

Croissance confinée par un substrat plan

Luca Gagliardi & Olivier Pierre-Louis

ILM Institut Lumière Matière, Université Claude Bernard Lyon 1 Campus LyonTech-La Doua Bâtiment
Brillouin, 10 rue Ada Byron 69622 Villeurbanne, France
luca.gagliardi@univ-lyon1.fr

Les phénomènes de croissance pertinents pour les applications ont souvent lieu dans un milieu confiné. Par exemple, en géologie ou dans les matériaux de construction, des cristaux peuvent croître dans les pores pré-existants, exerçant des contraintes élastiques qui peuvent mener à la fracture et à la détérioration globale du matériau. Par ailleurs, les contraintes inhomogènes à l'échelle macroscopique peuvent aussi mener à une redistribution de la masse due à la dissolution ou la re-précipitation dans des conditions de confinement. Ce processus est par exemple invoqué pour expliquer la compaction des roches.

Motivés par ces applications potentielles, nous proposons de discuter quelques implications génériques et fondamentales du confinement en croissance dans le cadre de modèles simples. Nous avons développé un modèle continu qui décrit la croissance et la dissolution d'un solide rigide au voisinage d'un substrat inerte dans un milieu liquide. La présence du substrat brise l'invariance par translation du système, soulevant de nouvelles questions par rapport au cas libre. Par exemple, il est alors naturel de considérer comme paramètre de contrôle, en plus du taux de supersaturation, une force qui s'exerce entre le substrat et le cristal. La diffusion et l'hydrodynamique dans le film liquide séparant le solide et le substrat sont modélisés en utilisant l'approximation de lubrification [4]. Dans ce cadre, on obtient une équation d'évolution hautement non-linéaire et non-locale, qui gouverne la dynamique hors d'équilibre du front. Notamment, on considère deux régimes : dissolution sous une force extérieure (*pressure solution*) et croissance par effet d'une sursaturation (*crystallisation force*) [1,3].

Dans le cas de la dissolution les états stationnaires obtenus à grande force peuvent être étudiés analytiquement et montrent des comportements qui dépendent fortement du potentiel d'interaction entre le cristal et le substrat. Pour des potentiels divergents au contact, la forme du solide est aplatie dans la zone de contact et la vitesse de dissolution augmente indéfiniment avec la force appliquée –comme mesuré par certaines expériences [5]. Pour des potentiels finis le solide prend une forme pointue dans la zone de contact, et la vitesse de dissolution ne dépend plus de la force extérieure. Cette pointe est régularisée à petite échelle par la tension de surface.

En croissance, une cavité se forme dans la zone de contact quand le cristal excède une certaine taille critique. Dans les stades ultérieurs de la croissance, cette cavité mène à des bourrelets aux bords de la zone de contact observés dans plusieurs expériences [6] et prédit par le modèle de Weyl [2]. La formation initiale de la cavité obéit à une transition sous-critique, i.e. discontinue, et apparaît initialement avec une taille finie. Ces résultats sont confrontés aux observations expérimentales.

Références

1. G. F. Becker and A. L. Day, *The linear force of growing crystals*, (1905).
2. P. Weyl *Pressure solution and the force of crystallization : a phenomenological theory*, Journal of Geophysical Research **64** 2001-2025 (1959).
3. D. W. Durney *Solution-transfer, an important geological deformation mechanism*, Nature **253**, 315 (1972).
4. A. Oron and S. G. Bankoff, *Long-scale evolution of thin liquid films*, Reviews of Modern Physics **69** 931-980 (1997).
5. X. Zhang and C. Spiers, *Compaction of granular calcite by pressure solution at room temperature and effects of pore fluid chemistry* International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, **42** 950-960, (2005).
6. A. Røyne, *Mechano-chemical interface processes with application to rock weathering*, PhD Thesis University of Oslo (2011).