



NEWSLETTER 30

CENTRE DES MATERIAUX
P.MFOURT

Newsletter

Le CdM Tribune

Le Centre des Matériaux—EVRY



Dans ce numéro :

Editorial	1
L'image du mois	1
LASAT décolle au CdM	2
Stagiaires	2
Séminaire « Biomatériaux »	3
ECCC 2009	4-5
Le point des deux mois	6-7
Doc F2M-12	7
Les bons plans à venir	7

Edito

Essais de fluage et aciers 9-12Cr sont indissociables de la conférence ECCC 2009. Cette manifestation a inspiré trois thésards du CdM qui nous en proposent une synthèse, en s'appuyant sur leurs trois thèses. Merci pour ce travail proposé spontanément à La Tribune.

Des études concernant les biomatériaux existent au CEMEF et au CDM que le département Mécanique et Matériaux a permis de passer en revue.

Saviez-vous qu'un LASATeur s'est introduit dans nos locaux? Pour le débusquer, voyez page suivante.

Pas moins de quatre séminaires ont eu lieu au CdM. Une thèse a été soutenue à Paris. Faut-il mettre dans ces pages leurs résumés? Parlez m'en.

Je tente une nouvelle rubrique : l'image du mois. Proposez moi vite la vôtre.

Je vous ai choisi des spectacles en extérieur pour les beaux jours.

Merci aux contributeurs, sans qui cette Newsletter ne serait pas.

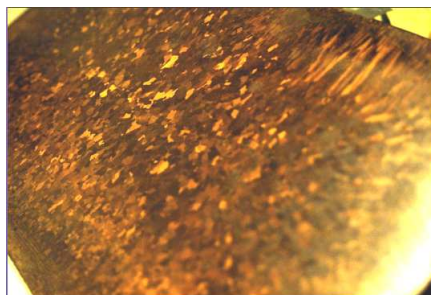
Bonne lecture

Françoise DI RIENZO, pour le *CdM Tribune*.

Faits marquants d'avril — mai

- 03/04/09 : séminaire « Durabilité des aubes de turbine monocristallines »
- 24/04/09 : séminaire « étude de procédés à haute énergie dans l'industrie aéronautique »
- 30/04/09 : visite de personnels du service de la Gestion Générale d'Armines.
- 12/05/09 : visite de P. IRIS, Directeur d'Armines
- 13/05/09 : visite de M. SUNGGI BAIK, président de l'Université POSTECH (Pohang, Corée du Sud), et de M. EUI HO SUH.
- 14/05/09 : Soutenance de thèse de Tolga TAVSANOGU, « Elaboration par différents procédés de pulvérisation et caractérisation de mono et multi couches minces de carbure de bore et de carbonitrure de bore »
- 15/05/09 : séminaire « Comportement mécanique et endommagement des matériaux composites à matrice polymère »

L'image du mois



Grains dans un lingot de cuivre

Cette image fait partie d'un diaporama présentant nos métiers sur le site

http://www.carnot-mines.eu/Une-journee-au-centre-des-materiaux-MINES-ParisTech_T6.php

Allez voir sur le site, mais aussi en salle de métallographie, où l'échantillon voisine des sections de lingots d'acier, utilisés pour illustrer les cours sur la solidification.

Source : F. DI RIENZO, Y. BIENVENU

- 18-19/05 : séminaire du département Mécanique et Matériaux de Mines Paris-Tech, au Cemef (Sophia-Antipolis) autour de la thématique des biomatériaux

- 25/05/09 : visite de MM FAURE et DUMONT, vice-présidents du CGIET, nouvelle tutelle commune aux écoles des Mines et au groupe des écoles des télécoms

- 29/05/09 : séminaire « La connectique et la mécatronique dans l'automobile »

Faits à venir

- 05/06/09 : soutenance de thèse d'Elodie SORLIER « Développement d'un procédé de gradation des carbures cémentés WC-Co basé sur l'imbibition, amélioration de la durée de vie des taillants de forage pétrolier ».

