

Sciences et génie des matériaux



Les sociétés se sont toujours définies par les matériaux qu'elles maîtrisent et les techniques qu'elles utilisent pour leur donner une fonction. Ce qui était vrai à l'âge du Fer l'est tout autant aujourd'hui à l'âge du Silicium (nouvelles technologies de l'information et de la communication).

La maîtrise des matériaux, de leur élaboration, de leur mise en forme, de leurs propriétés est aujourd'hui, plus que jamais, au cœur du développement de nos sociétés : les nouveaux matériaux pour l'automobile qui permettent d'accroître la sécurité tout en allégeant le véhicule, la miniaturisation des microprocesseurs, les fils textiles "anti-boulochage", les mâts des voiliers de la "Route du Rhum", les implants cardiaques...

L'élaboration et la mise en forme des matériaux représentent un secteur économique extrêmement important : de très grandes entreprises multinationales, mais également des PME extrêmement dynamiques. Les propriétés d'emploi des matériaux sont un enjeu décisif dans tout le secteur aval (automobile - aéronautique - électroménager - biens de consommation - électronique).

Au sein de l'option, les sujets traités concernent tous les types de matériaux, métaux et alliages métalliques, polymères, matières agroalimentaires, verres, céramiques, composites...

Les thèmes traités recouvrent la mise en œuvre, la micro-structure, les propriétés et les performances des matériaux. Certains sujets sont plus centrés sur l'analyse physico-chimique des matériaux, d'autres sur la simulation numérique de leur mise en œuvre et de leurs propriétés.

**Anne-Françoise GOURGUES, Jean-François AGASSANT,
Michel BELLET**

Sciences et génie des matériaux

Mercredi 2 juillet - Amphi (V107)

10h-11h

Etude des procédés de peinture à l'or sur des verreries syriennes des XIII et XIV^{ème} siècles



Eléonore
GUEIT

Les verriers syriens et égyptiens de la période Mamelouk (XIII et XIV^{ème} siècle) sont réputés pour leur grande maîtrise de la technique du verre dit « émaillé et doré ». Un très grand nombre d'objets en verre (coupes, lampes de mosquée, vases ...) ou de fragments nous sont parvenus, ornés de décors figuratifs ou géométriques appliqués sur le verre sous forme d'émail coloré et de peinture à l'or. Cette technique décorative pourtant bien connue des historiens d'art n'a jamais fait l'objet d'une étude technico-scientifique approfondie – en tout cas en ce qui concerne les techniques de dorure.

L'objectif de ce stage est d'obtenir un premier aperçu des procédés et matériaux utilisés par les verriers syriens à travers l'analyse d'un corpus de tessons mamelouks mis à disposition par le Département des Arts de l'Islam du Musée du Louvre. Concrètement il s'agit d'essayer de remonter, par des techniques d'investigation non-destructives, au mode opératoire

de l'artisan : quel est le type de verre utilisé et comment est-il préparé ? Quelle est la composition de l'émail des décorations ? Sous quelle forme l'or est-il déposé ? Combien y a-t-il de cuissons, et à quelles températures ? Quel est l'ordre des différentes étapes de fabrication ?

Les réponses à toutes ces questions présentent deux intérêts : d'un point de vue physico-chimique, elles ouvrent de nouvelles pistes de réflexion sur la mise en forme des objets et les phénomènes d'adhésion or/verre, encore mal connus. D'un point de vue archéologique et historique, elles fournissent des informations précieuses sur l'artisanat mamelouk en particulier et sur la diffusion des techniques et des savoir-faire dans l'art islamique en général.

