

# **Étude de revêtements photoluminescents pour le diagnostic de l'histoire thermique de composants de moteurs d'hélicoptères**

## **Problématique industrielle**

Les zones chaudes des moteurs d'hélicoptère sont soumises en service à d'intenses sollicitations thermiques qui influencent la durée de vie de certains de leurs composants. De fait, la mesure des températures auxquels ces derniers sont exposés constitue une étape clé dans le développement de pièces de moteurs par les constructeurs. L'usage de peintures thermiques est dans ce domaine largement répandu, en particulier pour le dimensionnement des chambres de combustion. Ces revêtements subissent des changements de couleur définitifs en fonction de la température à laquelle ils ont été soumis, résultats de différentes transformations chimiques et cristallographiques. Ainsi, après un temps fixé de fonctionnement d'une turbine en conditions stationnaires, elles permettent après désassemblage de révéler les champs de température vus par les pièces revêtues. Cependant le faible nombre de virages (teintes différentes) et surtout leur caractère discret (7 à 10) limitent fortement la résolution à quelques dizaines voire centaines de degrés sur certaines plages de température. À cela s'ajoutent des contraintes liées à la détention de monopoles par un faible nombre de fabricants de peintures ainsi qu'à la toxicité de certains éléments entrant dans la composition des peintures (Cr, Pb, Ni, Co) qui font l'objet de directives Européennes restrictives. L'ensemble de ces contraintes pousse les constructeurs à rechercher et développer des solutions alternatives.

## **Contexte et objectifs du stage**

Le projet FUI FRIMATT (2014-2017), piloté par Safran Helicopter Engines, a permis le développement et l'étude de différents marqueurs photoluminescents qui, sous forme de revêtements, permettent de déterminer l'histoire thermique de pièces de turbines d'hélicoptère revêtues lors d'essais moteurs de courte durée. Ces marqueurs présentent des évolutions continues de leurs propriétés de fluorescence avec la température à laquelle ils ont été exposés, offrant ainsi une bien meilleure résolution thermique que les peintures thermosensibles classiques. L'un de ces marqueurs développés à l'Institut Clément Ader est particulièrement prometteur pour la mesure indirecte de la température dans la plage 950°C-1150°C grâce à l'évolution significative de son intensité d'émission de fluorescence après une exposition de courte durée dans cette plage de température. Cependant, afin de pouvoir réaliser des cartographies complètes sur les composants il est aujourd'hui nécessaire d'étendre la plage de température accessible par ces méthodes à des températures plus basses (typiquement 100°C – 900°C).

L'objectif de ce stage réalisé en collaboration avec Safran Helicopter Engines est d'une part d'étudier la sensibilité à l'histoire thermique à des températures plus basses (typiquement 500°C – 900°C) de certains des pigments fluorescents développés, et d'autre part de mener un travail bibliographique d'investigation afin d'identifier de nouveaux marqueurs fluorescents ou de nouveaux mécanismes physico-chimiques permettant de marquer l'histoire thermique à température modérée (cible : 100°C – 900°C).

Ces travaux constituent un travail préliminaire à une thèse CIFRE avec l'entreprise Safran Helicopter Engines prévue pour démarrer à la rentrée 2020 (à pourvoir).

## **Déroulement du stage**

La démarche du stage consiste principalement en deux approches du problème: une approche expérimentale sur des marqueurs fluorescents disponibles au laboratoire, et une étude bibliographique sur de nouveaux marqueurs.

### **1°) Études des marqueurs existants :**

- Caractérisations préliminaires des luminophores disponibles sous forme de poudre (microscopie électronique à balayage, diffraction des rayons X, caractérisations des propriétés de fluorescence)
- Étude de l'évolution des propriétés microstructurales et de fluorescence des poudres après des traitements thermiques courts dans la plage 500°C – 900°C afin d'investiguer leur limite inférieure de sensibilité à l'histoire thermique.
- Dépôts de revêtements par voie sol-gel,
- Traitements thermiques des revêtements à différentes températures dans la plage de sensibilité à l'histoire thermique, et caractérisation de l'évolution des propriétés de fluorescence avec la température de traitement thermique,

### **2°) Étude bibliographique**

- Étude de la littérature visant à déterminer de nouveaux marqueurs fluorescents ou de nouveaux mécanismes physico-chimiques permettant de marquer l'histoire thermique à température modérée (cible : 100°C – 900°C)
- Tests de faisabilité (synthèse et/ou tests de sensibilité à l'histoire thermique) sur les éventuels marqueurs candidats pouvant être mis en œuvre facilement dans le temps imparti pour le stage.

**Profil recherché :** Ce stage s'adresse à des étudiants de niveau Master II recherche ou équivalent dans le domaine de la Science des Matériaux. Une expérience et des connaissances dans la caractérisation physico-chimique des matériaux sont nécessaires. Une expérience et des connaissances en Physique (interaction rayonnement-matière) seraient un plus.

A noter que ces travaux se poursuivront lors d'une thèse CIFRE avec l'entreprise Safran Helicopter Engines, à pourvoir pour la rentrée 2020,

**Laboratoire :** Institut Clément Ader – IMT Mines Albi-Carmaux (lieu du stage)  
Campus Jarlard, 81013 Albi  
Possibilité de se loger sur place à la résidence de l'École des Mines

**Partenaire industriel :** Safran Helicopter Engines

**Encadrement :** Yannick Le Maoult (05 63 49 30 87) lemaoult@mines-albi.fr  
Thierry Sentenac (05 63 49 30 61) sentenac@mines-albi.fr  
Philippe Lours (05 63 49 30 78) philippe.lours@mines-albi.fr  
Étienne Copin (05 63 49 32 82) etienne.copin@mines-albi.fr

**Période :** Février/Mars 2019 – Juillet/fin Août 2019 (6 mois)

**Rémunération :** 546 € brut mensuel