- 12/06/09 : les douze heures du CdM

- 16/06/09 : CLuB ZéBuLoN : La simulation de la propagation de fissures.

- 22-23/06/09 : Exposés des thésards 1ère année

- 25/06/09 : Tournoi de Volley-ball

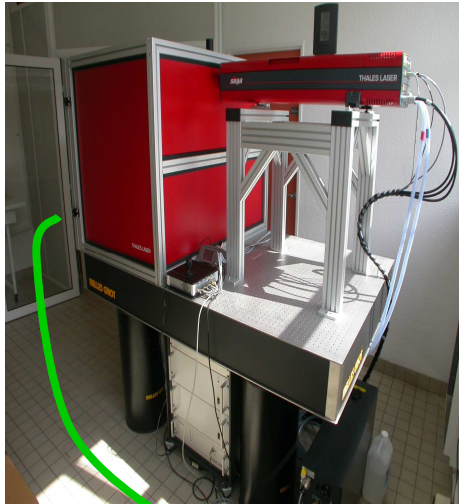
Contacts : semteam@mat.ensmp.fr

LASAT décolle au Centre des Matériaux

Le Centre des Matériaux de MINES ParisTech, vient de se doter d'une machine de choc laser pour déterminer l'adhérence des revêtements grâce à une technique innovante, efficace, rapide, sensible, propre, et bon marché : la technique LASAT (« LAser Shock Adhesion Test »). De conception robuste, cette machine préfigure les équipements susceptibles de s'implanter bientôt en site industriel. Pour y aider, la machine du Centre des Matériaux, dénommée LASAteur, servira de banc d'essai à la disposition des industriels pour des prestations à la demande comme pour le développement de travaux de recherche et développement. Le LASAteur pourra aussi appliquer l'essai d'adhérence à chaud et sous vide. Les applications de LASAT touchent un grand nombre de secteurs industriels, en résumé, tous ceux dans lesquels sont utilisés des revêtements, ainsi que le domaine de la biologie cellulaire. Incidemment, cet équipement pourra être utilisé pour la mise sous contrainte de compression (grenailage photonique) et la densification superficielles.

L'essai d'adhérence LASAT est fondé sur la sollicitation de l'interface substrat-revêtement par un choc provoqué par l'irradiation laser du matériau pendant un temps très bref, de l'ordre de quelques ns. A un certain niveau d'irradiation (dit flux laser seuil) le revêtement se « décolle » du

substrat. La contrainte correspondante, autrement dit l'adhérence, se déduit des conditions laser appliquées, par calcul ou par simple examen d'un abaque qui en traduit le résultat.



LASAT

Machine de choc laser pour essai d'adhérence LASAT (« LAser Shock Adhesion Test »).

Ci-contre : chambre d'essai



L'arrivée de cette machine au Centre des Matériaux est l'aboutissement d'une quinzaine d'années de recherches dans le domaine par MINES ParisTech, en étroite collaboration avec le LALP (Laboratoire d'Applications des Lasers de Puissance)/Arcueil et le LCD (Laboratoire de Combustion et Détonique)-ENSMA/Poitiers et avec l'appui de plusieurs industriels. Cette machine a pu être acquise grâce au soutien du Conseil Général de l'Essonne dans le cadre d'un projet ASTRE en 2008, avec l'aide du CRITT MECA, du BIO-CRITT, de Snecma/Centre d'Evry-Corbeil, de Thalès Laser, de l'Université d'Evry Val d'Essonne, de Génopole®, de Castolin France, et de CERMA.

Deux thèses utilisant ce matériel, au sein de l'équipe SIP, sont en cours. Elles portent sur l'adhérence de barrières thermiques EBPVD et sur la simulation expérimentale du « cold spray » par choc laser.