*CENTRE DE RECHERCHE ET DE RESTAURATION
DES MUSÉES DE FRANCE (PARIS) ET CEMEF
(SOPHIA-ANTIPOLIS)*

11h-12h

Synthèse de Matériaux Composites à Matrice Métallique par projection laser : alliage de titane (TA6V) renforcé par des particules céramiques (TiB et/ou TiC)



Florent
BOURNEAUD

Aujourd'hui, la recherche d'un accroissement des performances des matériaux tout en combinant un allègement des structures est plus que jamais au cœur des enjeux du secteur aéronautique et spatial. Les matériaux composites à matrice métallique renforcée de particules céramiques sont déjà employés dans ce sens. On s'intéresse ici à des matrices en alliage de titane (et tout particulièrement au TA6V) dans le but d'étendre leur utilisation à des zones plus fortement sollicitées ou à des parties plus chaudes de pièces de structures.

De plus, les procédés métallurgiques actuels (comme

la fonderie et la métallurgie des poudres) utilisés pour leur mise en forme restent encore extrêmement coûteux, et particulièrement pour des pièces prototypes ou de petites séries et de forme complexe. C'est pourquoi la fabrication directe incrémentale par projection laser, qui consiste à faire fondre partiellement ou totalement une poudre au moyen d'un faisceau laser, devrait, à terme, permettre la création de pièces « bonne matière » près des cotes.

Dans le cadre du projet PROFIL (PROjection et Frittage Laser) impliquant les principaux acteurs européens de l'aéronautique et du spatial (EADS, Dassault

Aviation, SNECMA, Eurocopter, MBDA, ...), l'objectif est d'élaborer par projection laser des matériaux composites à matrice proche du TA6V renforcée par des carbures de titane (TiC) ou des borures de titane (TiB). Ces matériaux doivent être métallurgiquement sains et engendrer une perte de ductilité faible pour un gain de résistance le plus grand possible. La fabrication de murs (construction 2D) voire de cubes (construction 3D) à partir d'une poudre préalliée (typiquement Ti-6Al-4V-1B), puis d'une poudre pré-mélangée (TA6V+TiC ou TA6V+TiB₂) est envisagée à partir d'un moyen de projection « maison » du GIP GERAILP (Arcueil). Les analyses métallographiques (microscopie, porosité, diffraction des rayons X, micro-sonde de Castaing, analyse thermique différentielle) et

mécaniques (dilatométrie, micro/macrodureté), réalisées chez EADS IW et au Centre des Matériaux, permettront de juger de la qualité du matériau composite formé (homogénéité volumique du renfort, absence de défauts internes : fissures, inclusions, porosités, contamination..., densité, etc) et orienteront le choix de la meilleure paramétrie de projection laser pour le système considéré. Parallèlement, une analyse morphologique, structurale puis thermique de la poudre préalliée et celle pré-mélangée sera entreprise afin de mieux appréhender leur comportement sous le faisceau laser.

**EADS INNOVATION WORKS (SURESNES)
ET CENTRE DES MATÉRIAUX (EVRY)**

12h-13h

Modélisation de la corrosion sous contrainte en milieu primaire des réacteurs à eau sous pression de 900 MWe

Des examens non destructifs menés dans le cadre des programmes de maintenance des centrales nucléaires ont révélé la présence de fissures de corrosion sous contrainte sur des cloisons de générateurs de vapeur des réacteurs nucléaires à eau sous pression (REPs) de 900 MWe. Ces composants situés dans le circuit primaire sont en contact direct avec l'eau chaude sous pression provenant du cœur, lieu des réactions nucléaires.

Ces fissures posent donc des problèmes majeurs en termes de maintenance et de gestion des tranches, et la compréhension des phénomènes régissant leur amorçage et leur propagation est un enjeu important pour la définition d'actions de maintenance adaptées (suivi en l'état, réparation). En outre, d'autres composants réalisés avec le même matériau pourraient à terme être sensibles au même phénomène de fissuration, susceptible d'impacter la durée de vie de ces composants,

notamment dans le cadre possible d'une augmentation de la durée de vie des tranches à 60 ans.

Pendant le stage, dont l'objectif final était de calculer le temps de fissuration de ces plaques, le modèle d'amorçage de fissure d'EDF à la base de sa stratégie de maintenance, a été remis en cause. L'attention s'est donc portée d'une part sur l'élaboration de modèles prévisionnels statistiques à partir de données issues de contrôles non-destructifs, et d'autre part sur la construction d'un modèle d'amorçage qui tienne compte de la dispersion et des phénomènes physiques. Si elles sont validées, ces approches permettront d'adapter la politique de maintenance, avec de forts enjeux sécuritaires et économiques.



