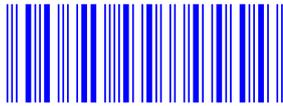


Mai - Juin 2010



NEWSLETTER 36



CENTRE DES MATERIAUX
P.M.FOURT

La Newsletter du CdM - Mines ParisTech



Newsletter

Le CdM Tribune

Editorial et News 1

Départ de D. BROUSSAUD et Sat. Herschel 2-3

Thèses 4 et 11

HDR THOREL 4

Chaire AREVA 5

Soutenances des 1ère année 6-10

Les 12 Heures 10-11

Image du mois 11

Conférence AFAST 12-13

Conférence AMAC 13

Formation encadrement de thèses 14

Conférence PTM2010 15

Conférence CCSC 16

Du bon usage ... 16

Arrivée 16

Séminaires 17

Stagiaires 17

Visiteur 17

Editorial

Presqu'aussi nombreuses que les pétales sous un cerisier sont les informations de ce numéro de printemps. Les fruits de la recherche se consomment aussi à cette saison comme en témoignent les 18 pages de cette gazette;

- exposés des doctorants de première année,

- nombreux retours de conférences,

- des visiteurs, des séminaires,

des stagiaires,

- la chaire AREVA,

- mais aussi le départ de D. BROUSSAUD qui retrace ici son parcours et nous invite à tourner notre regard vers des horizons toujours plus lointains, au travers de celui d'un télescope.



N'est-ce pas une seconde nature chez un chercheur que de chercher toujours plus loin? Et pourtant l'étonnant est parfois "sous notre nez", comme en témoigne la photo du mois.

La liste des publications sera disponible dans le prochain numéro.

Merci à tous les contributeurs, votre apport fait vivre cette Tribune.

Bonne lecture à tous
Françoise DI RIENZO

Faits marquants de mai - juin

• 07/05/2010 : Cérémonie amicale pour le départ à la retraite de D. BROUSSAUD

• 01/06/2010 : CLuB ZéBuLoN "Simulation du contact"

• 04/06/2010 : Les 12 Heures du CdM

• 11/06/2010 : séminaire "Apports de la réduction adaptative de modèles multidimensionnels à la modélisation simplifiée de systèmes mécaniques de grandes tailles à matériaux complexes" avec D. RYCKELYNCK, C. DUPUIS, F. VINCENT, S. CARTEL, F. DAIM

• 14-15, 21/06/2010 : exposés des doctorants 1ère année

• 17/06/2010 : tournoi de volley-ball

• 25/06/2010 : séminaire "Progrès et enjeux dans la compréhension des phénomènes de corrosion sous contrainte pour les métaux" avec A.-F. GOURGUES, M. LE CALVAR, E. POUILLIER, T. COUVANT

• 29/06/2010 : soutenance de thèse de G. ROLLAND "Elaboration et étude de l'endommagement de dépôts composites obtenus par projection dynamique par gaz froid (« cold spray »). Application aux contacts électriques"

Faits à venir

• 08/07/2010 : séminaire exceptionnel

- Constitutive Modeling for Simulation of Low-Cycle Fatigue Responses of Structures – Tasnin HASSAN (North

Carolina State University)

- Theoretical and Computational Statistical Mechanics describing Martensitic Phase Transformation – Eduard R. OBERAIGNER (University of Mining, Leoben)

• 08/07/2010 : soutenance de thèse de B. PIEZEL "Comportement et analyse multiéchelle d'un composite à renfort tissé tridimensionnel"

• 09/07/2010 : séminaire "Maîtrise des composites à matrices thermoplastiques hautes performances" avec J. RENARD, M. MARIN, Q. CHEN, D. BLOND, J. BASSERY

Départ de Daniel BROUSSAUD

La TRIBUNE (LT) : Daniel, l'heure du départ approche. C'est traditionnellement le moment des bilans, des retours sur le passé. Quel fut ton parcours?

Daniel BROUSSAUD (Daniel) : Je peux le qualifier d'atypique et cependant cohérent. Atypique parce qu'évoluant entre milieux industriel et académique, mais cohérent car toujours dans le domaine de la recherche.

Après ma thèse axée sur les céramiques (1973), j'ai entamé ma carrière dans le domaine de la recherche au Laboratoire de Marcoussis, à la CGE, devenue depuis Alcatel, et ceci pendant 7 ans et 9 mois. Comme je travaillais sur les céramiques, j'avais des contacts avec J.-P. Torre, responsable de l'équipe Céramiques au Centre des Matériaux. Lorsqu'il a quitté le Centre, il m'a proposé de le remplacer.

Ce que j'ai fait à partir du 1er janvier 1981, et pour une période, encore de 7 ans et 9 mois. En octobre 1988, je fus détaché par l'Ecole des Mines chez Rhône Poulenc pour piloter le Projet Céramique. Dès 1991, on m'a fait évoluer sur un poste de responsabilité de Département et fait suivre une formation de management à l'INSEAD à Fontainebleau. Cette formation m'a donné des outils dont je ne disposais pas auparavant et donné envie d'infléchir ma carrière.

Je suis resté chez Rhône Poulenc, jusqu'au 1er juillet 1997, c'est à dire pendant 7 ans et 9 mois!

J'ai ensuite rejoint une filiale de Saint Gobain en tant que Directeur Technique chargé de mettre de la recherche dans l'entreprise. J'ai donc mis en place des actions vers les labos extérieurs au travers de DEA de type thèses et une collaboration étroite avec le centre de recherche de Saint Gobain à

Aubervilliers. Mais trop bien peut-être, car au bout de 5 ans, l'activité a été jugée suffisamment intégrée et le poste sur Paris supprimé. Les offres internes, toutes en province, n'ont pas su retenir mon attention, et un accord à l'amiable avec Saint-Gobain m'a permis de bénéficier d'une période dite de « outplacement » qui a révélé mon profil actuel d'expert en relation Industrie-Recherche. Je suis donc devenu consultant et, dans ce cadre, j'ai continué à suivre les travaux de recherche que j'avais initiés chez Saint Gobain, tout en pouvant travailler pour d'autres sociétés. C'est ce que j'ai fait.

A la même période, le 6^{ème} programme européen était lancé, et ayant l'expérience des précédents programmes, J.-P. Trottier, alors directeur du Centre des Matériaux, et mon ancien directeur, m'a proposé de le rejoindre, et, après accord de P. Iris, il m'a confié la mission d'aider les chercheurs au montage des projets du Centre, en liaison avec Armines.

LT : Lors de ta seconde arrivée au Centre, tes missions n'ont pas réellement été explicitées aux personnels, et tu n'étais ici qu'à temps partiel. Cette situation n'a pas du être très confortable.

Daniel : Il est vrai que le fait de connaître une partie des anciens a dérouté les moins anciens. Par ailleurs, mes nouvelles fonctions n'étaient plus du tout scientifiques et je me suis d'ailleurs bien gardé de donner le moindre avis concernant la technique. Mais j'ai été bien aidé par les différentes personnes en charge et S. Bonneville qui ont su m'inclure très vite dans leurs procédures de travail, et le temps a fait son œuvre, me permettant d'apporter aussi les idées issues de mon expérience.



LT : Tes missions actuelles couvrent un champ bien plus vaste.

Daniel : En effet, la montée en charge de l'activité contractuelle liée à une augmentation des contraintes juridiques, administratives et financières ont marqué ces dernières années. Les projets ANR et de Pôle sont venus s'ajouter à une liste déjà conséquente.

L.T. : Justement, est-il prévu une suite à ton poste?

Daniel : Oui, un poste est ouvert. Il faudrait un profil double, c'est à dire un scientifique ayant un bon bagage en management, donc un senior.

L.T. : Avec le recul, quelle période de ta carrière as-tu préféré?

Daniel : Je crois que c'est cette dernière partie. J'ai été chercheur, puis responsable d'une équipe de recherche puis manager, puis directeur avec des fonctions plus stratégiques que managériales. Mais de plus en plus loin du terrain. Au centre des Matériaux, j'ai pu utiliser tous mes acquis, en restant proche du terrain. Je vois vite les conséquences de mon travail d'accompagnement. C'est gratifiant.

L.T. : Quelle image aimerais-tu finalement laisser? Celle d'un scientifique, celle d'un gestionnaire?

Daniel : J'ai aimé me sentir utile dans mes missions d'accompagnement des chercheurs et des fonctionnels. J'ai

Départ D. BROUSSAUD (fin)

parfois regretté que l'on ai pas fait appel plus tôt à mon expérience managériale, pour animer des réunions et des équipes, par exemple gérer des projets ... Je suis heureux d'ailleurs de voir proposer aux thésards des formations de ce type car elles sont vraiment un plus pour leur carrière, et je ne comprends pas pourquoi les responsables scientifiques y sont pour eux-même si souvent opposés.

Sur le plan scientifique j'aimerais que l'on se souvienne de moi comme le maillon initial du développement du SiC fritté en France. Celui-ci a abouti l'an dernier au lancement du télescope d'observation des étoiles dans l'espace, porteur d'un miroir dont le diamètre dépasse les deux mètres, constitué de

pétales en carbure de silicium, usinés très précisément, fabriqués par la société BOOSTEC. Je suis en effet l'inventeur du brevet concernant le frittage naturel du carbure de silicium, dont j'ai assuré le transfert industriel il y a plus de 40 ans. Et j'ai aussi la satisfaction d'avoir eu l'opportunité de créer, lors de mon premier passage ici, le Groupe Français de la Céramique, créé en 1985-1986.

L.T. : Et dont tu es toujours l'un des Présidents d'Honneur. Quels sont tes projets?