Pour de plus amples informations (e.g. une liste de références sur LASAT), voir www.mat.ensmp.fr/C2P.

Contacts:

michel.jeandin@mines-paristech.fr,

vincent.guipont@mines-paristech.fr.

Sources : M. JEANDIN

Stagiaires

Alexandre LEGENDRE, technicien de l'IUT d'Evry, Génie Mécanique, est stagiaire du 20 avril au 25 juin, dans l'équipe SIP (Y. BIENVENU) pour un stage d'application.

Pierre DE BODMAN, élève-ingénieur 3A ECP est stagiaire du 4 mai au 4 novembre dans l'équipe CHT (V. MAUREL). Il modélise l'écaillage des barrières thermiques sur aubes de turbines.

Mohamed BELARBI, technicien BTS traitement des matériaux du Lycée Diderot (Paris 19^{ème}) est stagiaire du 18 mai au 10 juillet dans l'équipe CHT (A. KOSTER) pour un stage d'application.

Nicolas WAISBORD, de l'Université Pierre et Marie Curie, est stagiaire du 28 mai au 7 juillet dans l'équipe SIP (A. THOREL, M. SENNOUR) pour un stage en tomographie.

Alexis RENE-CORAIL, technicien de l'IUT d'Evry, Génie Mécanique, est stagiaire du 20 avril au 26 juin, chez Poly-Shape (S. ABED), pour un stage d'application.

Karen CHARPENTIER, technicienne BTS Génie optique (Paris 15^{ème}), est stagiaire du 18 mai au 26 juin au CLFA Fraunhofer (C. SEBASTIEN) pour un stage d'application.

Chunyang FENG, élève-ingénieur 3A ENSIL (Limoges), est stagiaire du 1er mai au 30 septembre dans l'équipe SIP (V. GUIPONT) pour étudier les dépôts durs par projection de gaz froid Cold Spray pour application tribologique.

Source : V. DIAMANTINO

Muguet joli

Le 1er mai, on offre traditionnellement du muguet « porte-bonheur », mais seuls les brins de muguet ayant spontanément et naturellement treize fleurs portent bonheur.



On fait remonter cette tradition du muguet du 1er mai à la Renaissance, Charles IX en ayant offert autour de lui en 1561 comme porte-bonheur.

Sources:

http://fr.wikipedia.org/wiki/Muguet_de_mai

« Biomatériaux »

**DEPARTEMENT
MECANIQUE ET MATERIAUX
BIOMATERIAUX
19 mai 2009
CEMEF (Sophia-Antipolis)**



Le 2nd séminaire du département mécanique et matériaux de Mines-ParisTech s'est tenu les 18-19 mai 2009 à Sophia-Antipolis au Centre de Mise en Forme des Matériaux (CEMEF).

La thématique retenue pour ce séminaire était les biomatériaux. Les biomatériaux qui regroupent l'ensemble des matériaux en rapport avec le vivant font l'objet d'une recherche scientifique et technique en pleine expansion. Les premières évocations du concept de biomatériaux dans les années 70-80 désignent essentiellement les matériaux se substituant aux matériaux vivants (prothèses et dispositifs médicaux). Depuis, les progrès de la biologie, médecine, chimie et physique ont considérablement élargi l'utilisation et la maîtrise du vivant. Aujourd'hui, la recherche en biomatériaux touche une palette extrêmement riche de problèmes et d'applications concernant les matériaux vivants, biosourcés, biocompatibles, biomimétiques, biodégradables... Les centres de recherche de Mines-ParisTech (CEMEF, CdM et CEP) développent un nombre significatif et croissant d'actions au cours de ces sujets. Ce séminaire avait pour principaux objectifs de faire connaître les acteurs et les moyens Mines-ParisTech impliqués dans la thématique biomatériaux, d'échanger autour des recherches en cours et de sensibiliser les chercheurs aux formes possibles de collaboration.

