



Indiquer dans ce cadre une éventuelle  
mention spéciale (Cotutelle, confidentiel)

## **DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE LILLE**

**NOM-PRENOM DU CANDIDAT(E) : REALI Riccardo**

- Ecole doctorale : SMRE – ED 104
- Unité de Recherche : UMET
- Discipline : Physique et Science des Matériaux

### **JURY :**

- Directeurs de thèse : Patrick CORDIER, Philippe CARREZ
- Rapporteurs : Hans-Peter BUNGE, Olivier CASTELNAU
- Examineurs : Alexandre DIMANOV, Laurent DUPUY, Luce FLEITOUT

**SOUTENANCE : 11 septembre 2018, 10h, Amphi CERLA**

### **TITRE DE LA THESE :**

Modélisation du fluage de minéraux du manteau inférieur : bridgmanite et (Mg, Fe)O

### **RESUME :**

Cette thèse porte sur la déformation de deux phases minérales majeures du manteau inférieur de la Terre : la bridgmanite et (Mg,Fe)O. Ils représentent près de 95% du manteau inférieur, et leur rhéologie est de première importance en vue de mieux comprendre la convection mantellique.

La rhéologie de ces phases a été modélisée grâce à l'utilisation de techniques de calcul numériques et analytiques afin de déterminer leur réponse en fluage (c'est-à-dire l'écoulement stationnaire sous une charge constante).

Les agents pertinents de la déformation en fluage sont identifiés et leur comportement est modélisé à l'échelle du cristal. Les dislocations étant les porteurs principaux de la déformation plastique, le fluage a donc été modélisé comme résultant du glissement et/ou de la montée (contrôlée par la diffusion) des dislocations.

Le fluage de (Mg,Fe)O résulte d'une combinaison de glissement et de montée des dislocations. Afin de modéliser ce comportement à l'échelle mésoscopique, une technique de dynamique des dislocations 2,5D a été employée. Dans (Mg,Fe)O, le glissement des dislocations est responsable de la déformation plastique, mais la vitesse de fluage est contrôlée par la montée. Nos calculs de vitesses de fluage permettent d'estimer la viscosité de (Mg,Fe)O dans les conditions des couches profondes du manteau inférieur.

Pour la bridgmanite, nous proposons un fluage impliquant la montée pure des dislocations dont la vitesse de fluage est calculée sur la base d'un modèle analytique de la littérature. Nous en déduisons la vitesse de fluage de la bridgmanite le long d'un géotherme, valeurs que l'on peut comparer aux observables disponibles actuellement.



Enter here any special mention  
(Co-tutelle thesis, confidential)

**DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE LILLE**

**NAME-SURNAME OF THE CANDIDATE: REALI Riccardo**

- Doctoral School: SMRE – ED 104
- Laboratory: UMET
- Discipline: Physics and Materials Science
- In case of co-tutelle thesis, provide the partner institution:

**THESIS COMMITTEE:**

- Thesis supervisor(s): Patrick CORDIER, Philippe CARREZ
- Referees: Hans-Peter BUNGE, Olivier CASTELNAU
- Examiners: Alexandre DIMANOV, Laurent DUPUY, Luce FLEITOUT

**DEFENSE: September 11<sup>th</sup>, 2018 – 10h, Amphi CERLA**

**TITLE OF THE THESIS:**

Modeling creep of lower mantle minerals: bridgmanite and (Mg, Fe)O

**ABSTRACT:**

This thesis work addresses the deformation behavior of two major mineral phases of the Earth's lower mantle: bridgmanite and (Mg, Fe)O. They constitute ~90-95% of the lower mantle and their rheology is of primary importance for a better understanding of mantle convection.

The rheological properties of these phases were modeled through the implementation of numerical and analytical techniques, in order to assess their creep behavior (i.e. steady-state deformation under a constant applied stress). The relevant deformation agents driving creep are identified and then modeled at the single crystal scale. In this framework, dislocations are amongst the main carriers of crystal plasticity and the creep behavior of the considered minerals can therefore be assessed by considering dislocation glide and diffusion-driven dislocation climb.

(Mg,Fe)O creep is driven by the interplay between glide and climb and in order to model it, a 2.5-dimensional (2.5D) dislocation dynamics (DD) approach has been deployed. 2.5D-DD is a numerical technique which addresses the collective behavior of dislocations at the mesoscale. It is demonstrated that dislocation glide is responsible for the plastic deformation and climb is the rate-limiting mechanism. From the modeled creep strain rates it was possible to estimate viscosity of (Mg,Fe)O at lowermost mantle conditions.

As for bridgmanite a pure climb mechanism is proposed, and the creep strain rates were evaluated according to a physics-based analytical creep model. The viscosity of bridgmanite along a geotherm is retrieved and compared with the available observables.