Daniel : Et bien tout d'abord, ce sont des projets familiaux et l'envie de profiter au mieux de notre vaste maison

de l'île d'Oléron. Dans les trous de mon agenda, je continuerai, pour le compte d'Armines, de m'occuper de la constitution de l'assiette Carnot, c'est à dire un suivi mensuel de tous les contrats de recherche gérés par Armines, et un bilan annuel présenté devant l'ANR, sous la direction de P. Le Bozec. Par ailleurs, au moins pour 2010 j'interviendrai dans les pôles de compétitivité, pour continuer à représenter les intérêts du Centre. Donc vous continuerez à m'apercevoir de temps à autre.

Propos recueillis le 6 mai 2010,
par F. DI RIENZO

Herschel

Le télescope spatial Herschel a été lancé par Ariane 5 le 14 mai 2009 à 15h12 (heures de Paris). Le 14 juin, le télescope spatial Herschel, alors situé à plus d'un million de kilomètres de la Terre, a porté son premier regard sur la galaxie Messier 51.

Source :

<http://www.herschel.fr/fr/herschel/index.php>

La réalisation d'un télescope spatial performant se heurte à un problème de taille, celle de son miroir primaire. Celui-ci doit à la fois être large, (...) extrêmement rigide (...) et léger (...). le choix s'est porté sur une céramique de carbure de silicium (SiC). Près de Tarbes, Boostec, une "jeune pousse" à l'époque, s'est associée à l'industriel EADS Astrium pour développer des instruments d'optique utilisant cette technologie.

Le miroir d'Herschel est le plus gros miroir monolithique jamais réalisé pour une application spatiale. Il se compose

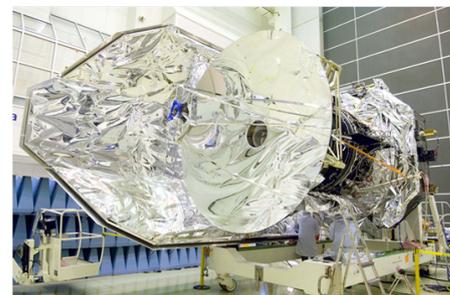
de 12 pétales usinés à partir de blocs de céramique et assemblés par brasage avec une très grande précision. Le miroir est ensuite préparé pour la prochaine phase, un usinage de sa face interne, encore bardée des nombreux raidisseurs qui ont facilité la fabrication des pétales et le brasage. Ces raidisseurs seront éliminés et, à l'issue de l'opération, l'épaisseur de la « peau » du miroir sera d'à peine 3 mm. Il sera ensuite expédié chez Opteon, à Turku, en Finlande, pour son polissage puis à l'observatoire espagnol de Calar-Alto, près d'Almeria, où il sera recouvert d'une couche d'aluminium de 350 nm qui lui confèrera son pouvoir réfléchissant.

Outre le miroir primaire, la technologie SiC a aussi été appliquée au miroir secondaire et à la structure en forme d'hexapode qui le supporte. Le matériau permet de garantir la stabilité structurelle et thermique de l'ensemble

du télescope à moins de 10 micromètres près.

Source :

http://www.futurasciences.com/fr/news/t/univers/d/le-telescope-du-satellite-herschel-plus-grand-jamais-realise-prend-forme_3022/



du télescope spatial Herschel et son miroir de 3,5 m. Le miroir collecte la lumière, qui est ensuite réfléchi par sa surface aluminisée sur un second miroir. Ce second miroir est maintenu par 4 pieds ; il renvoie la lumière dans l'ouverture circulaire au centre du grand miroir. La lumière termine son voyage sur les détecteurs. (Crédits : ESA)

Source: http://www.herschel.fr/fr/telescope_et_instruments/index.php

Soutenance de thèse

ELABORATION ET ETUDE DE
L'ENDOMMAGEMENT DE DEPOTS
COMPOSITES OBTENUS PAR
PROJECTION COLD SPRAY :
APPLICATIONS AUX CONTACTS
ELECTRIQUES

Gilles ROLAND

mardi 29 Juin 2010

Les contacts électriques, utilisés dans les contacteurs et les disjoncteurs, sont des composants fortement sollicités dont le comportement influence la durée de vie des appareils. Les pastilles de contacts électriques, en matériaux composites à matrice d'argent, sont actuellement élaborées par des opérations classiques de métallurgie des poudres avant d'être assemblées par soudage sur des supports contacts. Un procédé envisagé pour le remplacement de la méthode classique d'élaboration est celui de la projection dynamique par gaz froid communément appelé cold spray. Dans ce procédé, des particules de poudre sont accélérées au moyen d'une tuyère de Laval avant d'aller s'écraser sur un substrat en formant un dépôt par empilement.

L'objectif de ce travail est de démontrer le potentiel de ce procédé pour la réalisation de contacts électriques. La démarche retenue s'appuie sur le triplet élaboration, caractérisation et simulation numérique.

La souplesse du procédé cold spray a rendu possible l'élaboration d'une large gamme de microstructures composites en ayant optimisé au préalable la projection de la matrice d'argent. La caractérisation de ces microstructures a été menée à différentes échelles, notamment fine pour quantifier la porosité par microtomographie et très fine pour élucider les mécanismes

interfaciaux d'adhésion et de déformation survenant lors de l'impact par microscopie électronique en transmission. Ces investigations poussées sont nécessaires pour comprendre le comportement de la matrice d'argent dans un premier temps. Les dépôts composites font l'objet d'études complémentaires, les données disponibles dans la bibliographie étant rares.

D'un point de vue plus macroscopique, les microstructures ont été éprouvées par des moyens d'essais classiques ou développés pour les besoins de cette étude en s'appuyant notamment sur les effets engendrés par une impulsion laser. Parallèlement, des calculs par éléments finis ont permis de mieux comprendre les phénomènes induits par un tir laser et donc, par extension, par un arc électrique. Pour compléter cette démarche, une simulation numérique originale basée sur un modèle d'empilement faisant appel à la morphologie mathématique propose de relier microstructure réelle et microstructure simulée, le but étant de prévoir la morphologie d'une microstructure uniquement à partir de la caractérisation de quelques particules. L'ensemble des résultats obtenus a permis d'identifier les facteurs dont dépendent les propriétés d'un dépôt (granulométrie des poudres, taille de grains,...) et ainsi de choisir des microstructures en vue de la réalisation de contacts électriques. L'endurance de prototypes de contacts fabriqués par cold spray a été déterminée sur banc d'essais de contacteurs industriels. Elle a été montrée comme largement compétitive avec celle des contacts industriels actuels réalisés par métallurgie des poudres classiques.

Sources : G. ROLLAND.

HDR

Alain THOREL a soutenu son Habilitation à Diriger des Recherches le 3 juin 2010, sous le titre

"Contribution à l'étude des relations entre l'élaboration, la microstructure et les propriétés des matériaux céramiques".

Présentée dans la spécialité Physique-Science des Matériaux à l'université Paris VI, elle a été soutenue à Mines ParisTech, devant le jury composé de:

Jacques CASTAING (rapporteur)

Michel CASSIR (rapporteur)

Jean-Noël ROUZAUD (rapporteur)

Ulrich DAHMEN (examinateur)

Jean-Claude NIEPCE (examinateur)

Dominique JEULIN (examinateur)

Danièle FOURNIER (examinateur)

Paolo SPINELLI (examinateur)

Source : A. THOREL

Pages WEB

Les pages scientifiques du site internet du CdM ne reflètent pas le dynamisme des équipes. Disposer des bonnes informations, les insérer sur le site nécessite plus de temps que celui dont disposent les personnes aptes à le faire, et l'écart se creuse entre ce qu'elles aimeraient y mettre et la réalité. Cela va bientôt changer. En effet, V. MOUNOURY travaille sur le mode de gestion du site afin d'en faciliter la mise à jour. A l'automne, une formation sera proposée aux correspondants que chaque équipe aura désignés, et qui pourront ainsi animer eux-mêmes leurs pages dédiées.

Chaque responsable d'équipe est donc invité à choisir un ou des correspondants web.

Source : F. DI RIENZO

Chaire AREVA

Quelques mois après son démarrage, la chaire « Matériaux du nucléaire » accueille un nouveau responsable, Olivier Bouaziz.



Le 7 décembre 2009, deux chaires industrielles entre AREVA, leader mondial dans la conception et la construction des composants de centrales nucléaires et ParisTech ont été inaugurées officiellement; une chaire «Ingénierie Nucléaire» (ENSTA Paris Tech et Chimie ParisTech) et la chaire «Matériaux du nucléaire» Mines ParisTech. Celle-ci dirigée par André Pineau, puis par Esteban Busso avait précédemment accueilli ses trois premiers doctorants en Octobre dernier, deux au Centre des Matériaux et un au Cemef.

Les recherches menées au sein de cette chaire s'inscrivent directement dans le cadre du développement des réacteurs à eau légère et seront consacrées aux principaux types de dégradation environnementale connus (les deux sujets de thèse menés à Evry) et sont aussi orientées vers le développement de nouveaux matériaux et procédés (c'est le cas avec le sujet de thèse commencé à Sophia Antipolis en collaboration avec Evry).

Ces chaires contribuent également à la formation des spécialistes de ce domaine au niveau ingénieur et master à travers deux programmes «International

Nuclear Energy» et «Material and Engineering Science in Paris» portés par ParisTech et d'autres institutions d'enseignement et recherche franciliennes notamment.

Le nouveau co-titulaire, avec Esteban Busso, de la Chaire «Matériaux du Nucléaire», vient d'être nommé après un processus de sélection de plusieurs mois.

