



**HAL**  
open science

# Modélisation de la prédiction de trajets de fissures sur la base de descripteurs morphologiques locaux : application à la génération de microstructures équivalentes dans les études du vieillissement des matériaux cimentaires

Kathleen Pele, Jean Baccou, Loïc Daridon, Thibaut Le Gouic, Jacques Liandrat, Yann Monerie, Céline Péliissou, Frédéric Perales

## ► To cite this version:

Kathleen Pele, Jean Baccou, Loïc Daridon, Thibaut Le Gouic, Jacques Liandrat, et al.. Modélisation de la prédiction de trajets de fissures sur la base de descripteurs morphologiques locaux : application à la génération de microstructures équivalentes dans les études du vieillissement des matériaux cimentaires. Mecamat - Rupture des Matériaux et des Structures, Jan 2019, Aussois, France. . hal-02456678

**HAL Id: hal-02456678**

**<https://hal.science/hal-02456678v1>**

Submitted on 27 Jan 2020

**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.



# Modélisation de la prédiction de trajets de fissures sur la base de descripteurs morphologiques locaux : application à la génération de microstructures équivalentes dans les études du vieillissement des matériaux cimentaires.

K. Pele<sup>2,4</sup> (kathleen.pele@centrale-marseille.fr), J. Baccou<sup>1,4</sup>, L. Daridon<sup>3,4</sup>, T. Le Gouic<sup>2</sup>, J. Liandrat<sup>2</sup>, Y. Monerie<sup>3,4</sup>, C. Péliou<sup>1,4</sup>, F. Perales<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire, B.P. 3, 13115 Saint Paul-Lez-Durance <sup>3</sup> LMGc, Univ Montpellier, CNRS, Montpellier, France  
<sup>2</sup> Centrale Marseille, I2M, UMR 7373, CNRS, Université Aix-Marseille, 13453 Marseille <sup>4</sup> MIST Lab, IRSN, CNRS, Université Montpellier

Ecole Doctorale en Mathématiques et Informatique de Marseille  
 Début de thèse : octobre 2017

