



SORBONNE
UNIVERSITÉ

SOUTENANCE DE THÈSE

10 juin 2022, à 14h

Salle Contensou, ONERA, 29 avenue de la division Leclerc 92320 Châtillon

Lien visio-conférence : sur demande auprès de benoit.dabas@onera.fr

Modélisation de l'évolution microstructurale des matériaux métalliques en conditions extrêmes

Benoît DABAS

Directeur de thèse : **Alphonse FINEL**

Co-directeur de thèse : **Thomas JOURDAN**

Co-encadrants de thèse : **Antoine RUFFINI & Yann LE BOUAR**

Jury composé de :

Helena ZAPOLSKY	Professeur des Universités, GPM, Rouen	Président
Ludovic THUINET	Maître de Conférences, UMET, Lille	Rapporteur
Christophe DENOUAL	Ingénieur de Recherche, CEA/DAM, Arpajon	Rapporteur
Silvère AKAMATSU	Directeur de Recherche, INSP, Paris	Examineur
Laurent DUPUY	Ingénieur de Recherche, CEA/SRMA, Gif-sur-Yvette	Examineur
Yann LE BOUAR	Directeur de Recherche, LEM, Châtillon	Co-encadrant de thèse
Antoine RUFFINI	Ingénieur de Recherche, LEM, Châtillon	Co-encadrant de thèse
Thomas JOURDAN	Directeur de Recherche, CEA/SRMP, Gif-sur-Yvette	Co-directeur de thèse
Alphonse FINEL	Directeur de Recherche, LEM, Châtillon	Co-directeur de thèse

Résumé :

La compréhension des mécanismes fondamentaux à l'origine de l'évolution des défauts cristallins tels que les lacunes, les dislocations ou encore les cavités, ainsi que de leurs interactions mutuelles, est essentielle pour prédire le comportement des matériaux métalliques en conditions extrêmes. Les couplages multi-physiques en jeu sont cependant difficiles à identifier, tant par des simulations qu'à l'aide de dispositifs expérimentaux. Nous proposons ainsi un modèle champ de phase pour décrire les interactions entre lacunes, cavités et dislocations. Nous présentons dans un premier temps sa construction ainsi que son implémentation numérique, pensée de manière à minimiser les coûts de calculs. Nous détaillons en particulier notre approche originale de la résolution de l'équilibre chimique qui nous permet de simuler des phénomènes mésoscopiques sur les temps longs de la diffusion. Nous validons dans un second temps notre modèle dans le cadre de l'évolution de microstructures qui peuvent être approchées de manière analytique. Enfin, dans une troisième partie, nous étudions le comportement d'une microstructure 2D comportant plusieurs cavités et des dislocations. Nous montrons notamment que la prise en compte des interactions élastiques entre les cavités et les dislocations, généralement négligées dans ce type d'étude, modifie significativement la cinétique d'évolution de la microstructure.

Mots-clés :

Champ de phase, cavités, dislocations, diffusion, microstructure



SORBONNE
UNIVERSITÉ

PHD DEFENSE

10 juin 2022, à 14h

Salle Contensou, ONERA, 29 avenue de la division Leclerc 92320 Châtillon

Lien visio-conférence : sur demande auprès de benoit.dabas@onera.fr

Modeling microstructural evolution of metallic materials under extreme conditions

Benoît DABAS

Directeur de thèse : **Alphonse FINEL**

Co-directeur de thèse : **Thomas JOURDAN**

Co-encadrants de thèse : **Antoine RUFFINI & Yann LE BOUAR**

Jury composé de :

Helena ZAPOLSKY	Professeur des Universités, GPM, Rouen	Président
Ludovic THUINET	Maitre de Conférences, UMET, Lille	Rapporteur
Christophe DENOVAL	Ingénieur de Recherche, CEA/DAM, Arpajon	Rapporteur
Silvère AKAMATSU	Directeur de Recherche, INSP, Paris	Examineur
Laurent DUPUY	Ingénieur de Recherche, CEA/SRMA, Gif-sur-Yvette	Examineur
Yann LE BOUAR	Directeur de Recherche, LEM, Châtillon	Co-encadrant de thèse
Antoine RUFFINI	Ingénieur de Recherche, LEM, Châtillon	Co-encadrant de thèse
Thomas JOURDAN	Directeur de Recherche, CEA/SRMP, Gif-sur-Yvette	Co-directeur de thèse
Alphonse FINEL	Directeur de Recherche, LEM, Châtillon	Co-directeur de thèse

Summary :

The comprehension of the fundamental mechanisms controlling the evolution and mutual interactions of extended defects such as dislocation and cavities is crucial to understand the behaviour of materials under extreme conditions. Underlying phenomena are hard to capture, either by numerical simulations or by experimental approaches. Therefore, building a complete mathematical formalism which can be efficiently implemented is at stake. In this work we develop a phase-field variational model that couples vacancy diffusion, dislocation climb and pore evolution, with the consideration of elastic interactions. We first present the construction of the model as well as its numerical implementation, including an improved solver for the equation controlling the vacancy field evolution. This drastically decreases the computational time and allows us to tackle diffusion at mesoscopic scales. We then validate our model on microstructures whose evolution can be predicted analytically. We finally present 2D simulation results on the interactions between climbing dislocations and pore assemblies, revealing the role of elastic interactions on the microstructural evolution.

Key-words :

Phase field, dislocations, cavities, diffusion, microstructure