Olivier Bouaziz vient d'ArcelorMittal et il connaît bien l'Ecole, en particulier le Centre des Matériaux, à travers une collaboration scientifique et plusieurs projets de recherche portant des thèses doctorales. Il continuera d'ailleurs à consacrer 50% de ses activités dans le premier groupe sidérurgique mondial et il sera basé au centre des Matériaux.

Olivier Bouaziz a obtenu son grade de Docteur de l'Université Joseph Fourier en 1997, suite à une thèse réalisée en grande partie au CEA - Grenoble sur une application de la compaction isostatique à chaud à la réalisation de composants du circuit primaire de réacteurs nucléaires à eau pressurisée en acier inoxydable. En 1998, il rejoint l'IRSID, maintenant ArcelorMittal Research S.A., où il est ingénieur expert dans le domaine des aciers pour l'automobile. Il a développé une thématique visant à proposer des lois de comportement avancées sur la base de solides études microstructurales et de la déformation. Ceci l'amène à proposer des nuances d'acier en rupture, par exemple exploitant le durcissement par écrouissage ou par les effets TRIP et TWIP. Ces études ont atteint un stade de maturité qui permet de prévoir les propriétés mécaniques et inversement de concevoir un acier pour un ensemble de propriétés désirées. Dans ce domaine

des relations microstructure/propriétés, il est responsable des relations de ArcelorMittal avec le monde académique et aussi de celles avec Nippon Steel Research. Parmi les ruptures technologiques qui le passionnent figurent en bonne place, les aciers nanostructurés, à précipitation massive et à gradient de propriétés. Il a obtenu une Habilitation à Diriger des Recherches à l'Université Paul Verlaine de Metz et est professeur associé à la Mc Master University en Ontario au Canada depuis 2005. Olivier Bouaziz a participé à l'organisation de plusieurs conférences internationales et est expert pour de nombreuses institutions (European Union Research Fund for Coal and Steel, ANR, AERES).

Il a obtenu de nombreuses distinctions comme le prix Jean Rist de la SF2M. Il recevra le prix Jean Morlet, fondé par Imphy S.A. en mémoire de son Directeur Technique et ancien élève de notre école.

Si vous souhaitez le contacter, son adresse e-mail est :

olivier.bouaziz@arcelormittal.com

Sources : E. P. BUSO, Y. BIENVENU

Soutenances des doctorants 1ère année

ANDRIEU Antoine

Dir. D Ryckelynck, C. Duhamel
Chaire AREVA

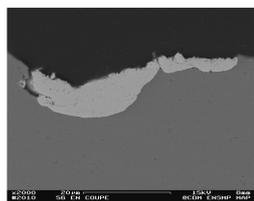
Effet de la microstructure sur la rupture intergranulaire des aciers ferritiques et modélisation multiéchelle

modélisation et la simulation de microstructures architecturées, l'obtention de leurs propriétés effectives par homogénéisation numérique (Zébulon) et leur fabrication directe par fusion laser sélective.

DESCURNINGES LAURE Line

Dir. M. Jeandin
ANR blanc

Simulation par choc laser de la projection dynamique par gaz froid à froid



particules de tantale impactées sur un substrat de cuivre

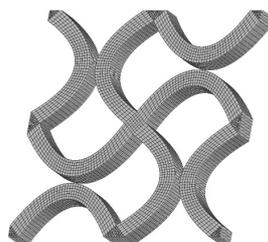
Lors de cette thèse sont étudiées la simulation (principalement expérimentale, mais également numérique) et la caractérisation du procédé « cold spray » à l'aide du choc laser. Cette simulation se fera par envol de feuilles, d'écaillés et de poudres et elle concernera le couple cuivre-tantale qui ne présente ni diffusion, ni intermétallique. Plus particulièrement, le but est d'étudier les interfaces et la cohésion dans les dépôts en fonction des conditions d'impact. C'est pourquoi les dépôts obtenus seront soumis entre autres à des essais d'adhérence utilisant le choc laser (LASAT, Laser Shock Adhesion Test).

DIRRENBARGER Justin

Dir. S. Forest, D Jeulin, C. Colin
ANR

Propriétés mécaniques effectives des matériaux architecturés par simulation numérique massive et prototypage rapide

Le projet ANR MANSART vise à développer des matériaux « architecturés » innovants, présentant des propriétés fonctionnelles améliorées par rapport aux composites traditionnels. Dans ce contexte, l'expertise du Cdm concerne la



Deux types de morphologies ont été identifiées : périodique et aléatoire. Pour chacune de ces morphologies, une classe de microstructure a été retenue. Dans le cas périodique, on s'intéresse aux matériaux auxétiques, présentant a priori des propriétés intéressantes en cisaillement. Pour le cas aléatoire, les microstructures de fibres enchevêtrées ont été choisies car d'une part, ce sont des matériaux phares du projet MANSART, d'autre part leur modélisation laisse un certain nombre de questions ouvertes dans le cadre de l'étude du volume élémentaire représentatif.

DUMONT Alice

Dir. L. Rémy, L. Nazé, A. Koster
SNECMA

Optimisation de microstructure de superalliage base Ni obtenu par métallurgie des poudres

DUMOULIN Emmanuel

Dir. J. Renard, C. Colin
Pôle Astech

Fabrication de pièces composites par procédés laser

DURAND Julian

Dir. G. Cailletaud, H. Proudhon
Chaire EDF/GDF Suez
Approche multi-échelle des problèmes de contact et d'étanchéité

Dans une centrale nucléaire,

l'écoulement fluide dans les circuits d'eau est maîtrisé par l'utilisation d'appareils de robinetterie dont l'étanchéité est assurée par un contact acier/acier. La prise en compte de surfaces rugueuses invalide l'hypothèse d'un contact parfait entre deux pièces et laisse place à l'existence d'un champ d'ouvertures entre ces deux surfaces. Dans ce cadre ci, le travail de cette thèse consistera à développer un modèle permettant la détermination d'un débit de fuite au sein d'une fracture rugueuse. Jusqu'à présent, le travail réalisé a consisté à étudier l'écrasement d'une aspérité par un plan lisse et rigide à l'aide du logiciel par éléments finis ZéBuLoN. Cette étude a permis notamment d'observer l'évolution de la surface de contact et des champs de hauteurs entourant l'aspérité en fonction de la charge appliquée.

La suite du travail va s'étendre sur l'étude d'une surface rugueuse dans sa globalité. Outre les problèmes de maillage 3D d'une telle surface, il faudra également prendre en compte le caractère hétérogène du matériau à de telles échelles et par conséquent, venir incorporer des lois de comportement polycristallines dans des simulations du contact. De plus, il faudra bien entendu s'arrêter sur le problème fluide afin de déterminer un modèle d'écoulement fluide au sein d'une fracture rugueuse.

EIAMNIPON Naruepon

Dir. J. Renard
MICHELIN

Composites élastomères renforcés par des fibres métalliques

HAN Xu

Dir. J. Besson
CEA

Modélisation de la fragilisation due au gonflement dans les aciers inoxydables austénitiques irradiés

Soutenances des doctorants 1ère année (suite)

HELLOUIN DE MENIBUS Arthur

Dir. J. Crépin, J. Besson
CEA

Influence des populations représentatives de défauts sur la rupture d'alliages à base de zirconium en conditions d'Accident d'Injection de Réactivité

La gaine de Zirconium protège les pastilles de combustibles du contact direct avec le fluide caloporteur, de l'eau dans le cas des REP, formant ainsi la première barrière de confinement à la dissémination de matière radioactive.



Gradient de distribution d'hydrures dans l'épaisseur d'une gaine en fin de vie.

Cette thèse vise à progresser dans la compréhension de la rupture de ces gaines lorsqu'elles sont soumises à un accident d'injection de réactivité (augmentation local du flux neutronique). Cela suppose d'améliorer la représentativité des essais et des matériaux utilisés en laboratoire face aux conditions réelles "en réacteur". Il faudra notamment prendre en compte les distributions hétérogènes d'hydrures, compléter la base matériau avec des essais de traction plus rapides, et poursuivre le développement d'essais spécifiques permettant d'atteindre des taux de biaxialité plus importants. Ces travaux seront enrichis par des simulations numériques avec une loi de comportement macroscopique viscoplastique couplée à un modèle d'endommagement local de type GTN.

HEUDT Auréliane

Dir. L. Rémy, V. Maurel, A. Koster
SNECMA

Etude de la fissuration en plasticité généralisée de composants moteurs des lanceurs spatiaux Ariane 5 métastables

KALCK Charlotte

Dir. A.-F. Gourgues-Lorenzon
CEA

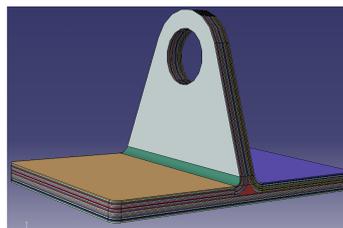
Evaluation de la tenue au fluage de liaisons soudées en acier à 9%Cr de nuance X10CrWMoVNb9-2

KAMGAING SOMOH Georges

Dir. J. Renard
Pole Astech MBDA (EADS)
Conception et caractérisation mécanique de pièces en matériaux composites moulée par compression

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du projet CRISTAL (Carbone foRgé Improved procesS for Technological Advanced Level), lié au pôle Astech, qui a pour objectif de valider les innovations dans le procédé de moulage par compression, mises en place par l'entreprise Carbone forgé, afin de produire des pièces de petites et moyennes dimensions hautes performances à usage aéronautique à des coûts compétitifs (ou du moins comparable à ceux des métaux).