## Contextes et Objectifs

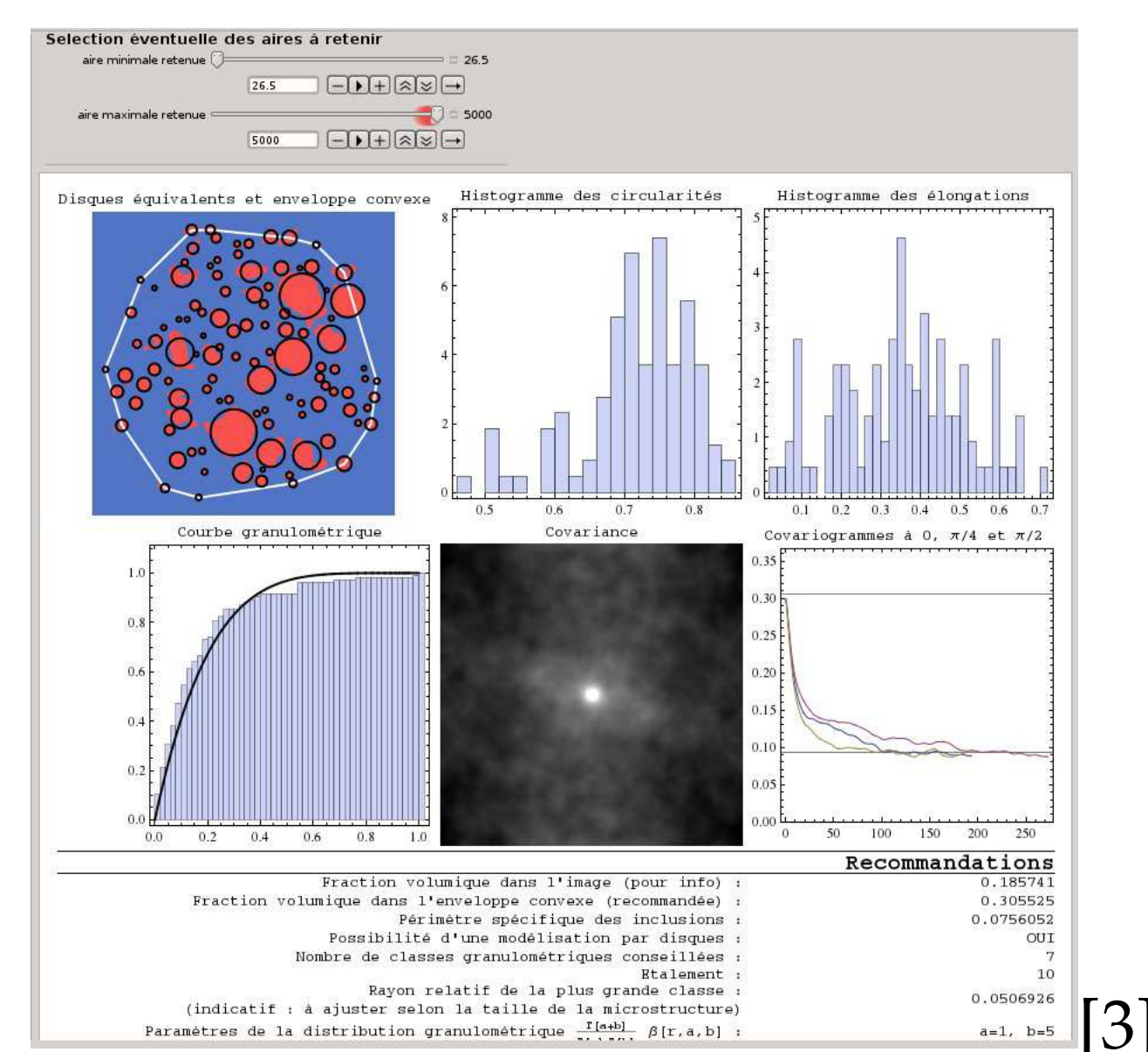
- Vieillissement du béton des enceintes de confinement des centrales nucléaires : conséquences des dégradations, notamment en termes de fissurations
- Générer un béton numérique représentatif du matériau réel du point de vue de la fissuration.
- Utilisation de descripteurs morphologiques et modèle de prédiction de fissure pour évaluer la similarité entre deux microstructures.

