



Doctorat en Science des Matériaux : Comprendre les Mécanismes de Durcissement par Solution Solide dans les Alliages Métalliques

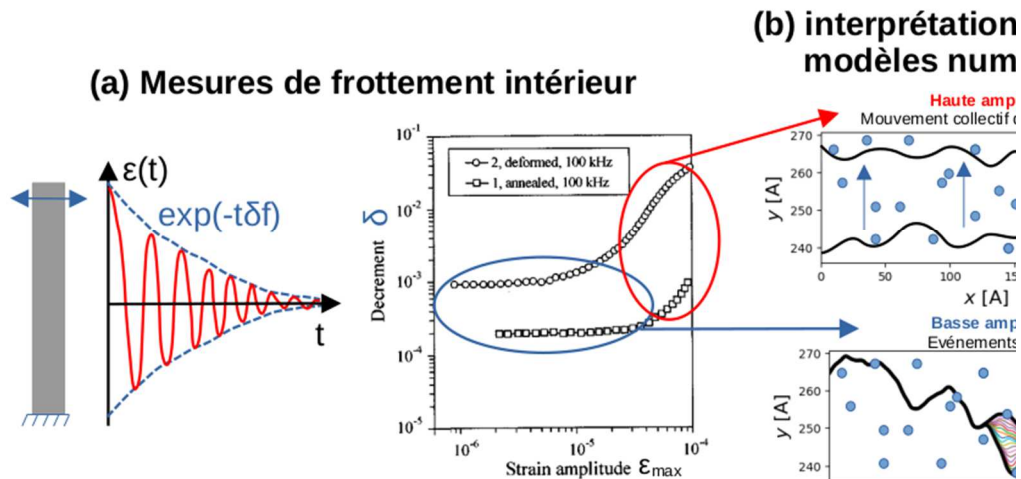
Description

- mots-clés: métallurgie physique, expériences, simulations numériques
- Contrat: 3 ans (10/2025 - 10/2028), 1700 € net/mois (2025), 1800 € net/mois (2026-2028)
- Financement: bourse CNRS internationale en co-tutelle INSA-Lyon / Tohoku University
- Laboratoires: MATEIS (INSA-Lyon, France), IMR (Tohoku University, Sendai, Japon) et ElyTMaX (INSA-Lyon/Tohoku University, Sendai, Japon).
- Encadrement : Véronique Massardier (Mateis), Pierre-Antoine Geslin (ELyTMaX), Hidemi Kato (IMR, Tohoku University).
- Contacts: Véronique Massardier (veronique.massardier@insa-lyon.fr) – MATEIS
Pierre Antoine Geslin (pierre-antoine.geslin@insa-lyon.fr) – ElyTMaX

Depuis l'âge du bronze, on sait qu'ajouter des éléments d'addition à un métal permet de le rendre plus dur : le bronze est un alliage de cuivre et d'étain. Le comportement mécanique de ce type d'alliages est contrôlé par des défauts nanométriques, appelés dislocations, qui sont les vecteurs de la déformation plastique dans les alliages métalliques. Dans de tels alliages, les atomes de soluté (l'étain dans le bronze) forment une solution solide aléatoire qui fait obstacle au mouvement des dislocations, ce qui conduit à augmenter la limite élastique de l'alliage sans compromettre sa ductilité.

De nos jours, ces alliages à durcissement par solution solide sont largement utilisés dans un grand nombre d'applications dans les domaines de l'énergie (aciers austénitiques, alliages FeNi...) et du transport (alliages d'aluminium et de magnésium) et sont ainsi au cœur de la transition énergétique. Le mécanisme de durcissement par solution solide est particulièrement mis à profit dans le développement récent des alliages à haute entropie qui sont constitués de plusieurs éléments en quantité comparable (par exemple l'alliage $\text{Fe}_{20}\text{Cr}_{20}\text{Ni}_{20}\text{Co}_{20}\text{Mn}_{20}$). Malgré l'origine millénaire des alliages à durcissement solide, les interactions entre les dislocations et la solution solide aléatoire se déroulent à l'échelle nanométrique et restent encore mal comprises à ce jour.

L'objectif principal de ce projet consiste à utiliser le frottement intérieur pour mieux caractériser ces mécanismes. Cette technique expérimentale consiste à mesurer la dissipation d'énergie pour un échantillon métallique soumis à une sollicitation cyclique (Fig. 1.a). Dans les alliages étudiés ici, cette dissipation d'énergie est directement liée au mouvement des dislocations dans la solution solide (Fig. 1.b): pour des déformations de faible amplitude, l'énergie dissipée est liée à des réarrangements isolés de la ligne de dislocation alors qu'à des amplitudes plus élevées, la ligne de dislocation se déplace de façon collective, ce qui se traduit par une dissipation d'énergie plus importante. Pour mieux analyser ces deux régimes, ce projet consiste à développer un modèle d'interaction dislocation/soluté sous sollicitation cyclique.



Après une étude bibliographique réalisée dans les premiers mois de la thèse, l'étudiant.e choisira avec soin certaines nuances d'alliages Al-Mg et Fe-Ni-Cr qui seront étudiées dans la thèse. L'étape suivante consistera à élaborer différents échantillons au laboratoire Mateis (INSA-Lyon) et à caractériser leur microstructure. Ces échantillons seront d'abord testés au moyen du pendule de torsion du laboratoire Mateis. Au cours de la deuxième année de thèse, un long séjour au Japon conduira à utiliser la machine de frottement intérieur de l'IMR (Tohoku University), permettant d'obtenir des mesures à haute fréquence, complémentaires de celles du pendule de torsion. En parallèle de ces travaux expérimentaux, un modèle numérique des interactions dislocation/solutés sera développé afin de mieux interpréter les mesures expérimentales et ainsi de mieux comprendre les mécanismes de durcissement par solution solide. Les résultats de ces travaux seront valorisés par la publication d'articles dans des journaux à comité de lecture, ainsi que par la participation à des conférences nationales et internationales.

Au cours de ce doctorat en cotutelle (INSA / Université Tohoku), le.a candidat.e partagera son temps entre Lyon et Sendai avec des séjours de longue durée dans les deux institutions pour interagir avec les chercheurs impliqués dans le projet et mener à bien les expériences et les modèles numériques nécessaires au projet. Le programme de thèse en cotutelle entre ces institutions a conduit à plus de 20 thèses soutenues en 10 ans. Les frais de séjour au Japon seront pris en charge par le laboratoire.

Pour mener à bien ce projet de doctorat, nous recherchons un étudiant avec le profil suivant:

- Ecole d'ingénieurs ou Master avec une spécialisation en science des matériaux et/ou en mécanique.
- Des connaissances en métallurgie sont nécessaires.
- Des compétences de base en programmation et une aisance avec les outils numériques seront considérées comme un plus pour le projet.
- De solides compétences en anglais (oral et écrit) sont obligatoires.

Pour postuler, veuillez joindre un CV, une lettre de motivation expliquant vos expériences en sciences expérimentales et numériques ainsi que vos relevés de notes de M2.