

# Etude périodynamique de la rupture de particules sous impact

N. BLANC<sup>a</sup>, X. FRANK<sup>a,\*</sup>, J.-Y. DELENNE<sup>a</sup>, C. MAYER-LAIGLE<sup>a</sup>, F. RADJAI<sup>b,c</sup>

a. IATE UMR 1208 INRA-CIRAD-SupAgro-UM2, 2 place Pierre Viala - 34060 Montpellier, France

b. LMGC UMR 5508 CNRS-UM2 Place E. Bataillon, 34095 Montpellier, France

c. MSE2 UMI3466CNRS-MIT, DCEE, Massachusetts Institute of Technology, 77 Massachusetts Avenue, Cambridge CA02139, USA

\* email : [xavier.frank@supagro.inra.fr](mailto:xavier.frank@supagro.inra.fr)

## Résumé :

*Cette étude porte sur la modélisation numérique de la fragmentation de particules individuelles 2D sous impact. L'approche utilisée pour la simulation du comportement mécanique à la rupture est la périodynamique bond-based. La statistique des tailles de fragments est obtenue à l'aide d'un algorithme d'analyse d'image de type floodfill et est analysée en fonction de paramètres géométriques, énergie d'impact, densité de défauts.*

## Abstract :

*This study focuses on the numerical modeling of the fragmentation under impact of individual 2D particles. We rely on a bond-based peridynamics approach for the modeling of constitutive behaviour and failure of the particles. The so-called floodfill algorithm, classically used in image analysis, is employed to determine the size distribution of fragments as a function of geometrical parameters and density of defaults together with impact energy.*

**Mots clefs : Milieux granulaires, Rupture, Simulation, Périodynamique**

## 1 Résumé étendu

La réduction en poudre des matériaux, ou comminution, est un procédé omniprésent dans divers secteurs industriels tels que la pharmacie, l'agroalimentaire, l'industrie minière... La maîtrise de la distribution des tailles de particules est un enjeu déterminant pour garantir les qualités d'usage des produits. Les mécanismes mis en jeu au cours du broyage sont complexes et impliquent plusieurs échelles de description :

- l'échelle de l'assemblage granulaire et du réseau de forces
- l'échelle du grain pour laquelle la transmission des contraintes dépend de la tribologie du contact
- l'échelle subparticulaire où les propriétés rhéologiques du matériau ainsi que les défauts jouent un rôle majeur dans la propagation de fissure.

Dans cette étude on s'intéressera à la modélisation numérique de la fragmentation de particules individuelles 2D soumises à des impacts à différentes énergies. Des particules (convexes ou non) sont générées aléatoirement en contrôlant la rugosité de surface et le nombre de sommets. Elles sont déposées sur un plan de façon à satisfaire l'équilibre mécanique puis discrétisées selon un maillage régulier.

La mécanique de la rupture de ces particules est étudiée à l'aide d'une approche périodynamique implémentée dans un code de calcul développé au laboratoire [1] et parallélisé par échange de messages (MPI).

D'un point de vue théorique, la périodynamique est une alternative à la mécanique des milieux continus classique basée sur l'utilisation d'équations intégrales [2]. Les bénéfices principaux de cette approche sont sa capacité à prendre en compte des propriétés mécaniques très hétérogènes et sa gestion des discontinuités en pointe de fissure. Dans ce travail on utilise une méthode simplifiée dite bond-based [3] dans laquelle le domaine est discrétisé sous la forme d'un système masse-ressort composé d'éléments fragiles linéaires élastiques avec seuil de rupture. Une hétérogénéité de structure peut être prise en compte en modulant les seuils de rupture selon une distribution de weibull.

Les particules sont ensuite soumises à un impacteur massif dont l'énergie cinétique est contrôlée. La propagation des fissures est étudiée ainsi que l'appartenance de fragments. Enfin, la statistique des tailles de fragments est obtenue sur une collection de particules broyées à partir d'une analyse d'images basée sur un algorithme de type floodfill (voir figure).



FIGURE 1 – Exemple de particule fragmentée : identification des fragments à partir de l'algorithme de floodfill.

## Références

- [1] X. Frank, J.Y. Delenne, Simulation numérique de la fissuration d'un matériau granulaire cimenté par une approche peridynamique, 21<sup>ème</sup> Congrès Français de Mécanique, Bordeaux, 26–30 Août (2013).
- [2] S.A. Silling, Reformulation of elasticity theory for discontinuities and long-range forces, *J. Mech. Phys. Solids*, 48 (2000) 175–209.
- [3] Y.D. Ha, F. Bobaru, Studies of dynamic crack propagation and crack branching with peridynamics, *Int. J. Frac.*, 162 (2010) 229–244.