

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 "antiboulochage", 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 1^{er} Juillet 2009 - Amphi (V106)

9h-10h

Simulation du procédé de formage à froid des intrados de voilure de l'avion d'affaires Falcon 7X



**Martin
LABAYE**

Dans une optique d'évolution et de gestion des cycles de développement et de production, Dassault Aviation cherche constamment à améliorer ses procédés. Cette étude se situe dans le cadre de l'aviation civile et concerne un procédé de mise en forme d'une partie de la voilure de l'avion d'affaires Falcon 7X. Les panneaux de voilure intrados, en alliage d'aluminium, sont formés à froid selon

un processus qui comprend plusieurs étapes: galbe et vrille de l'emplanture, galbe général (opération itérative) et cassure au niveau de la nervure 9. La simulation entreprise porte sur le galbe et le vrillage de l'emplanture et vise à connaître la forme du panneau au sortir de la presse.

Il s'agit donc ici d'une étude de faisabilité afin de voir si une rhéologie simple est suffisante pour simuler convenablement la première étape du formage (galbe de l'emplanture) de l'intrados

central du F7X. Les maillages du panneau et de l'outillage sont réalisés avec le logiciel Catia et les calculs par éléments finis avec Abaqus. Ce type de calcul soulève des problèmes de non linéarité en termes de géométrie, de comportement et de contact. Le comportement est modélisé suivant un modèle élastoplastique. Les simplifications concernent les différences qui existent dans la tôle de départ entre le sens de laminage du matériau et le sens perpendiculaire ainsi que la différence entre la traction et la compression (anisotropie de l'écroissage). Mise au point sur les panneaux d'un avion existant et utilisée pour le développement des futurs avions d'affaires qui suivront le F7X, la simulation participera à la réduction du temps nécessaire au formage et à la mise au point du procédé pour de nouveaux intrados.

**DASSAULT AVIATION (ARGENTEUIL)
ET CEMEF (SOPHIA-ANTIPOLIS)**

10h-11h

Analyse des forces de frottement en coulée continue d'aciers et relation avec la qualité de surface des produits



**Rong Hao
WANG**

Dans le procédé de coulée continue des aciers, la lubrification du contact entre la lingotière en cuivre et la peau solidifiée joue un rôle important dans la qualité de surface des produits coulés. En effet, l'aspect de surface résulte principalement de l'étape initiale de solidification au cours de laquelle il existe une forte interaction entre le lubrifiant et la peau solidifiée. Ce lubrifiant est constitué

d'une poudre d'oxydes, de composition variable, fondue à la surface du bain. Il s'infiltré entre la lingotière et la peau du produit grâce au mouvement d'oscillation périodique de la lingotière. La viscosité de la poudre fondue, son épaisseur variable, sa solidification contre la lingotière, ainsi que le différentiel de vitesse entre produit coulé et lingotière, rendent ce phénomène

extrêmement complexe. Une des mesures accessibles est celle des efforts de frottement, qui résulte de tous ces phénomènes. En amont de ce stage, les ingénieurs d'ArcelorMittal ont eu l'idée d'utiliser cette mesure en tant qu'indicateur de la qualité de surface des produits coulés. Pour cela, une machine à brames (Brême, Allemagne) a été équipée d'un dispositif de mesure de position et de pression dans les chambres des vérins du système d'oscillation de la lingotière. L'objectif du stage est d'améliorer le traitement online de ces mesures pour le calcul de la force de frottement, et ensuite de statuer sur l'existence d'une relation entre force de frottement et qualité de surface des produits coulés en continu, et de formuler des recommandations sur le choix des paramètres caractéristiques du procédé.

**ARCELORMITTAL R&D (MAIZIÈRES-LÈS-METZ)
CEMEF (SOPHIA ANTIPOLIS)**

11h-12h

Simulation d'un procédé de contrôle de tubes en acier noir par Courants de Foucault en Champs Lointains



**Charles
MARAGNA**

Ce projet s'inscrit dans le cadre de la mise en place d'un procédé de contrôle non destructif des tubes en acier noir de Réchauffeur Haute Pression (RHP), un échangeur thermique du circuit secondaire des Centres Nucléaires de Production d'Electricité (CNPE). Ce procédé de contrôle par Courants de Foucault, a pour but de détecter la perte d'épaisseur interne de ces tubes, conséquence d'un

phénomène de corrosion érosion. Ce phénomène pouvant causer la rupture des tubes, la détection des tubes endommagés et le suivi de cet endommagement au cours du temps sont des enjeux importants pour la disponibilité du parc nucléaire.

Le procédé de contrôle utilisé fait appel aux Courants de Foucault en Champs Lointains (CFCL). Il s'agit d'une variante du contrôle par Courants de Foucault permettant la détection de pertes d'épaisseur de tubes et qui est particulièrement bien adaptée aux tubes ferromagnétiques en acier noir.

