

## Proposition de thèse 2025-2028

### « Etudes des interactions laser-matière sur alliages d'aluminium et impacts sur l'efficacité du traitement de protection anticorrosion par conversion chimique »

#### Mots clés :

Décapage laser ; traitements de surface ; alliages d'aluminium ; corrosion

#### Objectifs de l'étude :

L'**aluminium et ses alliages** sont largement utilisés au sein de Safran Electronics & Defense. Pour protéger l'aluminium de la corrosion, plusieurs traitements sont possibles dont la conversion chimique qui a l'avantage de combiner à la fois protection contre la corrosion et préservation de la continuité électrique – a contrario d'une anodisation.

Le procédé actuel de conversion chimique utilise des produits à base de trioxyde de chrome et forme une couche contenant du chrome hexavalent (Cr VI), substances impactées aujourd'hui par la réglementation REACH et qui doivent donc être substituées.

Malgré les solutions envisagées depuis environ 10 ans (conversion chimique à base de Cr III et de Zr IV), il apparaît qu'elles ne sont pas satisfaisantes sur deux séries d'alliages d'aluminium : les séries 2000 et 7000 communément utilisées pour leurs propriétés de résistances mécaniques. Une **solution de substitution au traitement de conversion chimique sur les alliages d'aluminium des séries 2000 et 7000** qui garantisse les mêmes propriétés, notamment vis-à-vis de la **tenue anticorrosion et de continuité électrique**, reste donc à trouver.

Contrairement aux autres séries, les alliages d'aluminium des séries 2000 et 7000 contiennent plus de 1% de cuivre. Cet élément d'alliage forme des **particules intermétalliques** retrouvées en surface et qui sont des amorces à la corrosion.

Safran Electronics & Defense a fait le choix de s'orienter vers la piste de la préparation de surface pour agir sur ces intermétalliques. Cette étape et en particulier le décapage, est une étape clef du procédé de conversion chimique. Si la voie chimique n'a pas confirmé son action répétable en matière de tenue anticorrosion, il en va de même de la voie mécanique traditionnelle (usinage ou sablage) qui induit de trop fortes rugosités non compatibles avec les applications de Safran Electronics & Defense. Une autre possibilité a donc été proposée : **la voie photonique** et plus précisément le **décapage laser** qui fait tout l'enjeu de cette thèse.

#### Contenu de l'activité

Les travaux qui seront conduits au cours de cette thèse visent donc à répondre à 2 grands enjeux à savoir :

- **Caractériser l'interaction laser-matière** et confirmer ou repréciser la nature des surfaces ;
- **Evaluer l'impact des différents paramètres laser** sur l'interaction laser-matière et donc sur la performance du traitement de conversion chimique pour définir des bornes de fonctionnement.

Une étude détaillée de l'effet du décapage laser sur la surface de l'alliage sera donc nécessaire ; en particulier l'évolution de sa **microstructure** et la présence et **caractéristiques des précipités** (tailles, répartition, composition...). De nombreuses caractérisations sont alors envisagées tant d'un point de vue physico-chimique que structurale au moyen de techniques expérimentales comme MEB, DRX et éventuellement MET (microstructure), EDS, SDL et XPS, SIMS. Des mesures de nano/microdureté et de morphologie seront également effectuées afin de les corrélérer aux évolutions des microstructures et d'identifier les potentielles modifications de propriétés mécaniques induites lors du traitement. Au cours des essais de décapage laser, le panache d'ablation sera enfin analysé afin de comprendre les potentielles modifications chimiques des surfaces ablatées.

Dans un deuxième temps, **les propriétés chimiques** de la surface traitée devront alors être déterminées afin de vérifier le comportement des surfaces lors du traitement de conversion. Pour ce faire, des tests localisés (micro capillaire, électrochimie) ou globaux (brouillard salin) seront alors menés.

L'ensemble de ces éléments permettra donc de mieux comprendre l'effet du traitement laser sur la surface et d'identifier les caractéristiques que doivent posséder les surfaces traitées pour obtenir une pièce conforme en fin de cycle de traitement.

Ces données connues, il sera alors possible de faire une exploration paramétrique plus large et systématique afin de répondre au second objectif. Sachant quels phénomènes physiques doivent être induits lors du traitement, il sera possible de rechercher les différentes solutions laser et combinaisons de paramètres possibles pour y arriver.

Pour réaliser ce travail, une collaboration entre l'entreprise Safran Electronics & Defense de Montluçon avec le laboratoire ICB est organisée. Diverses compétences seront alors recherchées par le savoir-faire des équipes académiques et industrielles :

- Equipe Safran Electronics et Defense (ablation laser, conversion chimique, industrialisation des pièces) ;
- Equipe PMDM du laboratoire ICB de l'UTBM (ablation laser, caractérisations) ;
- Equipe PMDM du laboratoire ICB de l'UBE Dijon (corrosion) ;
- Equipe PMDM du laboratoire ICB de l'UBE Chalon sur Saône (spectrométrie).

### Profil recherché

- La candidate / le candidat devra avoir un goût prononcé pour les travaux expérimentaux et une bonne qualité rédactionnelle.
- Soutenu par l'ANRT, ce projet de thèse CIFRE s'organisera entre l'entreprise Safran Electronics Defense de Montluçon (employeur) et les équipes du laboratoire ICB. Une répartition du temps s'opérera à hauteur de 20% pour le site industriel et 80% pour les sites académiques (Sévenans-Dijon).
- La candidate / le candidat devra avoir une formation bac +5, détenteur d'un master recherche ou grande école dans le domaine du génie des procédés et des matériaux. Des connaissances en laser sont souhaitables. Le candidat devra par ailleurs avoir développé des compétences annexes dans un autre domaine scientifique, par exemple : analyse statistique, intelligence artificielle ou simulation numérique.
- La maîtrise de l'anglais à l'écrit et à l'oral est nécessaire pour le poste

### Pour tout contact et toute information

Direction industrielle	Direction académique
1. Marie SAVOYE Responsable pôle Matériaux et Procédés Domérat – Bâtiment principal DT   STMP   PIMP Tél. +33 (0)4 70 28 74 26 <a href="mailto:Marie.Savoie@safrangroup.com">Marie.Savoie@safrangroup.com</a>	1. Cécile LANGLADE Département Procédés Métallurgiques, Durabilité, Matériaux Professeur des Universités – Section CNU 28 UTBM Sévenans -Pavillon S – S207 Tél. +33 (0)3 84 58 31 50 <a href="mailto:Cecile.Langlade@utbm.fr">Cecile.Langlade@utbm.fr</a>
2. Romain OTTENIO Ingénieur Matériaux et Procédés Domérat – Bâtiment principal DT   STMP   PIMP Tél. +33 (0)4 70 08 56 91 <a href="mailto:Romain.Ottenio@safrangroup.com">Romain.Ottenio@safrangroup.com</a>	2. Sophie COSTIL Département Procédés Métallurgiques, Durabilité, Matériaux Professeur des Universités – section CNU 28 UTBM Sévenans -Pavillon S – S303 Tél. +33 (0)3 84 58 32 35 <a href="mailto:Sophie.Costil@utbm.fr">Sophie.Costil@utbm.fr</a>
	3. Vincent VIGNAL Département Procédés Métallurgiques, Durabilité, Matériaux Directeur de Recherche CNRS UBE Dijon – Bâtiment IRCAMAT – E107 Tél. +33 (0)3 80 39 61 60 <a href="mailto:Vincent.Vignal@u-bourgogne.fr">Vincent.Vignal@u-bourgogne.fr</a>