

Intitulé de projet		Etude et intégration des AMF (alliage à mémoire de forme dans les systèmes de sécurité des transports ferroviaires)	
Domiciliation		Laboratoire d'étude des systèmes énergétique industriels (LESEI) Faculté de technologie-Université Hadj Lkhdar-BATNA-ALGÉRIE	
Porteur du projet		Spécialité	Courriel
Zidani Kamel		Génie mécanique	kzidani05@gmail.com/zidani_k@hotmail.com
<p>Résumé :</p> <p>Un matériau «intelligent», et un matériau présentant des fonctions intrinsèques qui lui permettent de se comporter comme un capteur et/ou un actionneur, voire comme un processeur. Il est capable de modifier spontanément ses propriétés physique (forme, conductivité, couleur, viscoélasticité...) en réponse à des sollicitations naturelles ou provoquées (variation de température, de champ électrique ou magnétique, de contrainte...). En d'autre termes matériau réagit à stimulus détecté à l'extérieur et adapte sa réponse. Les actionneurs en particulier fournissent une action mécanique ou changent d'aspect (déformation, changement, de couleur ou de transparence...) afin de signaler une modification de l'environnement et/ou de provoquer une action corrective. Ces dispositifs peuvent être réalisés dans des alliages à mémoire de forme (AMF) ou dans des matériaux magnétostrictifs. On distingue :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Les matériaux piézo-électriques qui génèrent une tension électrique lorsqu'ils subissent une contrainte. L'amplitude et la fréquence du signal varient directement en fonction de la déformation mécanique. Le cristal quartz utilisé en horlogerie est le matériau piézo-électrique le plus connu. 2. Les alliages à mémoire de forme (AMF) qui déformés à froid retrouvent leur forme initiale au-delà d'une certaine température par changement de phase. Le principe de base est une transformation structurale réversible (modification de la structure cristalline). Fonction de la température. Ces alliages sont le plus souvent à base de cuivre ou de nickel. Premiers alliages développés : nickel-titane, puis différents éléments d'addition ont fait l'objet de divers brevets (cuivre, fer, chrome, manganèse, aluminium, or, palladium). Plus récents : les alliages cuivreux à mémoire de forme (CuZn Al, CuAlNi, CuAlBe), moins coûteux et plus faciles à mettre en forme que les alliages Ni-Ti, Des AMF à base de fer sont en cours de développement. <p>Depuis le début des années 90, les grands rendez-vous consacrés spécifiquement aux matériaux adaptatifs, appelés généralement «intelligents », se multiplient à travers le monde : « European conference on smart structures and materials », « international conference on intelligent materials ». toutes les grandes puissances industrielles sont aujourd'hui impliquées dans d'importants programmes de recherche portant sur les matériaux « intelligents », parmi lesquels les matériaux adaptatifs se prêtent à la réalisation d'actionneurs. Les principaux enjeux étant : disposer dans un premier temps de matériaux capables de s'auto-surveiller. Ce qui évite les interventions régulières en maintenance et des heures de démontage (dans le secteur des transports par exemple), ainsi que le surdimensionnement des pièces (économies de ressources et recyclage facilité). Les matériaux adaptatifs sont capables de s'auto-adapter à l'environnement, d'adopter des formes « utiles » en réaction à une sollicitation extérieure naturelle ou provoquée (vibration, bruit, lumière, température, électricité, sollicitation, mécanique, substances chimiques, etc.). ils modifient leur forme, leur module d'élasticité, leurs dimensions...Associés à des capteurs, ils présentent des propriétés intelligentes telles que : auto-diagnostic, contrôle active de vibration (détection et contre-réaction), éventuellement auto-réparation, ect</p> <p>Les matériaux piézoélectriques et les alliages à mémoire de forme (AMF) apportent des solutions très intéressantes en matière de détection permanente d'endommagement dans les matériaux, d'amortissement de</p>			

vibrations et de contrôle de stabilité dimensionnelle, des préoccupations communes à de nombreuses industries mécaniques (aéronautique, transports ferroviaires et terrestres, automobile, construction navale, etc.). Parmi les propriétés exceptionnelles des AMF :

- La superélasticité : l'alliage est capable de se déformer énormément (jusqu'à 10%) de manière réversible sous l'effet d'une contrainte ;
- L'effet mémoire simple sens : l'alliage est capable après « éducation » d'avoir deux positions stables, l'une au-dessus d'une température dite critique et l'autre en dessous ;
- L'effet amortissant : l'alliage est capable d'amortir des chocs ou d'atténuer des vibrations mécaniques. En effet la super-élasticité ou même simplement l'élasticité de la phase martensitique présentent un phénomène d'hystérésis qui entraîne une dissipation de l'énergie.

