



# Mastère Spécialisé

## Design des Matériaux et des Structures

(DMS)

### OFFRE DE SUJET MASTERE DMS 2024/2025

#### Encadrement

---

Aurore PARROT (EDF-Lab MMC), Jacques BESSON (CDM – Mines Paris)

#### Titre

---

**Effet des mésoségrégations sur les propriétés de rupture en résilience des aciers faiblement alliés des composants lourds**

#### Contexte

---

Les pièces en acier faiblement allié utilisées pour la fabrication des composants lourds du circuit primaire des centrales REP sont forgées à partir de lingots de fort tonnage. Les temps de solidification très longs de ces lingots conduisent à des ségrégations plus intenses et de dimensions accrues à toutes les échelles (micro, méso, macro). Ces ségrégations se retrouvent dans la pièce finie et contribuent à leurs propriétés. L'effet des macro-ségrégations a été étudié ces dernières années, mais celui de la forme la plus générale des mésoségrégations sur les propriétés mécaniques est notable dans certaines situations tout en étant mal compris. Le phénomène de mésoségrégation conduit simultanément à des facteurs d'amélioration de la ténacité (meilleure trempabilité) et de détérioration (durcissement, moindre propreté inclusionnaire...). Des travaux de thèse récents ont néanmoins permis, pour une pièce forgée de fort tonnage donnée, d'une part, de mieux caractériser quantitativement les mésoségrégations et, d'autre part, et de mettre en place une simulation numérique par approche locale de la rupture d'un matériau comportant des mésoségrégations. Cette modélisation a été appliquée à la simulation d'éprouvettes permettant la mesure de la ténacité de type Compact Tension de plusieurs épaisseurs et a permis de reproduire correctement les résultats expérimentaux. La qualité de fabrication des pièces est cependant également appréciée par d'autres types d'essais comme les essais de résilience qui présentent des conditions de chargement mécanique significativement différentes des éprouvettes Compact Tension de mesure de la ténacité.

#### Objectif

---

L'objectif du stage est de mettre en place une simulation numérique par approche locale de la rupture d'éprouvettes de résilience de différentes tailles constituées d'un matériau comportant des mésoségrégations pour valider les mécanismes physiques mis en œuvre et être à même de prédire les propriétés en présence de mésoségrégations.

#### Démarche

---

La première étape est de faire un état de l'art sur les descriptions et connaissances relatives aux mésoségrégations dans les lingots : mécanismes de formation, positions, intensités de ségrégation, conséquences sur les propriétés d'emploi. La seconde étape consistera à compléter la caractérisation microstructurale quantitative et statistiquement représentative des mésoségrégations. Ces caractérisations comporteront des attaques macrographiques, des analyses chimiques globales et des mesures de micro-dureté. La troisième étape consistera à compléter la base de données d'essais de résilience existants par des essais sur des mini-

éprouvettes de résilience qui permettront d'échantillonner différemment les mésoségrégations par rapport aux éprouvettes standard. Les surfaces de rupture obtenues seront analysées pour déterminer position et nature des sites d'amorçage et des modes de rupture fragile, de façon à établir le rôle des mésoségrégations dans l'amorçage des ruptures. La dernière étape consistera mettre en place une simulation numérique par approche locale de la rupture d'éprouvettes de résilience de différentes tailles constituées d'un matériau comportant des mésoségrégations. Une étude paramétrique du rôle de la répartition spatiale et de l'écart de comportement des mésoségrégations avec la matrice sera menée pour justifier de la représentation choisie dans la modélisation finale.

## **Environnement informatique**

---

Code\_Aster, Plateforme Salome\_Meca, Linux, Python.

## **Profil demandé**

---

Capacité d'analyse et de synthèse, de la rigueur de l'autonomie et une grande force de proposition. De bonnes connaissances en mécanique des matériaux et de la simulation numérique. Un attrait pour le travail expérimental est un gage de réussite dans la réalisation de ce projet.