Les objectifs de cette thèse sont la caractérisation expérimentale des matériaux (matrices organiques thermoplastiques (PEEK...) et thermodurcissables (époxy...) renforcées avec des fibres longues de carbone haute résistance) et pièces qui seront mis en forme par ce procédé, la modélisation de leur comportement linéaire et non linéaire et la proposition d'une approche de simulation numérique plus réaliste des pièces en tenant compte notamment de leur structure multicouche.



Modélisation multicouche d'une attache en chape

Les résultats permettront à la fois l'optimisation du procédé mais aussi de son positionnement par rapport aux

technologies concurrentes aussi bien en termes de performance mécanique des matériaux et pièces fabriqués que des coûts.

LE MILLIER Morgane

Dir. J. Crépin, C. Duhamel
Chaire AREVA

Etude de l'amorçage de la corrosion sous contrainte assistée par l'irradiation des aciers inoxydables austénitiques en milieu primaire

LEROY Mélanie

Dir. D. Ryckelynck, A. Koster
ONERA PRC

Etude et mise en place de critères d'acceptation des défauts pour pièces monocristallines

MARAIS Anthony

Dir. S. Forest, M. Mazière
EDF

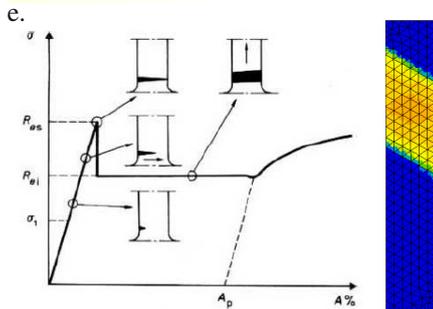
Influence du vieillissement statique sur la transition fragile-ductile des aciers au C-Mn du circuit secondaire des REP

La plupart des aciers ferritiques pour structures industrielles présentent une transition fragile-ductile de ténacité et de résilience avec leur température. Leur résistance à la rupture fragile joue un rôle essentiel dans la certification de la sécurité des structures industrielles importantes. L'augmentation de la durée de vie en service des centrales est un objectif capital pour rester compétitif tout en garantissant une sécurité maximale et optimale.

On sait depuis longtemps que le vieillissement sous déformation, et en particulier pour le cas du vieillissement statique, déplace la transition fragile-ductile vers des températures plus importantes. Cette translation fragilise donc le matériau.

Le vieillissement statique sous déformation est directement associé aux instabilités mécaniques dites de Piolet-Lüders. Ces instabilités se manifestent par la propagation de bandes de localisation de la déformation plastique avant l'écroutissage plastique.

Soutenances des doctorants 1ère année (suite)



Observations des instabilités de Piobert-Lüders sur la réponse macroscopique contrainte-déformation et simulation associée d'une bande de Lüders dans une éprouvette.

Il s'agit donc d'expliquer l'influence de ces instabilités mécaniques de Lüders sur la transition fragile-ductile dans un acier au C-Mn. Le problème est abordé selon deux aspects :

- mécanique avec la description correcte de l'écroutissage en présence de vieillissement statique posant de nombreuses questions,
- physique avec l'ancrage et le désancrage des dislocations par les atomes en soluté pouvant modifier les mécanismes d'amorçage du clivage.

MARTIN Guillaume

Dir. G. Cailletaud, L. Naze
SNECMA

Simulations numériques multiéchelles du comportement des alliages de titane béta-métastables Ti5553 et Ti17

Les alliages de titane béta-metastables, comme le Ti5553 et le Ti17, sont des candidats viables pour alléger les structures dans l'industrie aéronautique. Néanmoins, la connaissance sur ces alliages est pour l'instant limitée, notamment quant au rôle de la phase dans la déformation, celle-ci étant plus présente (40%) par rapport aux alliages de titane classiques. Notre étude porte donc sur les mécanismes de déformation, la modélisation s'effectuant à différentes échelles. Les modèles développés utilisent des données provenant d'un programme de recherche de la FRAE: le projet PROMITI.

Les courbes expérimentales de traction monotone et de fatigue peuvent être simplement représentées par un modèle macroscopique, mettant en œuvre des variables d'écroutissage isotrope et cinématique. On représente correctement la viscosité particulière qui est présente à température ambiante dans le matériau. Très efficace en calcul de structure, ce type de modèle a l'inconvénient de ne pas rendre compte de la microstructure.

C'est la raison pour laquelle on développe également un modèle à "champ moyen" au sein duquel on attribue, à défaut d'une représentation géométrique, une loi de comportement adaptée pour chacune des phases. Dans cet esprit, le comportement moyen de chaque phase est considéré: la phase b (BCC) est simplement modélisée par un critère de von Mises, alors que les différents variants de phase a (HCP) bénéficient d'une approche cristallographique.

Pour bien expliquer les mécanismes locaux de déformation, il est utile d'introduire une représentation explicite de la microstructure. Dans un premier temps, on se limite à la représentation des grains, tout en conservant un modèle cristallographique moyen au niveau des phases cristallines. Ce modèle est utilisé pour effectuer la simulation d'une traction sur microéprouvette. Le calcul s'effectue au moyen du code de calcul par éléments finis Zébulon. La comparaison porte sur les champs de déformation dans le plan de l'éprouvette, ainsi que le déplacement hors plan, qui sont respectivement mesurés par comparaison d'images et par profilométrie 3D.

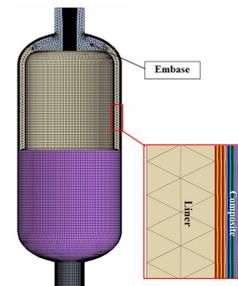
MBAKE Mamadou

Dir. J. Renard, A. Thionnet
Pôle MOVEO PSA
Conception de réservoirs multiformes en composites tissés

PATAMAPROHM Baramee

Dir. J. Renard
ANR CEA
Etudes des réservoirs en matériaux composites

Le stockage de l'hydrogène présente encore des verrous technologiques pour son utilisation comme vecteur énergétique dans des véhicules de transport, en remplacement des énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon). Pour l'instant, il existe plusieurs types de stockage.



Cependant, la solution la plus satisfaisante pour l'ensemble des spécifications techniques et économiques des industriels n'est pas encore déterminée. Donc, pour améliorer les performances et la durabilité des réservoirs, des progrès de toute façon sont encore nécessaires. Le travail de la thèse va consister à : identifier les paramètres matériaux, déterminer l'influence de procédé et des sollicitations. L'ensemble devant être pris en compte dans une modification afin de préciser la durabilité du réservoir

QUINGDONG Yin

Dir. E. Busso, J. Besson
ARCELOR MITTAL
Dissolution de l'aluminium en zone fondue et incidence sur la trempabilité de la soudure

Soutenances des doctorants 1ère année (suite)

REVAUD Mériadeg

Dir. L. Rémy, V. Maurel, A. Koster
SNECMA

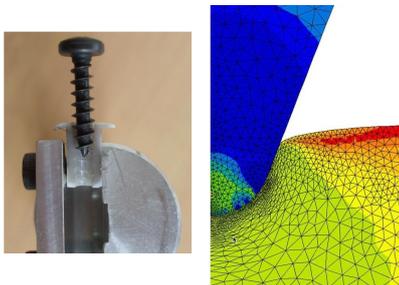
Etude des mécanismes de déformation plastique dans un superalliage base Ni, riche en fer et en niobium

RICARD Jonathan

Dir. L. Laiarinandrasana
PSA

Endommagement des polymères : application aux assemblages vissés

Cette thèse, sous contrat Cifre PSA, a pour objectif industriel de poser les fondations d'un outil numérique de dimensionnement de structures, adapté à l'assemblage par vissage de pièces plastiques intégrées au véhicule (ex : Pare-chocs, planche de bord, panneau de porte, etc.).



A gauche : Vis autotaraudeuse.

A droite : Simulation numérique de la pénétration du filet de vis dans le plastique.

Ce logiciel inédit devra être en mesure de simuler l'opération de taraudage (voir la figure de droite), d'une vis métallique autotaraudeuse (voir la figure de gauche), dans du plastique et plus précisément dans du polyoxyméthylène (P.O.M) et du polyamide 6.6 renforcé à 30% de fibres de verre. La puissance de ce logiciel résidera dans sa capacité à prévoir la ruine de la structure en polymère.

Pour y parvenir, deux objectifs scientifiques principaux doivent être atteints. Le premier est de caractériser le comportement mécanique des deux polymères étudiés (POM et PA6.6) en effectuant notamment des essais de traction et de relaxation. Le deuxième

est d'analyser les mécanismes de déformation et d'endommagement. Toutes ces données expérimentales seront ensuite exploitées lors de la phase d'élaboration des lois de comportement mécanique qui prendront en compte l'évolution du dommage. Ces lois seront ensuite injectées dans un code de calcul par éléments finis afin de simuler le procédé de taraudage.

