

Offre de Stage de Master 2

Titre du stage : Éco-conception d'alliages à haute entropie et à mémoire de forme pilotée par les données, alliant des critères de développement durable, éthiques et sociétaux.

Mots-Clés : Alliage à mémoire de forme, alliage à haute entropie, eco-design, soutenabilité, essais thermomécaniques, caractérisation microstructurale (MEB), intelligence artificielle

Contexte du stage :

Les alliages à mémoire de forme (AMF) sont une famille de matériaux intelligents liée à des propriétés remarquables telles que la superélasticité, l'effet à mémoire de forme ou l'effet amortissant. Cependant, ces alliages sont sujets à des problèmes de fatigue thermique fonctionnelle et de vieillissement thermique. Une solution consiste à développer des alliages à haute entropie et à mémoire de forme (AHEMF). Les premiers AHEMF développés, dérivés de la famille des alliages NiTi, ont grandement amélioré l'alliage binaire mais ils sont constitués de métaux de substitution, jugés « matériaux critiques » par l'Union Européenne.

Le projet ECO-SHEAP financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) d'une durée de 4 ans qui démarrera en janvier 2026, vise au développement d'une classe alternative d'AHEMF à base de cuivre contenant des éléments plus soutenables d'un point de vue géostratégique, environnemental et éthique. L'objectif du projet est donc de proposer une méthodologie de conception qui améliore les propriétés d'AMF cuivreux existants par l'usage d'algorithmes d'intelligence artificielle (IA) à l'aide de fouille des données et de calculs thermodynamiques, et une confrontation expérimentale. C'est dans ce contexte que s'inscrit ce stage de Master : il vise à développer un équivalent à haute entropie d'un AMF CuAlNi actuellement utilisé pour des applications spatiales.

Travail à réaliser :

Le programme de travail, outre l'état de l'art (1), se décompose en deux phases : le choix de la composition de l'alliage par IA (2), puis l'élaboration et la caractérisation microstructurale et mécanique de l'alliage choisi (3).

1. Etude bibliographique sur la définition de critères de soutenabilité d'éléments chimiques (recyclage, empreinte CO₂, énergie, eau utilisée, risque d'approvisionnement, ...)
2. Design de l'alliage :
 - Exploitation d'une base de données d'AMF de type CuAl et prise en main d'un algorithme d'IA pour la prédiction des propriétés physiques
 - Choix et conception de plusieurs alliages
3. Caractérisation des propriétés physiques et mécaniques :
 - Etude microstructurale en microscopie optique et à balayage électronique (MEB)
 - Réalisation de tests thermomécaniques par calorimétrie différentielle à balayage (DSC)
 - Essais mécaniques : tests de mémoire de forme.

Durée et démarrage du stage : 6 mois à partir de février 2026.

Le stage est à dominante expérimentale mais des calculs thermodynamiques et des algorithmes d'optimisation d'alliages par IA (types réseau de neurone, algorithmes génétiques) sont également envisagés.

Le stage aura vocation à se poursuivre en thèse de doctorat (démarrage entre octobre et novembre 2026) pour la personne recrutée (financement déjà acté).

Compétences et diplômes : Diplôme de Master 2 (ou équivalent 3^e année d'école d'ingénieurs) en mécanique et/ou métallurgie. Une ambition de poursuivre en thèse est aussi appréciée. Un goût pour la programmation de codes serait apprécié.

Lieu du stage

LEM3, Campus Arts et Métiers de Metz, 4 rue Augustin Fresnel, 57078 Metz Cedex 3, France

Contact

Les personnes intéressées devront envoyer un mail avec CV + relevés de notes des deux dernières années aux membres du projet suivants :

- Léo Thiercelin, Maitre de Conférences (leo.thiercelin@ensam.eu)
- Sophie Berveiller, Professeure des Universités (sophie.berveiller@ensam.eu)
- Laurent Peltier, Ingénieur de Recherches (laurent.peltier@ensam.eu)