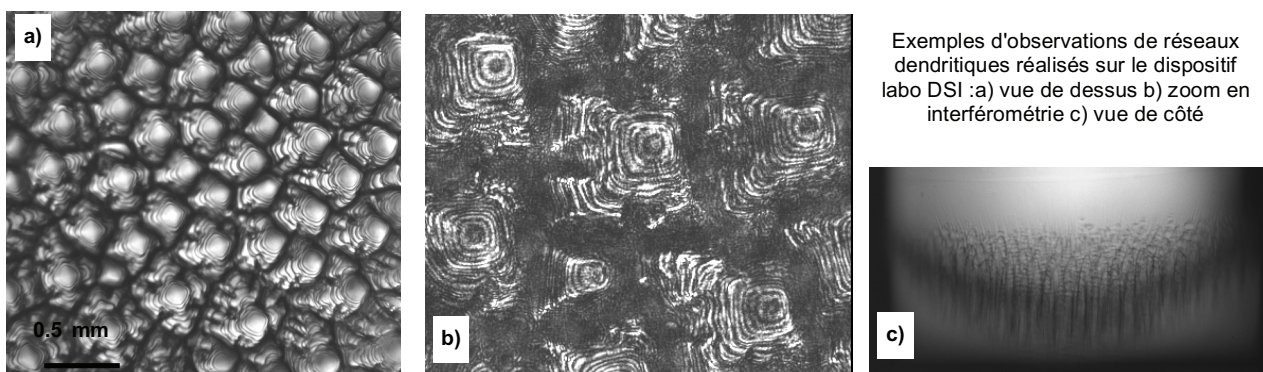


**PROPOSITION DE SUJET DE THESE**

*Microstructure dendritique colonnaire et transition colonnaire - équiaxe en solidification dirigée d'alliages massifs transparents à partir du bain fondu. Dynamique des phénomènes et rôle de la convection induite par la gravité.*

Les microstructures de solidification régissent les propriétés des matériaux élaborés dans les procédés industriels. Il faut donc contrôler, sinon adapter, leur développement aux propriétés requises. La solidification dirigée Bridgman et le refroidissement dirigé (power-down) sont adaptés à l'étude des aspects fondamentaux. En métallurgie, on observe le plus souvent une microstructure colonnaire dendritique ou des grains équiaxes, ou un mélange des deux. Les mécanismes de sélection de la microstructure dendritique et ceux de la transition colonnaire – équiaxe (CET : Columnar – Equiaxed Transition) demandent à être encore clarifiés. Une difficulté majeure vient des couplages entre les instabilités morphologiques et la convection, présente sur Terre dans le liquide et qui altère les champs de température et de soluté. Il est donc impératif d'identifier les contributions respectives des divers phénomènes, et leurs interactions.

Dans le cadre du projet DECLIC du CNES, un Insert de Solidification Dirigée (DSI) dédié à l'étude d'alliages transparents 3D a été construit pour la Station Spatiale Internationale (ISS). La transparence des matériaux utilisés (alliages à base de succinonitrile) permet l'observation continue in situ et en temps réel par des méthodes optiques (observation directe, interférométrie). En microgravité, ce dispositif servira à établir une base de données de référence (benchmarks) sur la dynamique des phénomènes dans la limite du transport diffusif. L'influence de la convection sur la microstructure de solidification pourra être mise en évidence à partir de la comparaison des expériences effectuées sur Terre avec celles conduites en microgravité. La comparaison de ces données avec les prédictions théoriques servira à la validation de la modélisation et de la simulation numérique et, en retour, au progrès de la compréhension des mécanismes physiques.



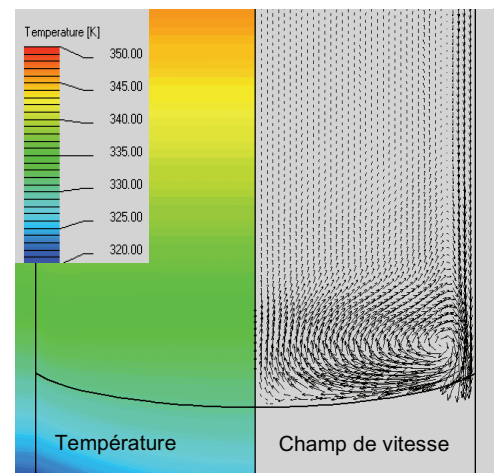
Sur le modèle de laboratoire du DSI, l'étudiant(e) réalisera des études systématiques à 1g de la solidification d'échantillons 3D d'orientation contrôlée (microstructure dendritique, influence de la forme de l'interface solide – liquide, effets de la convection naturelle ...). En premier lieu, il/elle caractérisera la dynamique de sélection de la microstructure dendritique

**IM2NP**

colonnaire, avec sa zone pâteuse. Le chauffage local, récemment ajouté au DSI, permettra l'étude des effets de la courbure macroscopique de l'interface. En particulier, une forte réduction de cette courbure donnera accès sur Terre à des réseaux dendritiques étendus. Afin de suivre les premières étapes de la CET, des expériences de refroidissement contrôlé seront réalisées dans le DSI. Ces expériences, complétées par d'autres dans un dispositif permettant une vision d'ensemble par le côté, serviront aussi à explorer les possibilités d'utilisation d'un creuset à faces parallèles.

L'étudiant(e) utilisera des logiciels d'analyse d'images spécifiques aux différents modes d'observation, qu'il/elle adaptera éventuellement. Il/elle participera aussi à la modélisation de la thermique et des écoulements convectifs à l'échelle du dispositif (logiciel CrysVun) et à celle de la microstructure. Le premier apport de cette thèse sera un progrès significatif dans la connaissance des couplages dynamiques entre la solidification et la convection. Ce travail contribuera aussi à la finalisation des expériences en microgravité. Si le planning actuel d'utilisation de DECLIC se maintient, l'étudiant(e) participera à la réalisation, l'exploitation et l'interprétation des premières séries d'expériences en microgravité dans le DSI – DECLIC.

Exemple de simulation CrysVUn au voisinage de l'interface solide/liquide



#### Financement :

**Possibilité de bourse cofinancée CNES si engagement avant le 7 avril**  
**(voir site CNES : <http://www.cnes.fr/web/716-bourses-de-recherche.php>)**

Après le 7 avril, possibilité de bourse MENRT

#### Encadrement & contacts :

**Bernard Billia** (DR CNRS) Tél.: 04 91 28 81 14, e-mail: [bernard.billia@L2MP.fr](mailto:bernard.billia@L2MP.fr)

**Nathalie Bergeon** (MCF) Tél.: 04 91 28 86 73, e-mail: [nathalie.bergeon@L2MP.fr](mailto:nathalie.bergeon@L2MP.fr)

#### Intégration des anciens doctorants :

C. Weiss, thèse soutenue en juin 2007. Post-doc à l'UCLA (University of California, Los Angeles)

N. Noël, thèse soutenue en septembre 1996. Chercheur CNRS.