SABNIS Prajwal

Dir. S. Forest, M. Mazière
ONERA PRC

Simulation numérique de bifurcations de fissure dans les monocristaux de superalliage à base de nickel en mode mixte

SALGADO GONCALVES Flora

Dir. L. Rémy, V. Maurel, A. Koster
ONERA PRC

Modélisation de la fissuration à haute température en élastoplasticité généralisée ou confinée

SALLOT Pierre

Dir. L. Rémy, V. Maurel
SNECMA

Modélisation de la durée de vie d'un système aluminiformeur

SHEN Yang

Dir. J. Crépin
CEA

Comportement et endommagement de l'alliage d'aluminium 6061-T6

SIMON PERRET Melchior

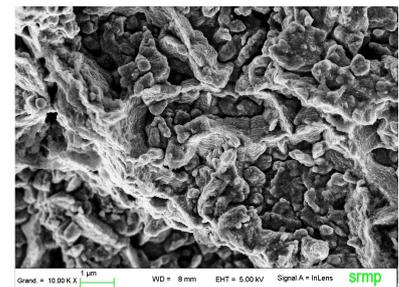
Dir. J. Crépin, T. Morgeneyer
Pôle Astech Almostat/Astrium
Tenue mécanique des liners en titane pour réservoirs haute pression

STECKMEYER Antonin

Dir. S. Forest
CEA

Modélisation du comportement mécanique à haute température des aciers renforcés par nano précipitation

Les aciers ODS (oxide dispersion strengthened steels) sont étudiés dans le cadre du développement de réacteurs nucléaires à neutrons rapides et caloporteur sodium (RNR-Na, génération IV). Les 650°C prévus en cœur de réacteur et l'accumulation de gaz de fission au sein des gaines combustibles nécessitent en effet l'emploi d'un matériau de gainage ayant d'excellentes propriétés en fluage à haute température.



Mécanisme de décohésion intergranulaire observé après un essai de traction sur l'acier ODS étudié.

Les objectifs de cette étude sont dans un premier temps la caractérisation du comportement mécanique d'une nuance particulière d'acier ODS et la compréhension des mécanismes de déformation sous-jacents. Dans un second temps, il s'agit de développer une modélisation de ce comportement basée sur les mécanismes identifiés ainsi que sur la microstructure du matériau (textures cristallographique et morphologique), fortement influencée par le procédé d'élaboration.

Soutenances des 1ère année (fin)

THER Olivier

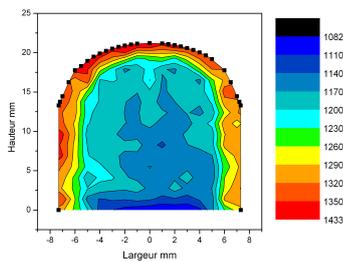
Dir. Y. Bienvenu, C. Colin
ANR

Nouveau PROCédé d'élaboration d'outils
PDC et tricône à gradient de propriétés
pour le FORage de roches abrasives en
conditions sévères

Depuis les années 70 nous assistons à une diminution de la taille des forages pétroliers en terme de barils à exploiter. Cette diminution de la taille des exploitations s'accompagne d'une augmentation de la profondeur des puits. Aujourd'hui la plupart des puits ont des tailles inférieures au Gigabaril, et les profondeurs de forage peuvent atteindre 8km.

Afin de conserver une bonne rentabilité des exploitations il est nécessaire d'augmenter la durée de vie des têtes de forage constituées de taillants en carbures cémentés.

C'est dans ce but qu'ont été développés il y a trois ans pour la Société VAREL Europe les carbures cémentés à gradient de propriétés. Ces matériaux ont l'avantage de combiner une bonne résistance à l'abrasion en surface tout en possédant à cœur une bonne résistance à l'impact.



Gradient de dureté obtenu après graduation
par imbibition réactive

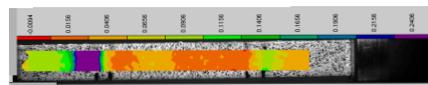
Nos travaux, dans le cadre du projet ANR PROFOR, ont pour but d'améliorer les procédés d'imbibition réactive (Brevets FR 2 914 206-A1, EP 1 975 264-A1 et US 2008/0240879 A1) et de revêtement réactif (Brevet FR 2 936 817-A1) en vue de leur industrialisation à un coût raisonnable par un carburier.

TOUBOUL Mathieu

Dir. J. Crépin
EDF GDF Suez

Etude des mécanismes de déformation
intergranulaire de l'acier P92 pour des
solllicitations de type fluage à chaud

Il s'agit dans ce travail de développer une démarche micromécanique, afin d'identifier puis de modéliser les mécanismes élémentaires en relation avec les hétérogénéités micro-structurales responsables de la déformation et de l'endommagement par fluage des aciers P91, matériaux retenus pour des applications de tenue mécanique à chaud dans le cadre des centrales thermiques à flamme et dans les centrales nucléaires de 4^{ème} génération. Cette étude porte sur l'utilisation des techniques de mesure de champs cinématiques par corrélation d'images couplées aux simulations numériques par éléments finis pour l'identification de paramètres de lois de comportement de matériaux à microstructure fortement hétérogène, conduisant à l'obtention de matériaux à gradient de propriétés. L'application concerne tout d'abord l'étude des cordons de soudure en P91 sollicités en traction uniaxiale.



champ de déformation dans un joint soudé
d'acier P91

Une attention particulière sera ensuite portée à l'étude du comportement à chaud (fluage) pour lequel le glissement intergranulaire joue un rôle essentiel dans le comportement du cordon de soudure. Afin de mettre en évidence le glissement intergranulaire, une technique de microlithographie sera adoptée.

Cette étude est financée par la Chaire EDF-GDF-SUEZ-GRT gaz - ENSMP - ENPC sur la «durabilité des matériaux et des structures pour l'énergie».

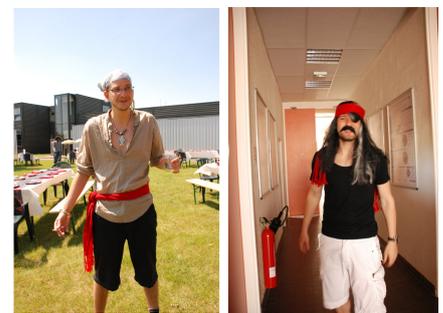
Sources : les doctorants concernés

Les 12 Heures

Des préparatifs impressionnants



Des costumes à faire pâlir les vrais pirates



Thèse

VIEILLISSEMENT DES SYSTÈMES
BARRIÈRE THERMIQUE :
TRANSFORMATION DE PHASES,
OXYDATION ET EFFET DU
SOUFRE SUR L'ADHÉRENCE.

Marion CHIEUX
jeudi 11 mars 2010

Les systèmes barrière thermique (BT), utilisés dans les turbines aéronautiques, sont des systèmes multicouches composés d'un substrat en superalliage monocristallin, d'une sous-couche d'alliage aluminé-formeur sur laquelle se forme une couche d'alumine, initiée pendant le procédé de fabrication. Le tout est revêtu d'une couche en zircone, la barrière thermique, qui permet de diminuer la température de travail du substrat. Cette couche, perméable à l'oxygène, conduit au développement de l'oxyde tout au long de la vie du système. Les systèmes BT sont soumis à des contraintes thermomécaniques qui créent des endommagements, en particulier aux interfaces, pouvant mener à l'écaillage de la BT. Ces endommagements dépendent de la composition et de la microstructure des différents constituants du système. L'objectif de cette thèse est de corréler les évolutions microstructurales dans la

sous-couche et dans l'oxyde à l'adhérence des systèmes BT. Pour ce faire, le vieillissement de systèmes de superalliages AM1 et MCNG revêtus d'une sous-couche NiAlPt, avec et sans barrière thermique, a été suivi sous sollicitations isothermes et cycliques à 1100°C. L'effet d'une étape de pré-oxxydation sur la durée de vie à long terme après oxydation isotherme de ces systèmes a été étudié pour différents états de surface initiaux.

Ce travail a permis de confirmer l'effet du type de sollicitation et de la présence de la BT sur les mécanismes d'endommagement et de mettre en évidence la meilleure résistance à l'écaillage des systèmes MCNG comparés aux systèmes AM1. Il a également montré que la formation d'alumine de transition au cours des premiers stades d'oxydation ne semblait pas néfaste pour l'adhérence du système. Enfin, la détection et la localisation par SIMS d'impuretés telles que le soufre et le carbone et d'éléments réactifs tels que le hafnium ont révélé le rôle prépondérant joué par ces éléments sur la durée de vie des systèmes BT.

Source : M. CHIEUX

Image du mois



à gauche, une de nos
orchidées (M. Belbeder)
en haut vue sur le web
(<http://nature.free.fr/html/ophrys.htm>)

Nous l'avons vue lors des 12 Heures et n'en avons pas cru nos yeux. Une orchidée abeille! Espèce rare bien que protégée, elle a colonisé nos pelouses. Entre nos piétinements et la tonte des pelouses, nous avons réussi à en préserver quelques tiges, que vous pourrez admirer derrière l'atelier ou sous les arbres côté portail auto.

Elle doit son nom à son apparence mise au point pour assurer sa survie; Une fausse fleur rose, un faux insecte muni de fausses pattes avec de faux poils, de faux yeux et de fausses antennes. Elle émet un parfum que l'on ne sent pas. Seulement perçu par un bourdon mâle il imite l'odeur de sa femelle. C'est une merveille, comme les dizaines d'autres types d'orchidées, nombreuses en Essonne.

Source : F. DI RIENZO, Y. BIENVENU



Un repas délicieux dans une ambiance de fête et le soleil, le soleil, le soleil ...