Le but du stage est la modélisation du procédé de contrôle par CFCL à l'aide du logiciel CIVA, un logiciel de simulation de Contrôles Non Destructifs.

Le contrôle par CFCL étant un procédé de contrôle novateur dans les applications nucléaires d'EDF, la première phase du projet consiste en la validation du logiciel CIVA pour la simulation des CFCL. Les résultats des simulations à l'aide du logiciel CIVA sont comparés à ceux de CARMEL, un code de calcul Eléments Finis.

Si les résultats des simulations à l'aide de CIVA et CARMEL sont en bonne adéquation, permettant ainsi une validation du code de calcul utilisé par CIVA, la seconde phase du projet consistera en la simulation à l'aide de CIVA de configurations expérimentales. En effet, des données expérimentales ont été acquises sur des maquettes comportant des défauts usinés, modélisables à l'aide de CIVA.

Le troisième stade du projet sera une campagne d'essai dont le but est d'évaluer l'influence de certains paramètres sur les résultats de la simulation à l'aide de CIVA ; ces paramètres pourront être les caractéristiques du tube, les caractéristiques de la sonde ou la morphologie des défauts.

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

12h-13h

Etude du soudage par faisceau d'électrons de plaques en inconel 718



**Marine
TORALBA**

Certains carters des turbopompes des systèmes propulsifs du lanceur Ariane 5 sont en Inconel 718 et assemblés par soudage faisceau d'électrons. La connaissance de la métallurgie du cordon et de la zone affectée thermiquement est nécessaire pour bien appréhender les mécanismes qui peuvent influencer les propriétés mécaniques de l'assemblage. La forme et la géométrie

du cordon jouent ainsi un rôle important dans le recalage des modèles numériques thermiques et mécaniques.

Le but du projet est de comprendre sur une géométrie simple (éprouvettes de type plaques) les phénomènes mis en jeu et

leurs conséquences en termes de métallurgie, de déformations et de contraintes résiduelles induites par le procédé. Les éprouvettes sont instrumentées pour fournir des données expérimentales permettant d'explorer ces aspects et d'alimenter en données le modèle numérique associé. Ces données sont issues de l'observation d'échantillons (microscopie optique et électronique à balayage) et de mesures plus spécifiques (estimation des contraintes résiduelles par la méthode du trou et la DRX, des dimensions par profilométrie, ...)

**SNECMA - DIVISION MOTEURS SPATIAUX (VERNON)
ET CENTRE DES MATÉRIAUX (EVRY)**

14h-15h

Application des ultrasons en cardiologie



**Hélène
VIATGE**

Les techniques d'imagerie médicale, en constante évolution, permettent aux médecins et aux chercheurs de détecter la maladie, de mieux la comprendre et de la diagnostiquer au plus tôt. Parmi les techniques d'imagerie non intrusives et non invasives, l'échocardiographie est devenue un outil indispensable aux cardiologues de par la qualité de l'image

obtenue, la rapidité de son acquisition et la facilité de post traitement des données récoltées. Ce domaine progresse actuellement à une vitesse fulgurante et il est parfois difficile pour les médecins de prendre le temps de suivre les développements de nouvelles modalités d'échographie de plus en plus pointues. L'objectif de ce stage est de permettre aux médecins d'utiliser de manière efficace et performante dans leur pratique clinique quotidienne les échocardiographes de la gamme Vivid produits par General Electric Healthcare. Parallèlement

le développement d'outils de quantification avancés tels que le calcul automatique de la fraction d'éjection du cœur ou de la déformation du ventricule gauche, doit être associé à un enseignement de ces outils révolutionnaires afin d'ouvrir de nouvelles perspectives au diagnostic médical. Je participe ainsi à la communication et à la réalisation de l'école de formation Septimus et à la rédaction d'argumentaires détaillés sur ces outils indispensables à la recherche clinique. Le développement

d'une imagerie en 3D de qualité inégalée bouleverse également les habitudes des médecins et appelle à une nouvelle utilisation de l'imagerie médicale. Il appartient ainsi aux fournisseurs de ces outils d'accompagner les médecins dans cette nouvelle révolution.

**GENERAL ELECTRIC (VÉLIZY), CEMEF (SOPHIA ANTIPOLIS)
ET GÉOOSCIENCES, BIOINFORMATIQUE (FONTAINEBLEAU)**

15h-16h

Etude des instabilités à la rupture dans les alliages d'aluminium à durcissement structural



**Philippe
DUCLOZ**

Lors de tests de caractérisation de certains alliages, par exemple les alliages de la série 7000 ou les alliages Aluminium-Cuivre-Lithium à haute résistance, on note parfois la présence d'instabilités dans la courbe-R, plus communément appelées « pop-in ». Ces instabilités peuvent soit mener à une rupture prématurée de l'éprouvette de test, soit simplement conduire à une instabilité

localisée qui se réduit à un petit saut de fissure. Dans tous les cas, la présence d'instabilités réduit la tolérance au dommage du produit fini et diminue donc d'autant ses performances.

