



HAL
open science

Évaporation et rupture de ponts liquides dans les milieux granulaires par analyse d'images

Boleslaw Mielniczuk, Tomasz Hueckel, Moulay Saïd El Yousoufi, Celine Pelissou

► **To cite this version:**

Boleslaw Mielniczuk, Tomasz Hueckel, Moulay Saïd El Yousoufi, Celine Pelissou. Évaporation et rupture de ponts liquides dans les milieux granulaires par analyse d'images. Techniques d'Imagerie pour la Caractérisation des Matériaux et des Structures du Génie Civil, Mar 2014, Clermont-Ferrand, France. hal-01102772

HAL Id: hal-01102772

<https://hal.science/hal-01102772>

Submitted on 13 Jan 2015

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.

Evaporation et rupture de ponts liquides dans les milieux granulaires par analyse d'images.

Boleslaw Mielniczuk^{1,2}, Tomasz Hueckel³, Moulay Said El Yousoufi^{2,4}, Celine Pelissou^{1,2}

¹Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, IRSN, B.P. 3, 13115 Saint-Paul-lez-Durance Cedex, France

²Laboratoire de Micromécanique et d'Intégrité des Structures, MIST Laboratory, IRSN-CNRS-Université de Montpellier 2, France

³Duke University, Durham, USA

⁴LMGC UMR UM2-CNRS 5508, Université Montpellier 2, 34095 Montpellier Cedex 5, France

La résistance mécanique et la cohésion des matériaux granulaires dépendent fortement de la teneur en eau, comme c'est le cas dans les sols. L'eau existe sous différentes formes entre les particules solides ; ces formes variant selon la teneur en eau du milieu et les échanges qu'il a avec l'environnement, notamment lors de processus d'évaporation. Ce processus génère des contraintes internes qui peuvent conduire à l'endommagement du matériau. La phase la plus sensible est la phase ultime qui correspond à la rupture de ponts capillaires et l'entrée d'air.

Dans le cadre de cette étude, le phénomène d'entrée d'air, l'évolution des forces intergranulaires, du comportement et de la rupture des ponts capillaires, sont analysés à l'échelle locale, en focalisant sur l'exemple des ponts capillaires entre deux et trois grains sphériques. À chaque essai d'évaporation, la distance de séparation entre les grains est maintenue constante. Le pont capillaire est réalisé avec de l'eau distillée et exposé à l'évaporation dans des conditions constantes de température et d'humidité relative. L'évolution du pont capillaire est observée par acquisition photographique (évolution du profil du pont) et par acquisition en caméra rapide (rupture du pont), en corrélation avec les mesures de la cinétique de séchage et de la force capillaire. Un traitement d'images adapté permet de mesurer plusieurs paramètres géométriques (Fig. 1), utilisés par la suite pour décrire l'évolution des variables globales et locales (la surface et le flux d'évaporation, la pression de Laplace Δp , la force capillaire F_C et les composantes des forces, etc.). Les forces intergranulaires totales sont calculées via les solutions de l'équation de Laplace-Young.

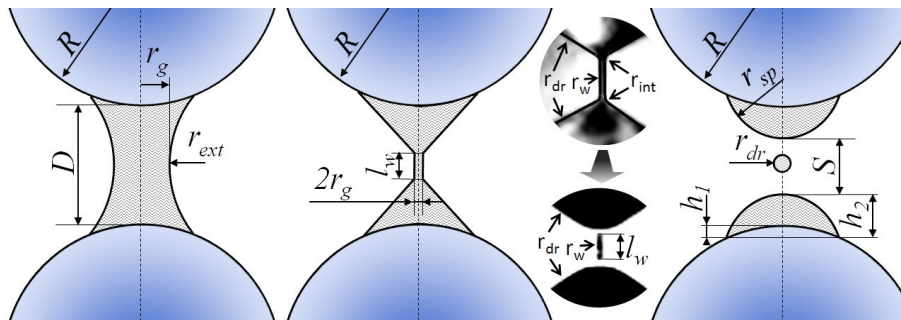


Figure 1. Schéma de pont capillaire entre deux sphères lors de l'évaporation et au moment de la rupture.

Les résultats obtenus par mesures expérimentales sont en bon accord avec les valeurs calculées en se basant sur les paramètres géométriques. Nous montrons que la pression de Laplace est positive (répulsion) juste avant la rupture, mais la force intergranulaire totale est attractive et elle décroît au cours du processus avec une chute brutale à zéro lors de la rupture du pont capillaire. La rupture marque le moment d'entrée d'air et la diminution de la cohésion du matériau. Selon la configuration du pont liquide, plusieurs modes de rupture sont observés : une disparition des ponts, une rupture au centre, création d'un fil liquide et rupture de ce fil en deux points, un mouvement de la masse d'eau et percolation d'air ou une nucléation et croissance d'une bulle d'air.