

# 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 "antibulochage", 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 microstructure, 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, Michel BELLET**

# Sciences et génie des matériaux

Lundi 27 juin 2011 - Amphi L213

13h-14h

## Étude de la durée de vie d'un système photovoltaïque à concentration



**Robin  
MANDEL**

Le photovoltaïque à concentration utilise des cellules triple jonction à haut rendement sur lesquelles la lumière est concentrée ce qui conduit à la production d'une électricité solaire à moindre coût. Les modules conçus par Heliotrop sont des modules dits à haute concentration – 1024 soleils – qui utilisent des lentilles de Fresnel au foyer desquelles se trouvent les cellules.

Pour assurer la rentabilité de ses produits, Heliotrop vise une durée de vie supérieure à 30 ans ce qui implique une connaissance des phénomènes de vieillissement de l'ensemble des composants parmi lesquels on trouve des métaux (Al, Cu...) ainsi que des silicones. De plus, les caissons sont exposés aux conditions difficiles de l'extérieur. Les phénomènes de vieillissement par exposition aux UV et à l'humidité ne peuvent donc pas

être négligés. Le but premier de ce stage sera donc de repérer l'ensemble des points faibles, de proposer des alternatives à la conception initiale, puis de définir les tests à mettre en place afin d'assurer la fiabilité et l'endurance des modules.

La seconde mission de ce stage concerne la condensation. En effet, de tels caissons peuvent aussi être sujets à l'apparition de condensation, un phénomène très préjudiciable pour le module car le film d'eau altère considérablement les propriétés optiques des lentilles rendant ainsi impossible la concentration de la lumière sur les cellules et donc la production d'électricité. Ils peuvent aussi être sujets à ce phénomène très préjudiciable.

**HELIOTROP (PARIS)  
ET CENTRE DES MATÉRIAUX (EVRY)**

14h-15h

## Développement d'un modèle numérique prenant en compte le couplage entre écoulement et structures déformables soumises à des contraintes thermo-mécaniques



**Cécile  
GOUGET**

La simulation numérique de couplage entre fluide(s) et solide(s) a connu un véritable essor ces dernières années. En effet, ces phénomènes dits d'interaction fluide structure interviennent dans de très nombreux domaines (génie naval, aéronautique, biomécanique...) et représentent des enjeux industriels majeurs. Le but du stage est d'apporter cette nouvelle dimension au logiciel de

mécanique des fluides CPS de la société Bertin Technologies. Ce modèle numérique devra permettre de simuler le couplage fort entre un fluide et des structures déformables soumises à des contraintes thermo-mécaniques.

Après une étude bibliographique des méthodes de couplage numérique existantes, il a été décidé d'utiliser une approche partitionnée, qui consiste à utiliser un code spécialisé pour le fluide et un autre pour le solide et à les coupler par échange d'informations à l'interface (déplacement, forces). La démarche retenue est ainsi d'une part d'utiliser le logiciel CPS pour la partie dynamique des fluides, et d'autre part de développer au sein de CPS un modèle de structures déformables pour la

partie dynamique des structures. Ce choix permettra d'éviter de multiplier les logiciels nécessaires au fonctionnement de l'outil, permettant entre autres un gain d'efficacité d'utilisation. De plus, une base solide existe déjà dans CPS (déformation du maillage, solveur) et une simple adaptation sera donc nécessaire (ajout de loi de comportement notamment). Pour des comportements plus complexes, les potentialités du code ASTER seront étudiées.

Concrètement, un dossier de modélisation (hypothèses, équations...) sera d'abord réalisé, ensuite les comportements élastique et thermique seront implémentés dans CPS, puis l'échange d'informations entre les codes fluide et solide sera mis en place, et enfin l'outil sera testé sur des cas académiques. Un cas à visée industrielle sera alors réalisé.

A côté de ce volet technique, une étude technico-économique est prévue afin de mieux cerner les enjeux industriels et les possibles débouchés pour Bertin Technologies, particulièrement dans le domaine de la biomécanique.