L'origine, les caractéristiques et la reproductibilité de ces instabilités ont été étudiées via d'une part des données préexistantes, et d'autre part via des tests effectués sous différentes conditions

(notamment vitesses, température et raideur de la machine de test). Une corrélation entre les caractéristiques du revenu et la présence d'instabilités a aussi été mise au jour.

Au préalable, une étude bibliographique complète sur les « pop-in » a été réalisée en janvier pour tenter de comprendre les phénomènes mécaniques et métallurgiques en cause (notamment l'effet Portevin Le Chatelier). De plus, en amont des tests de courbe-R, une campagne de caractérisation des machines de traction du CRV a été réalisée afin de déterminer l'influence de la machine sur le résultat final.

Ce stage s'inscrit dans le cadre du programme ALICANDTE qui vise à la compréhension des mécanismes gouvernant la tolérance au dommage des alliages Aluminium-Cuivre-Lithium.

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

16h-17h

Simulation de l'écoulement de pâte de verre sur un plan rétro-incliné en 3 Dimensions



**Hong-Chau
NGUYEN**

Dans l'industrie du verre, le procédé d'étirement joue un rôle important dans la chaîne de fabrication, qui détermine les caractéristiques des produits finals comme la minceur, la planéité. Avec la méthode d'étirement auto-directe par gravité, les produits dépendent essentiellement de la capacité de maîtriser de façon stable et précise la géométrie dynamique de l'écoulement avant l'éti-

rage. Pour cela, il est nécessaire de comprendre le plus précisément possible le mécanisme de coulée ainsi que les éléments intervenants au cours de celle-ci et qui vont influencer la géométrie, parmi lesquels : les lois de comportement, la tension

superficielle, la variation de la viscosité avec la température.

Le but de ce stage est d'étudier la faisabilité du logiciel REM3D pour simuler ce procédé en 3D. Les maillages et les simulations sont réalisés directement avec le code source du logiciel, développé au CEMEF. Les difficultés rencontrées lors de la simulation de ce type de procédé sont le faible rapport d'épaisseur/largeur et le fait que l'angle d'inclinaison soit négatif. Les résultats de la simulation sont comparés avec les données expérimentales d'une maquette réduite du procédé.

**CETC - CORNING EUROPEAN TECH CENTER (AVON) ET
CEMEF (SOPHIA ANTIPOLIS)**

17h-18h

Procédé d'électro-décontamination des bétons. Applications au démantèlement d'installations nucléaires



**Seifallah
BEN HADJ
HASSINE**

Le démantèlement et l'assainissement des installations nucléaires est un enjeu majeur des années à venir. Les matériaux cimentaires utilisés dans les structures ou les infrastructures des installations représentent en volume 80% des matériaux qui sont ou seront à traiter. Contrairement à d'autre type de matériaux tels que les métaux, ils présentent une porosité ouverte, connectée qui

conduit souvent à des profondeurs de contamination profonde (de l'ordre du cm). Des techniques mécaniques, basiques peuvent être mise en œuvre pour réaliser ces opérations de décontamination et d'assainissement mais elles sont génératrices de volumes importants de déchets, de pénibilités pour les opérateurs, et d'une efficacité limitée.

Une méthode électrocinétique permettant de faire migrer vers la surface les espèces contaminantes au sein de la porosité du matériau pour ensuite les récupérer pourrait être une alternative technique innovante très intéressante à mettre en œuvre. Une première approche sur la démonstration, la faisabilité d'une telle technique a déjà été instruite au CEA. Néanmoins de nombreux points techniques et scientifiques restent à évaluer, comprendre

pour mettre au point, à un niveau opérationnel, sur chantier « réel » cette technique. L'objectif du stage est donc double. Il s'agit d'une part, de perfectionner le procédé de décontamination. Pour cela, la distribution de courant induite par la différence de potentiel entre l'armature et une électrode rapportée, noyée dans un électrolyte doivent être étudiées et modélisées. Une seconde étape consiste à vérifier la faisabilité de ce procédé sur des échantillons représentatifs. En effet, si son efficacité et son principe semblent avoir été validés sur des petits échantillons de mortier, la mise en œuvre du procédé sur chantier de démantèlement, ainsi que les performances de la technique sur des bétons représentatifs des installations nucléaires restent encore à déterminer.

Par ailleurs ce stage s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre Bouygues TP-AD (opérateur sur des chantiers de démantèlement) et le CEA de Marcoule.

**BOUYGUES PÔLE INGÉNIERIE MATÉRIAUX
(SAINT-QUENTIN-EN-YVELINES)
CEA LABORATOIRE DES PROCÉDÉS AVANCÉS DE
DÉCONTAMINATION (MARCOULE)
CENTRE DES MATÉRIAUX (EVRY)**