## Le béton numérique

### Descripteurs morphologiques [2], [3]

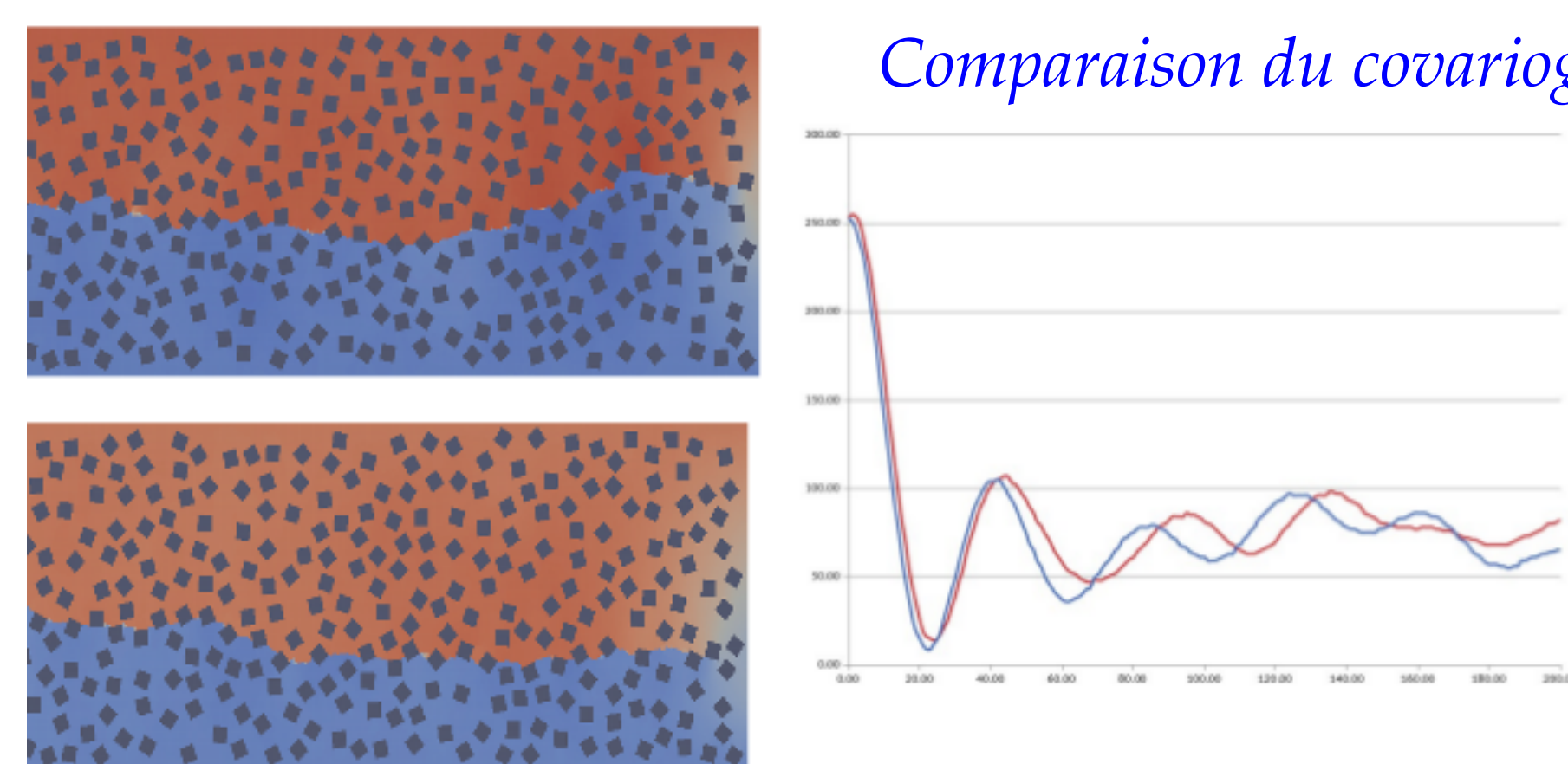
Ils assurent la fidélité de la représentation numérique. Plusieurs descripteurs sont implémentés dans MORCO (développé à l'IRSN) :

- Covariogramme
- Fonction de Ripley K
- Fonction de distribution radiale G
- Courbe granulométrique
- Indice de circularité
- Fraction volumique



Aperçu de l'interface de MORCO lors d'un traitement morphologique

- Deux microstructures ayant de nombreux descripteurs morphologiques identiques (ici le covariogramme) peuvent néanmoins présenter des comportements mécaniques non linéaires très différents (fissuration).