Conférence AFAST

Les 4 et 5 Juin a Paris, l'AFast, Association franco-allemande pour la Science et la Technologie a réuni 150 personnes sur le thème de l'approvisionnement de l'Europe en matières premières minérales non énergétiques, métaux et minéraux industriels. Pierre Laffitte, notre Directeur puis président de l'Ecole, en est le président fondateur. Les métaux posant le plus de problèmes sont ceux plus ou moins communs dont la demande se développe très vite, c'est le cas du cuivre, du tungstène, de l'indium (affichage LCD) et des terres rares. Le pays dont il été le plus question n'était pas l'Allemagne ou la France mais la Chine qui concentre pour une douzaine de métaux les gisements les plus abondants (en Mongolie intérieure) et les plus faciles à exploiter pour en extraire métaux et céramiques. C'est aussi un pays qui importe des quantités colossales (c'était un peu le cas des Etats-Unis il y a quelques décennies) et qui prend le contrôle de sociétés productrices de ces matières premières. D'autres pays ont été évoqués en Afrique et en Amérique du Sud pour une position forte sur le marché de ces «commodités» et une situation politique plus ou moins fragile les poussant parfois à affirmer des positions nationalistes dans de nouveaux articles de leur constitution. Le minerai de fer, bien qu'exclu du champ de la journée car sans risque quantitatif et qualitatif d'approvisionnement, a souvent été évoqué pour la situation oligopolistique de l'approvisionnement, avec 80% de l'offre dans les mains d'une triade de compagnies qui annoncent, avec la reprise en sidérurgie en 2010, une escalade des prix en 2011. Le niobium, nécessaire aux aciers peu alliés de qualité, est aussi concentré pour l'offre

au Brésil avec CBMM, compagnie privée qui montre une politique de prix raisonnable du point de vue des acheteurs.

L'Allemagne de 1938 à 1945, l'Afrique du Sud et quelques autres nations placées sous embargo par le reste du monde eurent à connaître des impossibilités d'approvisionnement. Le renchérissement du coût d'une commodité, comme un minerai, même de courte durée, a des conséquences durables. En effet, le coût du minerai constitue bien souvent au moins 1/4 du coût de fabrication du métal primaire et cette proportion croit plus vite que le coût de la main d'œuvre, de l'énergie et des investissements (en particulier pour limiter les atteintes de l'extraction à l'environnement).

Le phénomène n'est donc pas nouveau, nous avons vécu depuis 30 ans des crises sur le cobalt (aimants, alliages et composés durs et réfractaires), le tantale (guerre du « Coltan » (pour columbium, tantalum) en RDC, en partie déclenchée par la grande demande en Ta pour les condensateurs miniatures des téléphones portables au début des années 2000), mais l'invasion des îles britanniques au début de notre ère par les légions romaines (pour sécuriser les approvisionnements en étain de l'empire) est aussi un exemple. S'il n'est pas nouveau, la sévérité du phénomène est accrue par l'accès de l'Asie à un développement industriel sans précédent.

La situation des terres rares (TR, c'est-à-dire scandium et yttrium et les 15 éléments de la Classification classés en lanthanides) est particulièrement préoccupante pour le développement des énergies renouvelables. Une éolienne offshore de 2 mégawatts pourrait contenir jusqu'à 400

kg de néodyme pour ses générateurs et tous les moteurs électriques ont besoin de TR (samarium et néodyme pour les aimants permanents). Les véhicules hybrides ont besoin de lanthane pour stocker l'hydrogène dans des hydrures métalliques dans les batteries rechargeables Ni-MH. La Chine qui pèse pour plus de 80% dans les approvisionnements de TR a décidé à l'horizon 2015 de limiter à un niveau de 30000t l'exportation de TR, et ce de façon discrétionnaire en fonction des importateurs (le niveau de la consommation mondiale de TR a dépassé les 100000t). Une mine de TR va être ouverte en Afrique du Sud et des projets sont également avancés en Russie, au Canada et en Australie pour faire face à cette menace.

Renault et BMW ont donné la position de l'industrie automobile. L'électrification totale de la propulsion va porter la masse de cuivre par véhicule d'environ 15 à 30kg. La batterie Li-ion peut voir son développement freiné par l'approvisionnement en Co (cobaltite de Li) plus délicat que celui en Li. Renault vend de la mobilité et pas seulement des voitures, signifiant une implication dans le recyclage, dans la distribution du rechargement électrique et le remplacement des batteries mais sans aller à la dématérialisation.

Quelles actions la France, l'Allemagne et l'Europe peuvent-elles envisager en réaction à ces menaces sur l'approvisionnement en éléments, qui représentent quand même 20% du tableau périodique des éléments ? :

1. reprendre une activité minière alors que la quasi-totalité des mines sont fermées dans ces deux pays. Ce n'est pas facile en France, plus qu'en Allemagne, avec la perception de

Conférence AFAST (suite)

l'activité minière, le syndrome « nymby » (not in my backyard), qui amène la France à reprendre une activité d'exploration dans les territoires d'outre-mer, Wallis et Futuna en particulier, alors que l'Allemagne envisage une reprise de l'exploration des gisements dans le Sud du pays. Les Etats-Unis ont eux décidé de réactiver en 2012 une mine de TR et son unité d'extraction classée comme polluante et fermée il y a moins de 10 ans.

2. relancer la recherche sur les substitutions (cela a contribué à détendre les crises du cobalt et du tantale),

3. encourager le recyclage. Pour fixer des ordres de grandeur, on recycle environ la moitié du cuivre produit chaque année en Europe mais la Chine puis l'Inde dans leur croissance attirent à elles un quart des chutes de cuivre européennes et contrôlent le cours du métal! Une tonne de téléphone portable contient plus de certains métaux les moins communs qu'une tonne de leur minerai ! Il faut classiquement dix ans pour qu'un projet minier neuf soit opérationnel et seulement cinq ans pour que le gisement « recyclage » de tel ou tel métal rare soit opérationnel.

4. agir à travers l'Union européenne et l'Organisation mondiale du Commerce pour des actions réglementaires, mais actuellement aucune loi n'interdit de refuser des exportations. Un avocat spécialisé en matière d'approvisionnements stratégiques a d'ailleurs fait une bonne intervention.

Quelle contribution peut apporter notre Institution et le monde académique dans un tel contexte. Trois exposés ont été faits, RWTH (géologue), MinesParisTech (Damien Goetz) et un Institut Fraunhofer de Chemnitz dans le domaine de la production, qui ont montré des exemples. La formation dans

le domaine géologique et minier longtemps délaissée par les élèves retrouve leur faveur (facteur 4) dans les effectifs, une école privée a été créée à Beauvais et une autre à Orléans, l'Inag en association avec le BRGM. On peut espérer que cette nouvelle vague d'engouements concernera sous peu la métallurgie et le Génie Chimique. Les actions pour la durabilité des biens et investissements, pour la production avec une quantité minimale de déchets, l'allègement des structures sont autant de domaines où Cemef et Centre des Matériaux contribuent. Le Centre des Matériaux a toujours étudié des substitutions (aciers inoxydables riches en Mn et allégés en Ni, alliages sans Co, remplacement du tantale...).

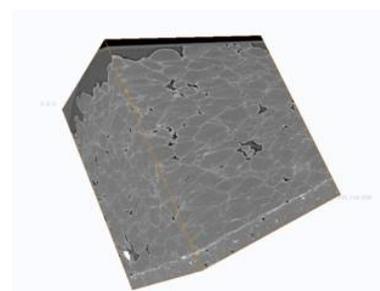
Ce dernier point justifie la présence de délégués de MinesParisTech (3), de l'ANR, du CNRS à cette conférence de grande qualité.

Source : Y. BIENVENU

Conf. AMAC

L'édition de la conférence annuelle ITSC 2010 dédiée à la projection thermique s'est tenue à Singapour du 3 au 5 Mai 2010. Lors de cette édition en Asie du Sud-Est (les prochaines seront successivement en Europe puis sur le continent Américain), Vincent GUIPONT a présenté son travail intitulé « Microstructures of cold-sprayed coatings investigated by X-ray Microtomography ». Il s'agit d'un travail de recherche initié dans le cadre du Club Cold Spray (<http://mat.ensmp.fr/clubcoldspray>) en collaboration avec l'ESRF (W.Ludwig) et le Centre de Morphologie Mathématique (D.Jeulin et C. Peyrega). Une partie des résultats est issue de la thèse de Gilles Rolland (soutenance 29 Juin 2010) sur l'étude des contacts électriques obtenus par projection cold spray.

Cette conférence était menée conjointement avec un salon industriel avec quelques exposants importants (mais peu nombreux cette année, crise oblige !) du domaine : équipements, poudres, capteurs de diagnostics, façonniers, sociétés savantes. Environ 400 participants (délégation assez importante française d'une quinzaine de personnes) et quatre sessions en parallèle pendant les 3 jours avec quasiment une session continue sur les 3 jours dédiée uniquement au procédé cold spray.



3D XMT rendered image (ESRF) of a cold sprayed Al coating (175x280x280 μm^3)

Source : V. GUIPONT

Formation : l'encadrement de thèses

Le 16 avril dernier a eu lieu la première édition de la formation « Le rôle de l'encadrement de thèse : Dimensions managériales et pédagogiques ». Cette formation était organisée par la Délégation CNRS Ile-de-France Est et comptait 9 participants. Partant de la « charte des thèses », l'intervenante, Mme Danièle VERET, a abordé trois dimensions importantes de l'encadrement des thèses : la dimension tutorale, la gestion du projet et l'aide à l'insertion professionnelle. J'insisterai (comme l'a fait l'intervenante) sur les deux premiers points, le troisième étant déjà largement abordé par les cours « professionnalisants » liés à notre Ecole doctorale.

La dimension tutorale, avec en particulier :

- Création du « référentiel d'activités et de compétences », outil pour évaluer d'une part les différentes activités liées au travail de thèse et d'autre part les compétences (« savoirs, savoir-faire, savoir-être », plus ou moins spécifiques ou au contraire utilisables dans d'autres circonstances que la thèse) que développera le doctorant pour ces activités, et qu'il pourra formaliser pour préparer l'après-thèse

- Comment suivre la progression du

doctorant et surtout lui donner les moyens de suivre lui-même sa propre progression ?