Ce séminaire réparti sur deux jours (un après-midi visite du CEMEF et une journée de séminaire) s'est déroulée dans une ambiance très conviviale et sous un soleil sympathique. En plus de la trentaine de participants prévue, plusieurs chercheurs et étudiants du CEMEF se sont glissés dans l'auditorium au gré des exposés. La diversité des sujets abordés et l'enthousiasme des intervenants a mis en évidence le dynamisme de la recherche Mines-ParisTech autour de cette vaste thémati-

que. Une discussion de clôture animée par Jean-François Agassant a permis d'initier une réflexion pour trouver les synergies entre les centres de recherche présents et les enjeux scientifiques et techniques que l'association des compétences de ces centres pouvait aider à aborder. Plusieurs thèmes ont été évoqués

- Prise en compte de la variabilité des biomatériaux et influence sur la structure, la mise en forme et les propriétés d'usage
- Nécessité de mieux appréhender la structure complexe de ces matériaux et de pouvoir trouver des outils permettant une quantification à toutes les échelles pertinentes.
- Durabilité des matériaux avec des couplages mise en forme-fatigue-biodégradabilité

Il est clairement apparu une volonté des chercheurs de collaborer et de lancer des actions de recherche communes. Par ailleurs, une intervention au niveau de l'enseignement a également été considérée avec la mise en place éventuelle d'un enseignement biomatériaux dans le cursus ingénieur-civil de Mines-ParisTech et la participation d'enseignants et chercheurs au futur Master ParisTech Bioengineering.

Contact Séminaire :

patrick.navard@mines-paristech.fr
(CEMEF);
laurent.corte@mines-paristech.fr (CdM)

Contact Département :

meca-mat@mines-paristech.fr

PROGRAMME DU SEMINAIRE

« Activités autour des biomatériaux au Centre des Matériaux » (**Laurent Corté**)

« Activités autour des biomatériaux au Centre de Mise en Forme des Matériaux » (**Patrick Navard**)

« Etude mécanique et microstructurale de fibres naturelles : la soie génétiquement modifiée » (**Vincent Jauzein**)

« Propriétés rhéologiques et transformation par extrusion des produits céréaliers » (**Bruno Vergnes**)

« Etude de l'auto-réparation d'élastomères supramoléculaires » (**Florine Maes**)

« Mise en forme de la cellulose en utilisant des solvants verts : liquides ioniques et soude » (**Romain Sescousse**)

« Apport des méthodes de mesure de champs à l'étude du comportement mécanique de l'os spongieux de la glène » (**Jérôme Crépin**)

« Etude des tissus mous et osseux » (**Yannick Tillier**)

« Aérogels de dérivés cellulosiques et carbones associés » (**Arnaud Rigacci**)

« Conception d'une prothèse de ligament croisé antérieur » (**Fabrice Detrez**)

« Etude des fibres de cellulose régénérée » (**Cyril Chaudemanche**)

« Nanoparticules et biologie » (**Alain Thorel**)

« Strategies for developing eco-labelling in the electrical sector » (**Henry Kwan**)

« Techniques pour les biomatériaux et bioplastiques au Fraunhofer-Institut für Lasertechnik » (**Wolfgang Knapp**)

Sources : L. CORTE

ECCC 2009

Creep & Fracture in High Temperature Components

Design & Life assessment issues

2nd International *European Creep Collaborative Committee* (ECCC) Conference

21-23 Avril 2009

Zurich, Suisse

L'ECCC a été fondé en 1991 dans le but de rassembler, dans un vivier européen commun, tous les résultats d'essais de fluage réalisés sur des matériaux utilisés en Europe, essentiellement pour des applications en tant qu'éléments de structure dans les centrales de production d'électricité. Les essais de fluage sont reconnus pour leur longue durée (faible sollicitation mécanique suivant les possibilités de mise en œuvre) et pour leur dispersion en termes de temps à rupture pour une contrainte donnée. L'objectif de l'ECCC est de mettre à disposition des industries ou des centres de recherche des données expérimentales sur cette résistance à la rupture par fluage de ces matériaux, utilisés ou en cours de développement, et favoriser une meilleure collaboration entre les différents partenaires.

