

# HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES HDR

NANTES UNIVERSITE

Spécialité : Sciences des matériaux

Par

**Emmanuel BERTRAND**

**Etudes de relations entre procédé, microstructure et propriétés  
mécaniques des métaux**

Rôle des mécanismes de déformation et application à la fabrication additive arc-fil

Travaux présentés et soutenus à Nantes, le 03 juillet 2026

Unité de recherche : Institut des Matériaux de Nantes Jean Rouxel

## **Rapporteurs avant soutenance :**

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Frédéric Prima           | Professeur des Universités, Institut de Recherche Chimie Paris, Chimie Paristech |
| Eric Hug                 | Professeur des Universités, Crismat, ENSI Caen                                   |
| Frédéric Deschaux-Beaume | Professeur des Universités, LMGC, Université de Montpellier                      |

## **Composition du Jury :**

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Frédéric Prima           | Professeur des Universités, IRCP, Chimie Paristech                 |
| Eric Hug                 | Professeur des Universités, Crismat, ENSI Caen                     |
| Frédéric Deschaux-Beaume | Professeur des Universités, LMGC, Université de Montpellier        |
| Anne-Laure Helbert       | Professeur des Universités, ICMMO, Polytech Paris-Saclay           |
| Aude Simar               | Professeur des Universités, iMMC, Université catholique de Louvain |
| Pascal Paillard          | Professeur des Universités, IMN, Polytech Nantes                   |

**Titre :** Etudes de relations entre procédé, microstructure et propriétés mécaniques des métaux. Rôle des mécanismes de déformation et fabrication additive arc-fil.

**Mots clés :** alliages de titane ; fabrication additive arc-fil ; métallurgie ; microstructure

**Résumé :** Parmi la grande famille des alliages métalliques, certains sont sujets à des mécanismes de déformation particuliers : transformation martensitique sous contrainte, maclage de réorientation, maclage plastique... Ces mécanismes sont à l'origine de comportements mécaniques très particuliers : effet mémoire de forme, superélasticité, alliages à effet TRIP et/ou TWIP.

Pour améliorer la compréhension de ces mécanismes souvent concomitants, ma démarche a consisté à étudier les séquences de mécanismes de déformation dans des alliages de titane  $\beta$ -métastables. Je me suis intéressé ensuite aux relations entre composition chimique d'un alliage et ses mécanismes de déformation avant une ouverture à d'autres alliages à transformation martensitique.

Une autre part de mon travail passe par le développement de solutions aux problèmes générés par le comportement d'alliages métalliques en fabrication additive. Selon les métaux considérés, les problématiques sont variables : abaissement de propriétés mécaniques, anisotropie découlant du comportement à la solidification, accumulation de chaleur...

Des solutions originales sont proposées, en se plaçant à l'interface entre la science des matériaux et le génie des procédés. Ce positionnement permet une compréhension fine des relations procédé, microstructure et propriétés des métaux et de lever des verrous scientifiques et technologiques.

**Title :** Studies of the relationships between process, microstructure, and mechanical properties of metals. Role of deformation mechanisms and wire arc additive manufacturing

**Keywords :** titanium alloys; wire arc additive manufacturing; metallurgy; microstructure

**Abstract :** Among the large family of metal alloys, some are subject to particular deformation mechanisms: stress-induced martensitic transformation, reorientation twinning, plastic twinning... These mechanisms are the origin of very specific mechanical behaviors: shape memory effect, superelasticity, TRIP and/or TWIP effect alloys.

To improve the understanding of these often concomitant mechanisms, my approach consisted of studying the sequences of deformation mechanisms in metastable  $\beta$ -titanium alloys. I then focused on the relationships between the chemical composition of an alloy and its deformation mechanisms before expanding to other alloys with martensitic transformation. .

Another part of my work involves developing solutions to problems generated by the behavior of metal alloys in additive manufacturing. Depending on the metals considered, the issues vary: reduction of mechanical properties, anisotropy resulting from solidification behavior, heat accumulation, etc.

Original solutions are proposed by positioning at the interface between materials science and process engineering. This approach allows for a detailed understanding of the relationships between process, microstructure, and properties of metals, and helps overcome scientific and technological barriers.