**Udayan
PARAMBAN**

**EDF (SAINT-DENIS)
ET CENTRE DES MATÉRIAUX (EVRY)**

14h-15h

Etude de la fissuration en fatigue des alliages Al-Li de 3^{ème} génération



**Christelle
GOMES**

L'allégement des structures est une problématique fondamentale pour les applications aéronautiques, renforcée aujourd'hui par l'augmentation du prix des carburants. Face à la montée des matériaux composites, les alliages d'aluminium doivent être continuellement améliorés pour permettre l'optimisation de la conception des structures aéronautiques.

L'addition de lithium dans les alliages d'aluminium offre des perspectives intéressantes, étant donné que cela conduit à la fois à réduire la densité et à améliorer un certain nombre de propriétés mécaniques. Cependant, la résistance à la propagation des fissures de fatigue n'est pas améliorée dans les mêmes proportions que le compromis ténacité – résistance mécanique, ce qui fait de cette propriété un facteur limitant. Récemment, il a été montré que l'utilisation de certains alliages combinés à un traitement thermique de revenu approprié conduit à une amélioration significative du comportement en propagation. Cette amélioration se traduit par l'apparition d'un mode de fissuration hautement cristal-

lographique dit de « pseudo-stade I ».

Après la réalisation d'une étude bibliographique concernant l'aspect microstructure granulaire et ses effets sur le comportement en fatigue, l'objectif du stage est d'identifier les paramètres de gamme qui influencent la résistance à la propagation. Un certain nombre d'essais sont conduits pour clarifier le rôle de la microstructure sur le glissement des dislocations, notamment des essais de fatigue oligocyclique. Les échantillons obtenus sont observés au microscope optique et en transmission. Des observations fractographiques complètent ces données.

Cette étude s'inscrit dans le cadre plus général du programme ALICANDTE visant à la compréhension des mécanismes qui gouvernent la tolérance au dommage des alliages Aluminium-Lithium.

**ALCAN CRV (VOREPPE)
ET CENTRE DES MATÉRIAUX (EVRY)**

15h-16h

Construction d'une loi de comportement mécanique pour les Pebax



**Noemi
OCHOA**

Les élastomères font désormais partie intégrante de notre quotidien, leurs propriétés spécifiques associées à des coûts et une densité faibles, les destinent à une utilisation de plus en plus large, dans des applications variées. Dans ce domaine la famille des Pebax®, élastomères thermoplastiques (Polyéther bloc amide), présente un intérêt particulier car ils permettent de balayer une large gamme de comportements possibles en "réglant" la formulation chimique.

Ce matériau est produit et commercialisé par la société ARKEMA. Chaque nouveau grade de la gamme PEBAX doit être caractérisé et optimisé. L'objectif du stage entre dans ce cadre : l'ambition de l'étude est de proposer un formalisme de modèle de comportement mécanique et les moyens de caractérisation associés pour juger de l'aptitude du nouveau matériau. Le matériau envisagé, le Pebax® OP 70B, est comparé à

un grade plus classique, le Pebax® 2533.

Cette analyse s'appuie sur une modélisation numérique de l'application visée, la caractérisation doit prendre en compte les besoins spécifiques de cette dernière, dans notre cas une application dans le domaine sportif : la fabrication d'une balle de golf. De ce fait on s'intéresse surtout à des essais de compression.

Le nombre de tests est optimisé et une méthode simple d'analyse est recherchée. A cette fin, des essais de traction, relaxation, compression se sont avérés utiles. La validation numérique de la loi se fait sur la base d'essais de poinçonnement.

**ARKÉMA (SERQUIGNY) -
CEMEF (SOPHIA-ANTIPOLIS)
ET CENTRE DES MATÉRIAUX (EVRY)**