Cette année, l'ECCC a organisé sa seconde conférence internationale qui a rassemblé 29 nationalités et a conduit à produire un peu moins de 200 articles dans son proceeding et une centaine de présentations réparties en deux sessions parallèles, hors keynotes, sur 3 jours. La conférence a eu lieu à l'EMPA à Dübendorf, à 15 min de Zurich. L'EMPA est une institution de recherche et de services interdisciplinaire qui se consacre à la science des matériaux et aux développements technologiques. Les activités de recherche et de développement de l'EMPA s'orientent sur la demande de l'industrie et sur les besoins de la société et établissent un lien entre la recherche appliquée et sa transposition pratique, entre la science et l'industrie ainsi qu'entre la science et la société (<http://www.empa.ch>).

Les grands noms de la littérature associés à l'étude du comportement des matériaux métalliques, principalement des aciers martensitiques au chrome, étaient présents. Evidemment, le NIMS ([http://](http://www.nims.go.jp)

www.nims.go.jp) était largement représenté avec F. ABE (chairman d'une des 3 sessions sur les aciers martensitiques), K. KIMURA, K. SAWADA, M. TABUCHI qui sont des acteurs majeurs dans la recherche sur le comportement en fluage des 9-12Cr. Mais également V. SKLENICKA, de l'Institut de Physique des Matériaux (Rep. Tchèque) et J. HALD (Danemark) étaient présents. V. SKLENICKA est considéré comme l'un des créateurs du Grade 91, alors que J. HALD a longuement étudié les 9-12Cr et travaille actuellement avec H. Kj. DANIELSEN et L. CIPOLLA sur l'accélération de la précipitation de la phase Z dans le but de renforcer la résistance au fluage des 12Cr. Cette phase était jusqu'alors considérée comme néfaste pour cette résistance au fluage. Ils étaient accompagnés de M. YAGUCHI, F. MASUYAMA, K. MARUYAMA, Y. HASEGAWA, H. FURTADO, B. DOGAN, A. Di GIANFRANCESCO, W. BENDICK, P. MAYR, K. H. MAYER et B. WILSHIRE, eux aussi des grands noms du monde du fluage.

L'un des objectifs des nombreuses études sur les aciers 9-12Cr est d'étudier les mécanismes de la perte de résistance au fluage et d'améliorer cette résistance. Il est connu qu'à l'heure actuelle les principaux renforts dans cette résistance au fluage pour les aciers 9-12Cr peuvent se résumer en quelques points :

Renfort par la solution solide : présence dans la matrice d'éléments en solution tels que le Mo et le W. Ces solutés freinent le déplacement des dislocations en s'agrippant à elles.

Renfort par la précipitation : fine et uniformément dispersée dans la matrice, il s'agit majoritairement de MX tels que les Nb(C,N) et les VN, réputés stables à haute température. Ces MX permettent de bloquer le déplacement des dislocations.

Renfort par la sous-structure : c'est tout l'intérêt de disposer d'une structure métastable martensitique en lattes qui dispose de beaucoup d'interfaces, des an-

ciens joints de grains austénitiques jusqu'aux joints de lattes de faibles désorientation, en passant par les joints de fortes désorientation (paquets et blocs). Il est à noter la présence de carbures $M_{23}C_6$ riches en Cr dans tous ces joints qui permettent une stabilisation de la microstructure.

Renfort par une densité initiale élevée de dislocations : il est primordial de disposer d'une densité initiale très élevée, puisque les différents traitements thermiques, que subit le matériau avant fluage, engendrent une microstructure martensitique revenue avec une diminution de cette densité de dislocations. Comme la résistance au fluage est également assurée par la multiplication des arbres de la forêt qui gênent le déplacement des dislocations, cette densité doit être la plus élevée possible avant fluage.