La « gestion » du projet de thèse

- Comment piloter une étude en « mode projet » en intégrant les aléas (y compris les bonnes idées apparues en route !) inhérents à tout projet de recherche ? Comment définir ses objectifs « intermédiaires » ?

- Comment le tutorat est-il un guidage progressif vers l'autonomie ?

Les outils présentés se veulent une aide indicative et ne constituent évidemment pas une « recette » pour « manager » un doctorant (ce qui aurait bien fait rire les participants, surtout les plus chevronnés !). Ce sont surtout des instruments de formalisation qu'on peut utiliser lorsque l'on rencontre des difficultés pour mettre les choses « noir sur blanc ». Je retiens cependant un message fort : l'accompagnement PROGRESSIF du doctorant vers l'autonomie sur son sujet, ainsi que la nécessité d'une AUTO-évaluation REGULIERE du doctorant. Les outils présentés peuvent en particulier être utiles, je pense, sur ce deuxième point.

La journée comprenait des présentations en salle ainsi qu'un certain nombre d'exercices en petits groupes (recenser

les activités et les compétences liées à tel sujet de thèse, définir les objectifs d'une « bonne » biblio sur un sujet donné, identifier les risques, les niveaux de risque et les solutions de repli dans un projet de thèse donné, etc.). Ce sont les participants qui proposaient les sujets de thèse. Il est donc utile de venir avec des idées pour mettre directement en pratique les outils présentés sur ses propres activités. Un document écrit (recueil des transparents) était distribué en début de journée.

Le public était composé de chimistes, de paléontologues, d'un informaticien et de trois chercheurs en matériaux (2 métallurgistes et 1 polymériste). Les échanges sur les pratiques entre les différents laboratoires étaient très intéressants, même si la diversité des horizons empêchait d'entrer dans des détails trop « techniques » lors des séances d'exercices.

Une deuxième édition devrait avoir lieu en automne 2010, intégrant (à la demande des participants) davantage d'éléments sur le recrutement des doctorants. Elle s'étalera sans doute sur un peu plus d'une journée. J'encourage les responsables scientifiques intéressés à y postuler.

Source : A.-F. GOURGUES-LORENZON

Participation aux Conférences

• Du 16 au 21 Mai 2010 : Participation de S. FOREST, D.K. TRINH, G. CAILLETAUD, V. YASTREBOV, D. RYCKELYNCK, L. SUN, F.Z. DAIM, S. CARTEL, M. MAZIERE, N. CORDERO, H.J. CHANG, S. EL AREM, Ammar KAIS, Ozgur ASLAN à ECCM10, Paris.

• Du 03 au 05 Mai 2010 : Participation de V. GUIPONT à « ITSC 2010 International Thermal Spray Conference

and Exposition », Singapore.

• Du 19 au 20 mai 2010 : participation de A. PINEAU, G. CAILLETAUD, T. LE JOLU, A. KOSTER, L. REMY, M. GEUFFRARD, T. MORGENEYER à «JP 2010, 29èmes Journées de Printemps», Paris.

• Du 25 au 27 mai 2010 : Participation de N. OSIPOV à : "2010 SIMULIA CUSTOMER CONFEREN-CE ", USA

• Du 26 au 27 Mai 2010 : Participation

de J. BASSERY à : JOURNEES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES AMAC », Orléans.

• Du 25 au 28 Mai 2010 : Participations de A. MARAIS, H. XU, V. YASTREBOV, M. TOUBOUL à « Damage Mechanics and Local Approach to Fracture », Moret sur Loing.

Source : S. LEMERCIER

Conférence : PTM 2010

« Solid-solid phase transformations in inorganic materials »
6-11 juin 2010, Avignon, Palais des Papes

Cette conférence est la sixième de la série. Les précédentes se sont tenues à Pittsburgh (1981), Cambridge (1987), Faramington, PA (1994), Kyoto (1999) et Phoenix (2005). La prochaine édition aura lieu dans les Rocheuses canadiennes en 2015.

Cette conférence a rencontré un grand succès avec près de 500 participants. Une forte délégation franco-belge était présente, ainsi que d'importantes délégations notamment américaine, canadienne, japonaise, chinoise, australienne, etc. Les 4 sessions en parallèle, les 7 conférences plénières et les 2 sessions poster du soir ont donné lieu à d'intenses discussions «in» et aussi «off» (notamment sur le sujet toujours controversé de la transformation de l'austénite en bainite dans les aciers).

Les conférences plénières ont porté respectivement sur les textures de transformation (un exposé introductif de H. Bhadeshia portant notamment sur la sélection de variants), la transformation dans les systèmes forcés (un exposé passionnant de Georges Martin), la structure hiérarchisée et l'adaptation dans les bio-matériaux (ou comment la matière vivante se met à bouger, par Peter Fratzl), les phases et les défauts dans les colloïdes denses (ou comment étudier des modèles atomiques... à une échelle de temps et d'espace faciles à appréhender via des matériaux modèles, par Franz Spaepen), les instabilités d'interface au cours des transformations «displacives» (notamment : des matériaux isolants aux joints de grains «métalliques» ??? par Eckhard Salje), un exposé passionnant de Michel Rappaz sur les transformations de phase autour de la solidification péritectique, la première «Cahn-Hilliard Lecture» donnée par Gary Purdy sur la transformation de l'austénite en ferrite et enfin un exposé de Lindsay Greer sur la cristallisation dans les verres

métalliques, remarquable par sa pédagogie et sa simplicité.

Les sessions ont été regroupées selon 10 grands thèmes :

1. transformations «displacives»
2. transformations diffusionnelles
3. transitions par migration d'interfaces
4. transitions ordre-désordre
5. transitions de phase et effets de taille
6. systèmes forcés et transformations de phase
7. transformations de phase au cours de la mise en œuvre industrielle
8. alliages amorphes, quasicristaux et autres alliages complexes
9. avancées en théorie et modélisation des transitions de phase
10. avancées en matière de techniques expérimentales

Ces thèmes étaient d'étendues inégales : les thèmes 2 et 9 ont occupé chacune une session entière.

Comme mentionné ci-dessus la bainite dans les aciers a fait, comme toujours, l'objet de présentations contradictoires et de débats plus ou moins informels. A noter que des expériences novatrices sont actuellement en cours pour pister, lors du passage du front de transformation, la concentration locale en carbone, la pierre d'achoppement entre les différentes écoles. La bainite était donc «partagée», selon les convictions et priorités des présentateurs, entre les sessions 1, 2 et 7.

Parmi les alliages métalliques, les aciers, alliages de titane ou de zirconium, alliages d'aluminium était fortement représentés, à côté d'alliages moins courants (souder du fer avec de l'or...).

Parmi les techniques expérimentales de caractérisation, l'EBS est maintenant un outil «de routine» dans le monde de la métallurgie. A noter un grand nombre de résultats avec la sonde atomique

tomographique, grâce à l'arrivée de nouveaux appareils «relativement bon marché» et moins difficiles d'utilisation. Nous avons ainsi pu admirer des peuples entiers d'amas atomiques (précurseurs de précipités), d'atomes ségrévés autour de dislocations. Je pense que les techniques de traitement d'images, appliquées au Centre des Matériaux aux images de tomographie par rayons X, pourraient être adaptées avec profit au traitement des images de tomographie par sonde atomique. Ces expériences semblent beaucoup plus accessibles qu'il y a quelques années. De nombreuses investigations de microstructure in situ, par tomographie ou diffraction des rayons X ont également été présentées.

Source : A.-F. GOURGUES

Je tenais à vous transmettre quelques éléments de bilan de la conférence PTM '10, du 6 au 11 Avignon 2010, dans laquelle j'ai fait une présentation orale «influence of plasticity on diffusive phase transformations kinetics investigated by phase field». La conférence a réuni plus de 500 participants avec un programme passionnant et concernait directement mon travail sur les aspects expérimentaux, théoriques et numériques dans le domaine de la transformation de phases et l'application de la méthode de champ de phases. Cette conférence m'a permis de rencontrer les spécialistes de champs de phases tels que les allemands (M. Appel et I. Steinbach) et les Chinois (S.Q.SHI)... Les discussions ont été très utiles et nous ont permis de bien connaître l'avancement de nos travaux sur le plan international. J'ai pu surtout découvrir les difficultés rencontrées par ces équipes pour coupler la mécanique et plus particulièrement la plasticité avec le champ de phases. Avec notre modèle couplé, le Centre des Matériaux est tout à fait à niveau, au moins du point de vue théorique numérique. Sans doute, il reste encore beaucoup de défis pour nous.

Source : K. AMAR

Conférence CCSC

IMPRESSIONS DE MISSION A
MONTREAL POUR LA
CONFERENCE CCSC
(« 2nd Canadian Cold Spray
Conference »)
ET VISITE DE LABORATOIRES

Le petit monde de la projection thermique par gaz froid (« Cold spray ») s'était donné rendez-vous à Montréal, à la mi-juin, pour la 2^{ème} conférence canadienne sur ce procédé de dépôt (figures 1 et 2).



Fig.1 : Lieu de la conférence

La manifestation avait attiré 130 participants, pour moitié environ du Canada : pour des raisons de proximité mais aussi et surtout parce que le Canada est l'un des pays les plus en pointe dans le développement du cold spray.



Fig.2 : Feuille d'érable canadien réalisée par dépôt cold spray de cuivre sur plaquette inox, 5x5cm² : produite par A. Shkodkin, OCPS, Russie, conférencier à CCSC.

Le reste de la participation se partageait entre les Etats-Unis, à 50%, et plusieurs autres pays (Australie, Suisse, Singapour, Allemagne, France, ...).

