

## Étude de la précipitation dans des alliages à gradient de composition

**Laboratoire d'accueil principal :** MATEIS

**Laboratoire partenaires :** LMI (Lyon), SIMAP (Grenoble)

**Date de démarrage :** octobre 2019

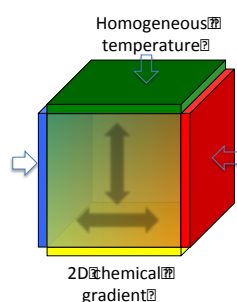
**Encadrement :** M. Perez (michel.perez@insa-lyon.fr), X. Boulnat (xavier.boulnat@insa-lyon.fr), O. Dezellus (olivier.dezellus@univ-lyon1.fr), A. Deschamps (alexis.deschamps@grenoble-inp.fr)

**Salaire :** 2135 € bruts (~ 1750 € nets mensuels)

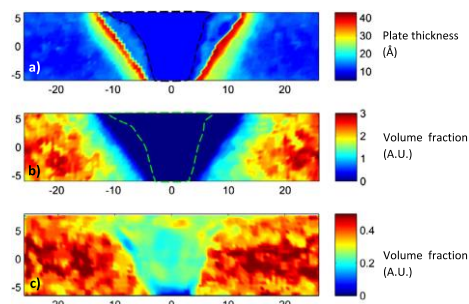
**Possibilité d'enseigner ?** OUI (vacations INSA Lyon)

**Contexte :** La **métallurgie combinatoire** constitue aujourd'hui un outil au service du développement de nouveaux alliages métalliques. Elle se décline au niveau de l'élaboration, dans les simulations ainsi que dans les méthodes de caractérisation. Son principe consiste à concevoir des échantillons permettant d'explorer une large gamme de compositions chimiques. On distingue pour ce faire deux grandes techniques : les couples de diffusion et la métallurgie des poudres. On peut aussi pour une composition donnée, imposer un gradient thermique sur un même échantillon. Du point de vue de la **caractérisation**, il est possible d'obtenir sur un même échantillon des cartographies de propriétés sur un vaste domaine de composition et/ou températures, constituant ainsi un outil précieux d'aide au design d'alliages. Du point de vue de la **modélisation et de la simulation**, les puissances de calculs aujourd'hui disponibles permettent d'envisager des calculs massifs explorant de manière systématique de larges domaines de composition afin d'en extraire les zones susceptibles de présenter un intérêt pour des applications potentielles.

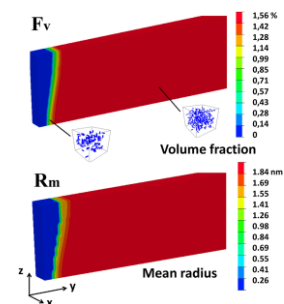
**Sujet :** Au cours de cette thèse, il est envisagé d'élaborer deux alliages à gradient de composition : un acier micro-allié et un alliage d'aluminium 6XXX par couple de diffusion et métallurgie des poudres. Les propriétés mécaniques des **alliages Al-Mg-Si** sont assurées par durcissement structural. Cependant, autant, la séquence de précipitation de la composition pseudo-binaire (composition Al-Mg<sub>2</sub>Si) est très bien connue, autant les conséquences de l'excès de Si sont très mal comprises. Les **aciers micro-alliés**, doivent leur excellentes propriétés à la présence de précipités (Ti,Nb,V)(C,N) qui bloquent la croissance des grains austénitiques. Pourtant, dans certaines conditions encore mal comprises (température, fraction volumique de précipités), certains grains austénitiques croissent de manière anormale (croissance de certains grains au détriment d'autres). Pour ces deux applications, une caractérisation et modélisation sous forme de champ (carte de propriétés mécaniques et microstructurales) d'un alliage à composition variable permettrait certainement de mieux comprendre le rôle précis de la composition sur les propriétés.



Élaboration de matériaux à gradients par couple de diffusion.



Cartographie de la taille et fraction volumique de précipités autour d'une soudure (diffusion des RX).



Simulation de la taille et fraction volumique de précipités autour d'une soudure.

## Study of precipitation in composition graded metallic alloys

**Main host lab :** MATEIS

**Partner labs :** LMI (Lyon), SIMAP (Grenoble)

**Starting date:** october 2019

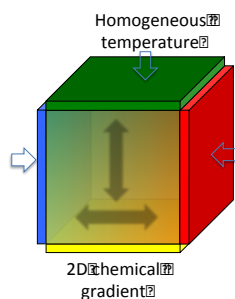
**Supervision :** M. Perez (michel.perez@insa-lyon.fr), X. Boulnat, O. Dezellus (olivier.dezellus@univ-lyon1.fr), A. Deschamps (alexis.deschamps@grenoble-inp.fr)

**Salary :** gross = 2135 € (~ 1750 € net)

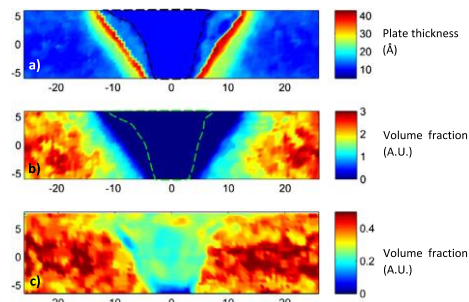
**Teaching activity if wanted?** YES (at INSA Lyon)

**Context : Combinatorial metallurgy** is nowadays a tool for the development of new metal alloys. It is applied at the elaboration level, in simulations as well as in characterization methods. Its principle is to design samples to explore a wide range of chemical compositions. Two main techniques can be distinguished for this purpose: diffusion couples and powder metallurgy. It is also possible to impose a thermal gradient on the same sample for a given composition. From the point of view of characterization, it is possible to obtain on the same sample property maps over a wide range of composition and/or temperatures, thus constituting a valuable tool to assist in the design of alloys. From the point of view of modelling and simulation, the computational powers available today make it possible to consider massive calculations systematically exploring large compositional domains in order to extract areas likely to be of interest for potential applications.

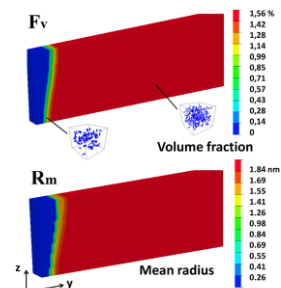
**Thesis :** During this thesis, it is planned to develop two gradient compositional alloys: a micro-alloyed steel and an aluminium alloy 6XXX per diffusion pair and powder metallurgy. The mechanical properties of **Al-Mg-Si** alloys are ensured by structural hardening. However, if the precipitation sequence of the pseudo-binary composition (Al-Mg<sub>2</sub>Si composition) is very well known, the consequences of the excess of Si is very poorly understood. **Micro-alloyed steels** owe their excellent properties to the presence of precipitates (Ti,Nb,V)(C,N) that impede the growth of austenitic grains. However, under certain conditions that are still poorly understood (temperature, volume fraction of precipitates), some austenitic grains grow abnormally (growth of some grains at the expense of others). For these two applications, a field characterization and modeling (mechanical and microstructural properties map) of a variable composition alloy would certainly provide a better understanding of the precise role of composition on properties.



*Manufacturing of composition graded materials by diffusion couple.*



*Mapping of precipitate size and fraction in an Al weld (RX scattering).*



*Simulation of precipitate fraction and size around an Al weld*