

Le 6 octobre 2016

La déformation des roches les plus profondes du manteau terrestre mise en lumière grâce à la modélisation numérique

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 responsable de l'équipe Physique des minéraux de l'Unité Matériaux et Transformations (UMR Université Lille - CNRS). Ses travaux ont donné lieu à plus de cent cinquante 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, recevra 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](#)

Le professeur Patrick Cordier de l'Unité Matériaux et Transformations (Université de Lille / CNRS) et les membres de son équipe¹ publient dans la revue britannique Scientific Reports (Nature) du 6 octobre 2016, un article sur la dynamique de la Terre profonde et met en lumière grâce à la modélisation numérique le comportement surprenant de la phase la plus profonde du manteau terrestre : la post-perovskite.

Dans les profondeurs du manteau terrestre

La région la plus profonde du manteau terrestre (appelée couche D'') située à la frontière du noyau, est l'une des zones les plus énigmatiques de l'intérieur de notre planète. Epaisse de quelques centaines de kilomètres, elle est caractérisée par d'importantes anomalies des vitesses de propagation des ondes sismiques. De par sa situation à l'interface noyau-manteau, la couche D'' constitue une discontinuité thermique, chimique et mécanique. Elle est le siège d'importants gradients thermiques dus aux écoulements respectifs dans le noyau liquide et dans le manteau convectif. De nombreuses hypothèses ont été émises pour tenter d'expliquer les caractéristiques de la couche D'' qui reste aujourd'hui mal comprise.

De la bridgmanite à la post-perovskite

Pendant de nombreuses années, on a considéré que le manteau inférieur était principalement constitué d'un silicate de magnésium de structure perovskite appelé bridgmanite considéré comme le minéral le plus important sur Terre. Cependant en 2004, il est apparu que pour des pressions supérieures à 120 giga pascals et des températures supérieures à 2500 Kelvins, la bridgmanite se transforme en une phase plus dense appelée post-perovskite. Cette phase n'étant stable et observable que sous ces conditions extrêmes de pression et de température, l'étude de ses propriétés est particulièrement difficile.

Dans cet article, les chercheurs présentent une étude originale basée sur la modélisation numérique multi-échelle visant à prédire les propriétés mécaniques de la post-perovskite dans les conditions de la couche D''. La description physique des mécanismes de déformation est également la seule approche qui permette de prédire le comportement mécanique sur des échelles de temps qui sont celles de la convection du manteau et qui échappent à l'échelle humaine.

Des déplacements à l'échelle microscopique à l'origine de la tectonique des plaques

Le manteau étant constitué de roches solides, les écoulements relatifs à la convection mantellique (*composante essentielle de la théorie de la tectonique des plaques*) ne peuvent résulter que de la propagation de défauts cristallins dans les minéraux qui les constituent. Le mécanisme

¹ Goryaeva, A. M., Carrez, P. & Cordier, P. Low viscosity and high attenuation in MgSiO₃ post-perovskite inferred from atomic-scale calculations. Sci. Rep. 6, 34771; doi: 10.1038/srep34771 (2016).

de déformation le plus efficace est généralement le glissement de lignes de défauts appelées dislocations. Des résultats récents de modélisation ont montré que les pressions qui caractérisent la Terre profonde inhibent très fortement ce mécanisme. La déformation de la bridgmanite en est rendue très difficile et d'autres mécanismes impliquant la mobilité atomique à haute température doivent être activés.

Dans ce travail, il est présenté des résultats avancés de modélisation de dislocations à l'échelle atomique dans la post-perovskite basés sur des calculs de mécanique quantique. Il apparaît que le comportement de ces défauts dans la post-perovskite est tout-à-fait surprenant. Du fait de sa structure cristalline très particulière constituée d'une alternance de couches de silicium et de magnésium, il est observé que les dislocations ont la particularité de glisser très facilement (sans friction) entre ces couches et ce malgré les pressions très élevées de la couche D''. La post-perovskite apparaît alors aussi facile à déformer que l'oxyde de magnésium qui l'accompagne (et qui est généralement considéré comme une phase « molle »). Cette propriété a d'importantes implications sur le brassage de la base du manteau et sa capacité à extraire de la chaleur du noyau.

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
Nord-Pas de Calais et Picardie
T 03 20 12 28 18
stephanie.barbez@cnrs.fr

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

Les calculs ont d'autres implications. Les dislocations étant très mobiles dans la post-perovskite, elle peuvent être mises en mouvement très facilement, même sous la seule influence d'une onde sismique qui se propagerait dans le manteau. Elles peuvent alors se mettre à vibrer comme une corde. Il en résulte alors une absorption d'énergie qui doit être mesurable. Les prédictions théoriques doivent donc être vérifiables par les sismologues.

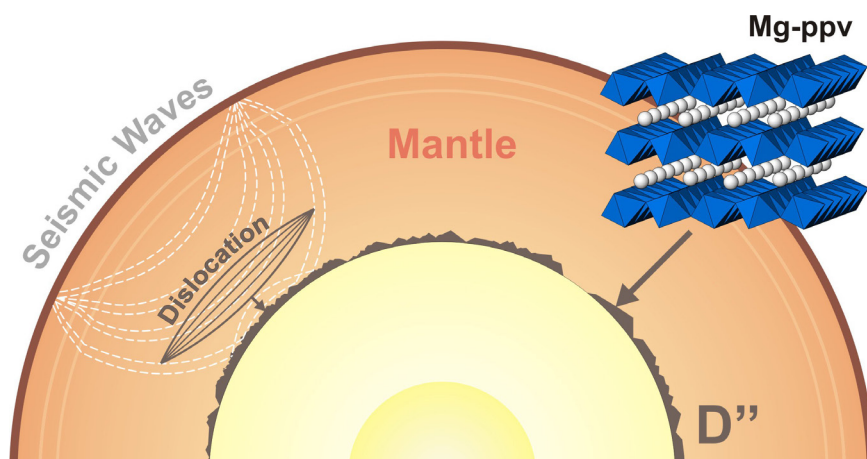


Illustration des dislocations qui, dans la post-perovskite vibrent comme une corde sous l'influence des ondes sismiques