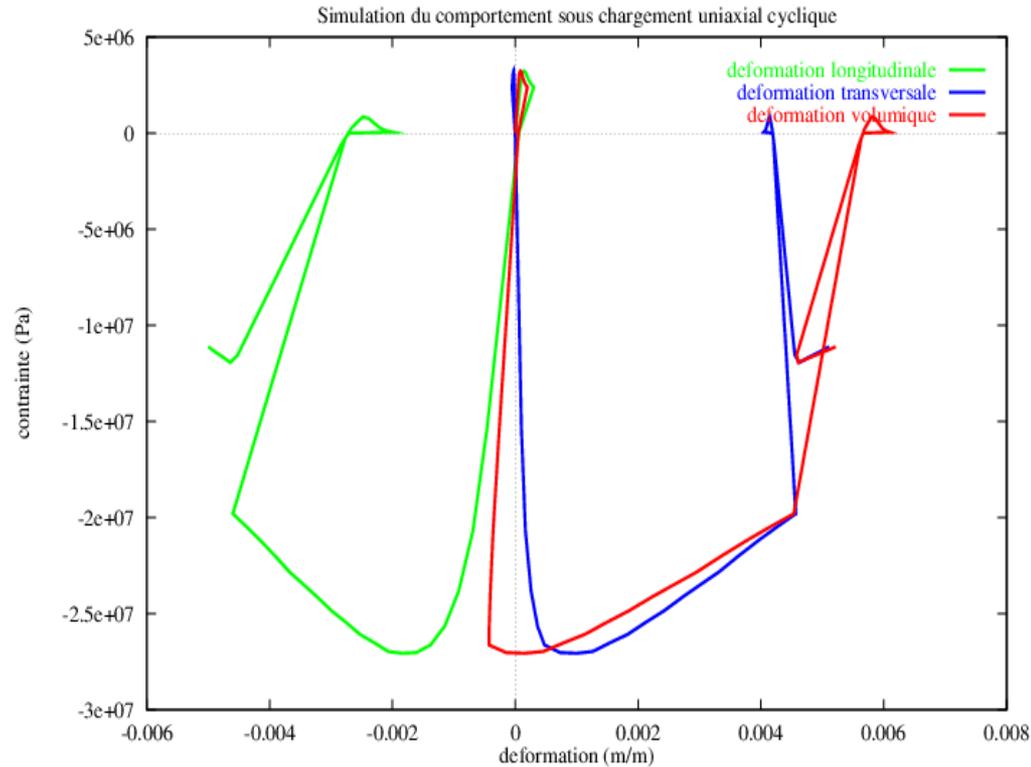


Hypothèse valable dans la majorité des cas

Non validité dans les cas où la compression domine la rupture



- Endommagement unilatéral
- Plasticité
- 2D ou 3D
- Énergie de fissuration



- Avancées significatives (Cyclique + Voiles)
- Meilleure compréhension des phénomènes
- Mise en évidence des faiblesses toujours existantes
  
- Complémentarité expérimentation / modélisation
- Applications dans le domaine de l'ingénierie