**BERTIN TECHNOLOGIES (MONTIGNY)  
ET CENTRE DES MATÉRIAUX (EVRY)**

**15h-16h**

## Mécanismes physico-chimiques d'amorçage par CSC de fissures dans l'alliage 718



**Fabien**

**BERNACHY-BARBE**

L'alliage 718 est un superalliage base nickel utilisé dans de nombreux domaines où les conditions de fonctionnement sont particulièrement exigeantes, tels que l'industrie aéronautique, la pétrochimie, ou le nucléaire. Il est en particulier utilisé pour ses excellentes propriétés en résistance au fluage et à la corrosion dans des composants d'assemblages combustibles des Réacteurs électronucléaires à Eau sous Pression (REP). Cependant, l'alliage 718 peut se révéler sensible à la Corrosion Sous Contrainte (CSC) dans l'environnement spécifique où est plongé le combustible : eau «primaire» et forte irradiation. La corrosion sous contrainte se manifeste ici par une fissuration intergranulaire due à l'action synergique d'un chargement mécanique en traction et du milieu REP. Bien connue et modélisée pour des matériaux tels que l'alliage 600, la CSC de l'alliage 718 est encore peu connue et sa modélisation en est au stade qualitatif.

Afin d'améliorer la compréhension des mécanismes de CSC, on

souhaite mener une étude expérimentale afin de comprendre l'influence de paramètres tels que la quantité et la vitesse de déformation, par exemple via l'apparition du phénomène Portevin - Le Châtelier. En accord avec cela, des études précédentes ont montré l'importance – vis-à-vis de la sensibilité à la CSC – des éléments interstitiels présents dans le matériau comme l'oxygène, l'azote, ou le carbone; certaines techniques expérimentales pourront être utilisées pour évaluer la présence de ces éléments. Enfin, des essais originaux permettront de déterminer si le lieu de l'oxydation et de l'amorçage de fissures est aléatoire, ou conditionné par les caractéristiques locales du joint de grain, telles que sa mécanique ou sa composition.

Tous ces essais permettront de contribuer à l'amélioration d'un modèle d'amorçage qui en est à ses balbutiements. On travaillera à la définition d'essais de validation des principes de base de ce modèle dans la perspective future d'expérimentations sur des échantillons irradiés.

**AREVA NP (LYON), CIRIMAT (TOULOUSE)  
ET CENTRE DES MATÉRIAUX (EVRY)**

**16h-17h**

## Modélisation de l'évolution de la microstructure d'un superalliage à base de nickel



**Adèle  
LYPRENDI**

Les superalliages à base de nickel sont tout à fait adaptés aux conditions extrêmes imposées par les cycles de vie des turboréacteurs. Utilisés notamment pour la réalisation des aubes, leur extraordinaire résistance thermomécanique s'explique par une microstructure particulière constituée d'un ensemble de précipités ordonnés entourés par une matrice désordonnée. L'intérêt principal

de cette microstructure est de limiter la propagation des défauts cristallins à l'origine de la plasticité. Lors de leur utilisation, les superalliages sont soumis à de fortes contraintes qui entraînent une modification de la microstructure : les précipités à l'origine cuboïdaux tendent à s'allonger et à s'aligner selon un axe privilégié. On parle alors de mise en radeaux. Cette évolution microstructurale conduit à une dégradation des propriétés mécaniques.

C'est dans une logique d'étude de cette évolution que s'inscrit mon stage. Le laboratoire du LEM travaille avec un modèle dit de champs de phase qui permet de modéliser la formation et l'évolution des différentes phases lors d'essais thermomécaniques. Un outil numérique déjà très complet existe. Les résultats actuels reflètent bien les observations expérimentales, néanmoins certains points doivent être approfondis. L'objet de mon travail est d'enrichir ponctuellement la modélisation sur le traitement des interfaces de type « $\sigma/\sigma$ » -i.e. entre la matrice et les précipités - et de type «paroi d'antiphase» -i.e. interface entre deux précipités d'une même phase mais dont la structure est décalée-, en introduisant dans le modèle de nouveaux degrés de liberté pour le contrôle des énergies d'interface. Des renseignements sur le comportement des interfaces dans les superalliages seront collectés en utilisant la microscopie électronique.

**ONERA (CHÂTILLON) ET CENTRE DES MATÉRIAUX (EVRY)**