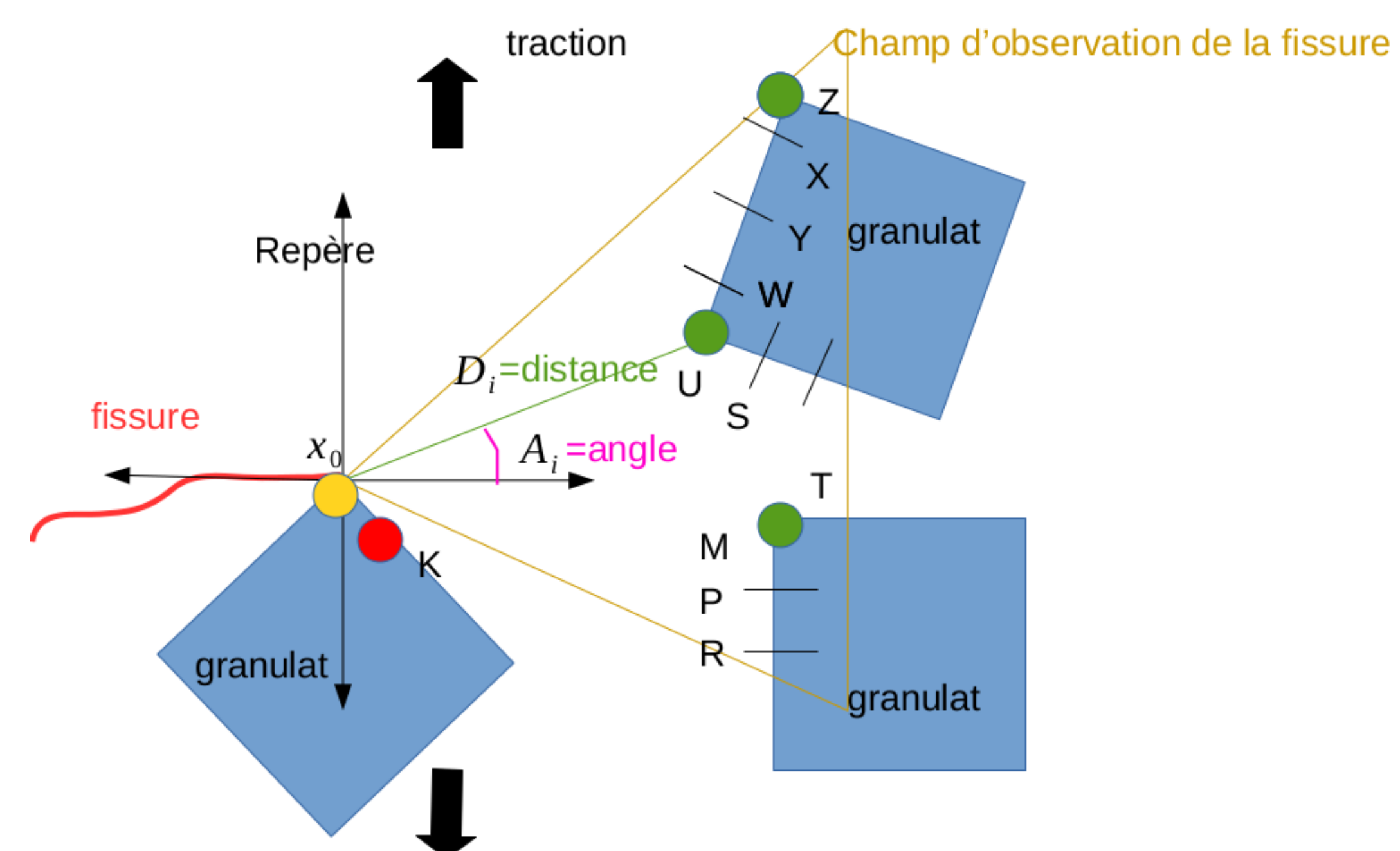


Comparaison du covariogramme de deux microstructures

### Introduction de nouveaux descripteurs

Descripteurs de nature géométrique pour caractériser la fissuration.

Informations locales sur la microstructure telles que l'orientation des granulates et la distance aux plus proches voisins dans un cône d'écrantage.



- Possibilité de fissuration sur le côté du granulat (implique de traverser matrice)
- Possibilité de fissuration sur la face du granulat (implique de traverser matrice)
- Possibilité de fissuration en longeant le granulat d'origine.
- Origine du cône.

A chaque  $x_i$  point de la fissure est associé un couple  $(d_i, \theta_i, \epsilon_i)$  (distance, angle, appartenance au même granulat).  
 Construction d'ensemble d'apprentissage à partir des descripteurs récoltés.

## Exploitation des nouveaux descripteurs via des modèles de prédiction du trajet de fissure

### Modélisation probabiliste (chaîne de Markov homogène)

- Deux ensembles d'apprentissage (modèle séparateur) :

$$f_1(d, \theta; \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4) = \begin{cases} \lambda_1 \lambda_2 \exp^{-\lambda_1 d - \lambda_2 \theta} & \text{si on reste sur le même granulat} \\ \lambda_3 \lambda_4 \exp^{-\lambda_3 d - \lambda_4 \theta} & \text{si on traverse la matrice} \end{cases}$$

- Un ensemble d'apprentissage (modèle non séparateur) :

$$f_2(d, \theta, \epsilon; \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \exp(-\lambda_1 d - \lambda_2 \theta - \lambda_3 \epsilon)$$

Estimation des paramètres par maximum de vraisemblance [1].