Les différentes présentations ont montré que des efforts sont toujours en cours pour améliorer ces différents mécanismes de renfort, soit en modifiant la microstructure initiale (bainitique plutôt que martensitique), soit en modifiant la précipitation (soit en ajoutant du B pour empêcher la croissance des $M_{23}C_6$ tout en favorisant une précipitation précoce de phase Z au détriment de la précipitation traditionnelle de MX). Il a d'ailleurs été montré que les phases Z apparaissent pour des températures supérieures à 600°C et qu'elles se forment par la diffusion du Cr dans certains types de MX, les VN.

Il a été montré que la perte de résistance au fluage, plus marquée dans les 12Cr par rapport aux 9Cr à haute température (> 600°C) pour des temps longs d'exposition (>10⁴ h), est associée à la précipitation de grosses phases de Laves qui engendrent un appauvrissement de la solution solide (Mo ou W), à la précipitation de phases Z et à la restauration de la matrice. Cette précipitation de phases Z n'est pas le mécanisme prépondérant

ECCC 2009 (suite)

dans les 9Cr traditionnels (Grade 91, Grade 92) et à faible température (jusqu'à 575°C) il n'y a pas de perte de résistance au fluage. En revanche, à haute température, quel est le mécanisme prépondérant qui engendre la perte de résistance au fluage aux temps les plus longs ? Le point commun de toutes les présentations abordées à ce sujet est la volonté de disposer de données de fluage à long terme (> 10⁵ h), à la fois pour étudier l'évolution de la microstructure mais aussi de disposer de données expérimentales utilisables dans les modèles de prédiction de durée de vie. B. WILSHIRE rappelle qu'on ne peut pas prédire le temps à rupture aux faibles contraintes à partir d'essais court-terme. Dans le cadre de cette problématique de disposer d'essais longs, une astuce avait été proposée de fatiguer le matériau avant essai de fluage ou de mettre en place plusieurs cycles de fatigue-fluage combinés. La thèse de B. FOURNIER [1] avait montré que cette sollicitation entraînait un adoucissement du matériau (Grade 91) à 500°C ce qui n'est pas concevable par rapport au cahier des charges imposé pour une application dans le domaine du nucléaire. En revanche, ce matériau et le Grade 92 ne sont pas sujets au vieillissement dynamique pour la gamme de température 500-550°C (F. VIVIER [2] ; P.-F. GIROUX [3]). Certaines études montrent également qu'un traitement thermomécanique pourrait améliorer la résistance au fluage.

On ne connaît pas non plus le mécanisme prépondérant qui engendre la perte de résistance au fluage de ces aciers (les Grades 91 et 92). Est-il associé à la précipitation

de phases de Laves qui engendre la diminution de la solution solide ou à la restauration de la matrice au sens de réduction de la densité de dislocations et du grossissement de la sous-structure, bien que les deux phénomènes soient liés. Un élément de réponse sera donné lors de la soutenance de C. PANAIT [4].

Les joints soudés ont été de la partie également (F. VIVIER ; C. PETRY (EDF) ; etc) avec des présentations assez contradictoires parfois où la rupture par fluage à 500-575°C pour des temps d'exposition comparables (environ 10³ à 10⁴ h) intervient soit dans le métal de base (D. JANDOVA ; M. YAGUCHI) soit dans le métal fondu (F. VIVIER) alors qu'on s'attend plus à une rupture dans ce dernier matériau (confirmé pour le Grade 91 par des données du NIMS via le Pr. WATANABE).

Des sessions sur les aciers austénitiques, les aciers faiblement alliés, les bases nickels, les essais (éprouvettes miniatures, punch test, relaxation en remplacement du fluage) et sur les calculs de détermination du temps d'incubation, d'initiation et de propagation de fissures ont eu lieu.

