

Le 10 mars 2017

Déformation du manteau terrestre : un processus à la fois mécanique et chimique

**PR. PATRICK CORDIER
SPECIALISTE DE PHYSIQUE
DES MATÉRIAUX**

Professeur des Universités au sein de l'UFR de Physique de l'Université de Lille - sciences et technologies, Patrick Cordier est chercheur au sein de l'Unité Matériaux et Transformations (UMR Université Lille - CNRS). Ses travaux ont donné lieu à plus de cent soixante publications dans des revues internationales spécialisées et à de nombreuses conférences invitées. Il a reçu la médaille Dana 2016 de la Société Américaine de Minéralogie et est lauréat d'une bourse ERC Advanced Grant. Il est également vice-président de l'International Mineralogical Association.

Patrick Cordier, a reçu le 15 octobre 2016 le Grand prix Kuhlmann de la société des Sciences, de l'Agriculture et des Arts de Lille. Ancien président de la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie, il a publié avec Hugues Leroux «Ce que disent les minéraux» chez l'éditeur Belin. [En savoir plus](#)

** Pure climb creep mechanism drives flow in Earth's lower mantle*

De Francesca Bolioli, Philippe Carrez, Patrick Cordier, Benoît Devincere, Karine Gouriet, Pierre Hirrel, Antoine Kraych et Sebastian Ritterbex

Sci. Adv. 3, e1601958 (2017) DOI: 10.1126/sciadv.1601958

Le professeur Patrick Cordier de l'Unité Matériaux et Transformations (Université de Lille / CNRS) et les membres de son équipe de recherche publient dans la revue scientifique américaine *Science Advances* du 10 mars 2017, un article* dans lequel ils mettent en évidence le caractère à la fois mécanique et chimique des mécanismes à l'origine de la déformation du manteau terrestre.

Les lentes déformations de l'intérieur de la Terre

La Terre, comme sans doute de nombreuses planètes, évacue sa chaleur interne grâce à de vastes mouvements de convections qui brassent avec une infinie lenteur un manteau de roches solides épais de près de 3 000km d'épaisseur. Ces roches sont soumises à de très fortes pressions qui affectent profondément leurs propriétés, à commencer par la structure de leurs minéraux constitutifs qui est bien différente de celle des minéraux que l'on rencontre à la surface de la Terre.

Comprendre les mécanismes par lesquels les roches de hautes pressions se déforment est donc une étape nécessaire à la modélisation des processus dynamiques qui animent notre planète et, paradoxalement, c'est à l'échelle cristalline des minéraux du manteau que la réponse doit être cherchée.

- **Mécanique dans le manteau supérieur ?** Sous l'action des contraintes qui entraînent la convection, des défauts appelés dislocations peuvent se déplacer dans les cristaux et provoquer les cisaillements responsables de leurs déformations. Ce mécanisme est couramment observé dans les roches de la croûte et du manteau supérieur. Il est connu cependant pour générer au cours de la déformation une orientation préférentielle des minéraux qui est source d'une anisotropie de propagation des ondes sismiques caractéristique. Or cette signature n'est pas présente de façon significative dans le manteau inférieur. C'est la raison pour laquelle un autre mécanisme est généralement évoqué.

- **Chimie dans le manteau inférieur ?** La présence d'impuretés est à l'origine de concentrations de défauts ponctuels appelés lacunes (atomes manquants sur certains sites cristallographiques), qui peuvent, à haute température, se déplacer et être à l'origine de déformations plastiques. Cependant, la diffusion de ces défauts est lente et nécessite des tailles de grains très petites (moins d'un micromètre) pour rendre compte des vitesses de déformation attendues dans la Terre profonde. Si la taille de grains dans le manteau profond est très mal connue, de si faibles valeurs semblent très peu réalistes et le recours à un mécanisme lié à cette hypothèse posent clairement question sur la capacité des intérieurs planétaires à convecter.

Jusqu'à ce jour ni l'approche purement mécanique, ni l'approche plus chimique basée sur la diffusion des défauts ponctuels n'offraient d'explication satisfaisante pour rendre compte de la déformation des roches dans le manteau profond. (...)

CONTACTS PRESSE

Cyrielle Chlon
Chargée de communication
Université de Lille
Sciences et Technologies
T 03 20 43 65 82
cyrielle.chlon@univ-lille1.fr

Stéphanie Piquet
Coordination relations presse
Université de Lille
T 03 20 96 43 35
stephanie.piquet@univ-lille2.fr

Stéphanie Barbez
Chargée de communication
CNRS délégation régionale
Nord-Pas de Calais et Picardie
T 03 20 12 28 18
stephanie.barbez@cnrs.fr

CONTACT SCIENTIFIQUE

Pr. Patrick Cordier
Unité matériaux et transformations
UMR CNRS - Université de Lille
T 03 20 43 43 41
patrick.cordier@univ-lille1.fr

(...)

Un mécanisme alternatif mis en lumière grâce à la modélisation multiéchelle

L'approche de Patrick Cordier et son équipe de recherche, basée sur la modélisation multiéchelle de la plasticité a permis d'apporter de nouveaux éclairages sur le comportement mécanique des principaux minéraux du manteau, en particulier de la bridgmanite qui domine la minéralogie du manteau inférieur. Ils montrent que la pression inhibe fortement le glissement des dislocations dans ces phases qui ne peut être activé que sous très fortes contraintes. Ils rendent compte ainsi des niveaux de contraintes très élevés observées lors des déformations expérimentales de ces minéraux et montrent que ce mécanisme ne peut opérer aux faibles contraintes qui règnent dans le manteau. En revanche, ils mettent en évidence un mécanisme alternatif. A défaut de glisser, les dislocations peuvent absorber ou émettre des lacunes et ainsi se déplacer hors de leurs plans de glissement. Ils montrent alors que ce mécanisme, appelé montée pure, permet de produire les taux de déformations attendus dans le manteau. Indépendant de la taille de grain, il n'impose pas de contrainte sur ce paramètre pour être efficace. De plus, la montée des dislocations n'induit pas d'orientation préférentielles des cristaux et son activation est parfaitement compatible avec les observations sismiques.

La réponse des intérieurs planétaires à la convection n'est donc ni purement mécanique, ni purement chimique et met en œuvre l'action combinée des dislocations et des défauts ponctuels. Ce travail offre un nouveau cadre conceptuel à la modélisation de la viscosité du manteau. Il montre la nécessité de mieux connaître la chimie des défauts ponctuels du manteau et leur diffusion pour mieux contraindre sa rhéologie.