### Modèle de régression

- Modèle linéaire

$$y = \langle w, m \rangle + b$$

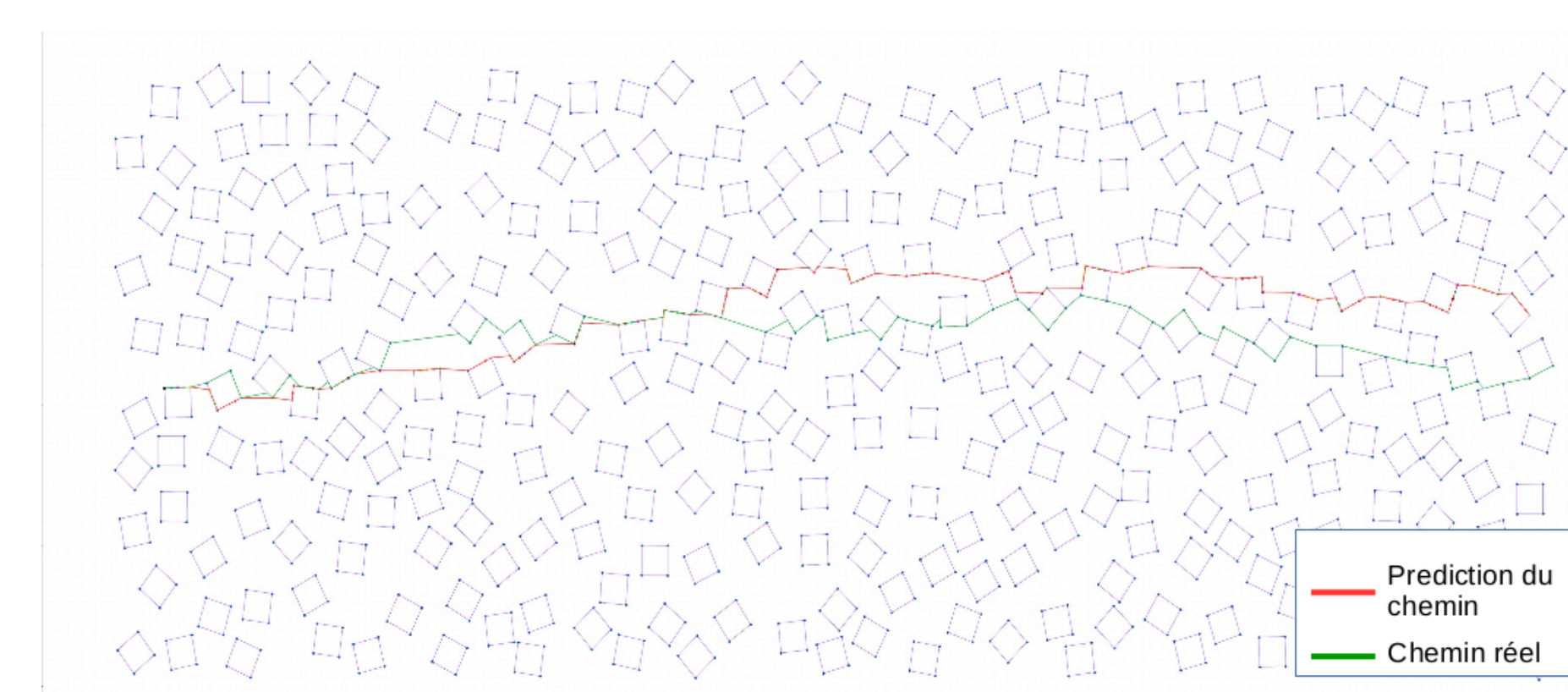
où :

—  $y$  est la "variable à expliquer"  $y=1$  si le point est "rejoint" par la fissure,  $y=-1$  sinon.