Ce niveau de participation et le contenu

des communications ont confirmé l'intérêt du cold spray pour l'industrie et son essor inéluctable pour grand nombre d'applications dont la manifestation a donné un panorama étendu.

Il est, de ce fait, de plus en plus surprenant de constater la frilosité de l'industrie française envers le procédé. Par contraste, l'industrie aéronautique (Pratt & Whitney notamment) avait investi, dès 2008, plus d'1,3 M€ dans la création du laboratoire « cold spray » du NRC/Boucherville qu'il a été possible de visiter à l'occasion de ce déplacement (figure 3). L'activité associée y est, bien sûr, soutenue. Elle y est décrite dans un CD rapporté de là-bas et disponible dans l'équipe SIP ainsi que sur le site

www.mat.ensmp.fr/clubcoldspray.



Fig.3 : Halle de projection thermique au NRC/Boucherville. Insert gauche : zoom sur tête de projection cold spray. Insert droit : zoom sur nouveau système de projection SST (« Supersonic Spray Technologies ») par Centerline/Windsor-Canada.

Source : M. JEANDIN

Du bon usage ...

L'équipe informatique constate de plus en plus souvent que les stations de travail de la salle TP informatique et de la salle calcul sont verrouillées par des utilisateurs. Ces derniers partent en laissant pendant plusieurs heures, voire jours (pour certains) les stations non utilisables pour leurs collègues.

Nous souhaitons rappeler que ces stations sont disponibles pour l'usage de chacun. A cette fin il convient de respecter quelques règles de bienséance :

1. Lorsque l'on quitte la station pour plus de 10 minutes (plus qu'une pause café ou une pause cigarette) il faut quitter sa session.

2. Il faut toujours vérifier qu'il y a la place de lancer ses propres calculs sur une station afin d'éviter de la rendre inutilisable. Nous conseillons également de vérifier que le calcul fraîchement lancé n'occupe pas plus de mémoire que prévu initialement.

Le respect de ces quelques règles permettra que chacun puisse utiliser, dans de bonnes conditions, les ressources mises à disposition de tous.

Source : O. DELHOMME

Arrivée



Venant de l'Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes (INSIS, CNRS, Paris) Chantal COCAIN a rejoint l'équipe administrative du Centre le 1^{er} mars 2010.

Elle occupe au Centre des matériaux un poste mutualisé de chargée de gestion administrative CNRS et de la Fédération Francilienne de Mécanique des Matériaux.

Source : C. COCAIN

Séminaires

APPORT DE LA RÉDUCTION ADAPTATIVE DE MODÈLES MULTIDIMENSIONNELS À LA MODÉLISATION SIMPLIFIÉE DE SYSTÈMES MÉCANIQUES DE GRANDES TAILLES À MATÉRIAUX COMPLEXES

le 11 juin 2010

Introduction - David RYCKELYNCK

- Modélisation de non linéarité dans des modèles structuraux de turbomachine, Cyril DUPUIS - Ingénieur en dynamique d'ensemble – SNECMA
- Modélisation d'une suspension souple en élastomère, Florence VINCENT - CdM
- Réduction adaptative de modèle pour

les problèmes d'optimisation, Sophie CARTEL – CdM

- Réduction adaptative de modèles pour un problème multidimensionnel thermo-mécanique, Fatima DAIM – CdM

PROGRES ET ENJEUX DANS PHENOMENES DE CORROSION SOUS CONTRAINTE POUR LES METAUX

le 25 juin 2010

Introduction – A.-F. GOURGUES

- Rupture intergranulaire des aciers faiblement alliés, des alliages à base de nickel et environnements, M. LE CALVAR – IRSN
- Mise en évidence de l'interaction existant entre la plasticité cristalline et

la rupture intergranulaire dans un alliage d'aluminium fragilisé par l'hydrogène, E. POUILLIER - CdM

- Modélisation de la corrosion sous contrainte des alliages austénitiques exposés au milieu primaire des réacteurs à eau sous pression, T. COUVANT – Ingénieur chercheur EDF

Source : Semteam@mat.enscm.fr

Stagiaires

KORANUNTACHAI Worrapol du 15 juin au 15 juillet 2010, dans l'équipe CAM (J. RENARD) « caractérisation des endommagements sous chargement statique et observations de la microstructure afin de vérifier l'impact des procédés de fabrication. »

OLIVEIRA Harry, du Lycée Doisneau de Corbeil (91), effectue du 25 mai au 02 juillet 2010 un stage d'exécution dans le cadre de sa formation Bac. Professionnel Techniques d'usinage, à l'Atelier (C. MEURIN).

HERVILLARD Sébastien du 03 mai au 1^{er} octobre 2010, dans l'équipe MM (T. MORGENEYER) « Observation et quantification 3D d'endommagement dans le polymère polyamide 6 par micro-tomographie aux rayons X »

GALLIEGUE Thibault, du lycée les Frères Moreau de Quincy sous Sénar, effectue du 17 mai au 26 juin 2010 un stage dans le cadre de sa formation Bac. professionnel électromécanique, dans l'équipe CHT (S. GALLIEGUE).

ROCHICCIOLI Adrien, du lycée Diderot, Paris 19^{ème}, effectue un stage d'application du 17 mai au 9 juillet 2010 dans l'équipe CHT (A. KOSTER), dans le cadre de sa formation BTS Traitements Thermiques

FRITZEN Felix, Doctorant KIT (Karlsruhe, Allemagne) sera du 21 juin au 15 octobre 2010 dans l'équipe COCAS (S. FOREST et travaillera sur des calculs de microstructures en mécanique des milieux poreux.

MOHIEDDINE Jeridi, Doctorant ENIS de Sfax (Tunisie) sera du 16 juin au 15 juillet 2010 dans l'équipe MM (L. LAIARINANDRASANA) et travaillera sur la tenue en service des polymères techniques (les thermoplastiques semi-cristallins) ».

Source : V. DIAMANTINO

Visiteur

Nous accueillons au Centre des Matériaux de la mi-juin à fin juillet le professeur **J. KYSAR** du Mechanical Engineering Department de la Columbia University à New York.

Il a obtenu en 1998 son doctorat à l'université de Harvard sous la direction de Jim RICE.

C'est un remarquable expérimentateur dans le domaine de la plasticité cristalline (indentation, croissance de cavité dans les monocristaux...) et plus récemment dans l'étude de l'or nanoporeux et du graphène, grâce à des mesures inédites de module d'Young.

Source : S. FOREST

Predictive Sciences & Technology in Méca. & Mat.

Participation du CdM au Second Biennial Symposium of Predictive Science & Technology in Mechanics & Materials, qui a eu lieu du 22 au 25 juin à l'Université d'Etat du Mississippi (USA), sous la forme de la présentation suivante :

Coupled Crystal Plasticity-Phase Field Formulation to Describe the Microstructural Evolution in Polycrystalline Aggregates During Thermal Recrystallisation

E.P. Busso, G. Abrivard and S. Forest

During thermo-mechanical processing, the strain energy stored in the microstructure of an FCC polycrystalline aggregate is generally reduced by physical mechanisms which rely, at least partially, on mechanisms such as dislocation cell or grain boundary motion which occur during recovery, recrystallisation or grain growth. The aim of this work is to develop a constitutive framework capable of describing the microstructural evolution

driven by grain boundary curvature and/or stored energy during recrystallisation and grain growth. As recrystallisation processes depend primarily on the nature of the microstructural state, an accurate prediction of such phenomena requires that the microstructural heterogeneities which develop just before recrystallisation, such as dislocation cells and pile-ups, shear and twin bands, be properly described. The microstructural characteristics present in a polycrystal aggregate at the onset of thermal recrystallisation are first reproduced numerically. The constitutive behaviour of each grain in the aggregate is described using a non-local dislocation mechanics-based crystallographic formulation. Different measures of stored internal strain energy are determined based on the dislocation density distribution in the aggregate.

The minimisation of stored and grain boundary energies provides the driving force for grain boundary motion. To describe the interface motion, a phase field model taking into account the stored energy distribution is formulated

and implemented within the continuum framework. A weak coupling between the grain boundary kinematics and the crystal plasticity model is made through the dislocation densities and the grain orientations. Furthermore, the parameters of the free energy are calibrated based on published Read-Shockley boundary energy data. To validate the proposed model, a polycrystalline aluminium aggregate is first cold deformed under plan strain conditions and then annealed. The predicted recrystallised material volume fraction evolution was found to have the same dependence on deformation levels and temperature as those reported in the literature.

Source : E. P. BUSO

La Newsletter du Centre des Matériaux

Mines Paristech - Centre des Matériaux P.M. FOURT
ARMINES - UMR CNRS 7633
B.P. 87
91003 Evry cedex
<http://www.mat.ensmp.fr>
Téléphone : (+ 33) 1 60 76 31 40
Télécopie : (+33) 1 60 76 31 50
Messagerie : francoise.di_rienzo@mines-paristech.fr

Equipe rédactionnelle

Rédactrice en Chef : Françoise DI RIENZO
Responsable de production : Esteban BUSO
La Page du CdM...Le Point ! : Odile ADAM, Sylvie LEMERCIER
Comité de relecture : Françoise DI RIENZO, Yves BIENVENU
Photographies : Maria SIMOES-BETBEDER (sauf indication contraire)



CENTRE DES MATERIAUX
P.M.FOURT

<http://www.mat.ensmp.fr>

Envie de publier un article sur un sujet qui vous passionne, envie de présenter un point de votre thématique de recherche, d'informer, de vulgariser ?

Le CdM Tribune est là pour ça et vous écoute ! N'hésitez plus, écrivez.