Dans le cadre de ce projet « PNR » il s'agira dans **un premier temps**, de maîtriser le comportement des AMF en abordant les aspects suivants :

- **Caractérisation expérimentale :**

Etude des différentes techniques de production des AMF.

- Caractérisation et étude expérimentale des comportements thermomécanique statistique et dynamique des alliages à mémoire de forme (AMF). Etude des différentes méthodes de caractérisation des AMF (les températures de transition : MS, Mf, As et Af et les contraintes mécaniques de début et de fin d'amorçage des transformations : austénite martensite et martensite austénite) ;

- **Modélisation numérique :**

Simulation numérique des différentes lois de comportement des AMF (mémoire simple, mémoire double, effet super élastique) ,

- Etude de la résistance à la fatigue des AMF (causes de la dégradation des propriétés des AMF). Les AMF sont très sensibles à la fatigue. En effet, en plus de subir les phénomènes rencontrés sur les matériaux cristallins classiques (augmentation de densité de dislocations, formation d'arrangement de dislocations, présence de joints de esain dans les matériaux polycristallins qui constitue une source supplémentaire d'initiation de fissures...), ils possèdent des mécanismes supplémentaires liés au changement de phase qui lui caractérise.

- **Conception et fabrication des prototypes :**

- A partir d'un cahier des charges, concevoir de nouvelles applications profitant de la mémoire de forme en choisissant le bon alliage, en effectuant les bons traitements thermomécaniques puis en dimensionnant les composantes.

- **Essais expérimentaux sur prototypes :**

- Réaliser les essais expérimentaux sur des dispositifs fonctionnels afin de valider les modèles numériques et de quantifier les performances des prototypes.

- **Transfert technologique :**

Transférer les connaissances et le savoir acquis en matière d'alliages à mémoire de forme vers les partenaires industriels qui cherchent à implanter ces technologies au sein de nouvelles applications industrielles. En particulier, il s'agit en collaboration avec notre partenaire socio-économique d'intégrer ces alliages dans les dispositifs de commandes des transports ferroviaires. Dans **un second temps**, et en collaboration avec **la Société Nationale des Transports Ferroviaire (SNTF)** (le partenaire socio-économique), nous envisageons le développement de **capteurs, d'activateurs, d'actionneur, de détecteur de température seuil** et de **systèmes de commandes** destinés au transport ferroviaire et routier :

- Etude de réalisation **d'un prototype** d'un mécanisme à fil à mémoire Pro-Rail destiné à la commande des aiguillages à vitesse réaliste dans les chemins de fer le fil Pro-Rail est le seul fil à mémoire fabriqué à partir de Nitinol ternaire (nickel-titane-cuivre), un alliage

aux propriétés mécaniques supérieures en outre, il est spécifiquement traité pour le modélisme de ce fait, sa mémoire de forme est véritablement réversible et il oscille entre deux longueurs parfaitement précises et stables, condition essentielle pour garantir un fonctionnement répétitif

- Etude et réalisation de **systèmes intégrant des capteurs AMF pour le passage dynamique** des wagons (applicable aussi dans le transport routier pour le pesage dynamique des poids lourds) .
- Etude et réalisation **d'un système (système de sécurité) indicateur de la dégradation des rails de chemins de fer** (applicable aussi dans le transport routier **pour l'indicateur de la dégradation des chaussées des autoroutes**). Etude et réalisation **d'un pare-chocs** intégrant les alliages à mémoire de forme (AMF).

Équipe de Recherche:

Chercheur	Spécialité	Grade
Chelghoum Djamel Si	Mécanique	Directeur central du patrimoine de la SNTF
AMEUR Mohammed	Energétique	Professeur
BRIOUA Mourad	Sciences des matériaux	Maître de conférences A
MELAKHESSOU HAYET	Construction mécanique	Maître de conférences A
CHELGHOUIM leila	Matériaux de l'électrotechnique — transports terrestres -	Chargée de cours