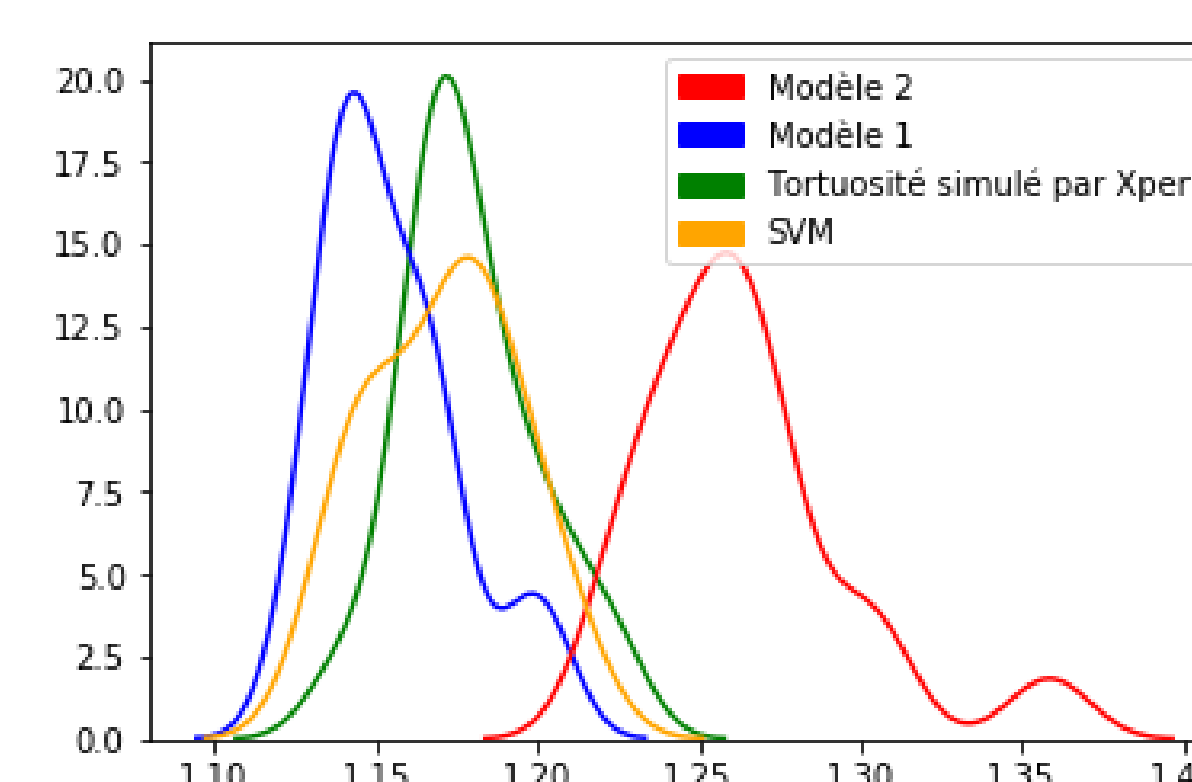
—  $m_i = (d_i, \theta_i, \epsilon_i)$  est le triplet de données récoltées sur les microstructures et  $w = (w_1, w_2, w_3)$  et  $b$  sont les paramètres à estimer à partir des descripteurs récoltés.

Estimation des paramètres par la méthode SVR (Support Vector Regression) [1].

## Résultats numériques



Facès de rupture modèle séparateur



Calcul des densités des tortuosités pour les 17 microstructures

### Perspectives :

- Améliorer le modèle séparateur en prenant en compte de nouveaux paramètres (contrainte mécanique locale ponctuelle).
- Validation sur des microstructures avec des granulates de formes différentes.

## Références

- [1] J. Friedman, T. Hasti, R. Tibshirani. *The Elements of Statistical Learning Data Mining, Inference, and Prediction*. Springer Series in Statistics, 2013.  
 [2] D. Jeulin. *Caractérisation morphologique et modèles de structures aléatoires*. In : Bornert, M. Bretheau, T., Gilormini, P. (Eds.), *Homogénéisation en mécanique des matériaux*, vol. 1. Hermes Science, pp. 95–132. 2001.  
 [3] R. Affes. *Relations microstructure-fissuration-perméabilité dans les milieux granulaires cimentés* Thèse 2012.