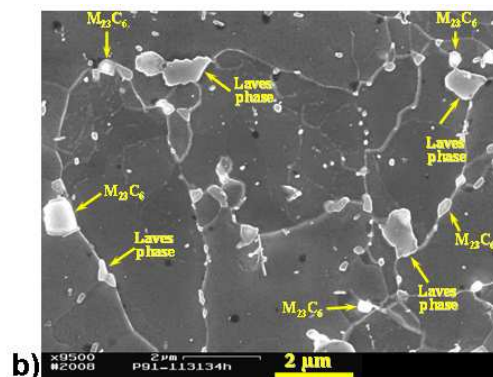
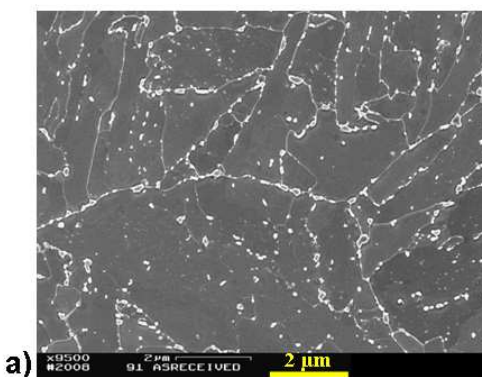
Pour ce qui concerne les études menées au Centre des Matériaux de l'Ecole des Mines de Paris, les différentes présentations s'accordent à dire que les mécanismes de renfort de la résistance au fluage des 9Cr sont ceux déjà exposés dans la première partie de ce papier et sont largement connus à travers la littérature. De ce côté là, rien de nouveau, mais cela confirme les acquis de chacun, y compris pour les nuances à 2¼ Cr (P/T23). En revanche, on attend beaucoup des nou-

velles nuances enrichies en B ou celles qui sont optimisées pour favoriser la précipitation très tôt de phases Z par transformation directe de certains MX. Les prochains rendez-vous concernant le fluage sont Liège en 2010 et Tokyo en 2011.

Références :

- [1] B. FOURNIER (2007) – *Fatigue-fluage des aciers martensitiques à 9-12%Cr : comportement et endommagement*. Doctorat Sciences et génie des matériaux, Centre des Matériaux P.M. Fournier, ENSMP.
- [2] F. VIVIER (2009, en cours de parution) – *Fluage à 500°C d'un joint soudé d'un acier 9Cr-1Mo modifié - Evolution de la microstructure et comportement mécanique*. Doctorat Sciences et génie des matériaux, Centre des Matériaux P.M. Fournier, ENSMP.
- [3] P.-F. GIROUX (2011) – *Etude des mécanismes de déformation d'aciers martensitiques soumis au fluage et à la fatigue-fluage à haute température. Influence du grossissement de la microstructure et de la précipitation*. Doctorat Sciences et génie des matériaux, Centre des Matériaux P.M. Fournier, ENSMP.
- [4] C. PANAIT (2009, en cours de rédaction) – *Evolution métallurgique des aciers martensitiques à 9% Cr pendant le fluage à 600°C et 650°C..* Doctorat Sciences et génie des matériaux, Centre des Matériaux P.M. Fournier, ENSMP.

Sources : P.-F. GIROUX, C. PANAIT, F. VIVIER



Microstructure of the as received P91 steel (a) and after creep at 600°C for 113,431h (b)

Référence : Panait C., Bendick W., Fuchsmann A., Gourgues-Lorenzon A.F., Besson J.,

Study of the microstructure of the Grade 91 steel after more than 100,000h of creep exposure at 600°C, Creep & fracture in high temperature components : Design & life assessment issues; proceedings of the 2nd ECCC Conference, 21-23 April 2009, Zurich, Switzerland, pages 877-888, ISBN 978-1-60595-005-1

Revue, Séminaires, Congrès ... le Point des deux mois!

Revue à comité de lecture

- LIMODIN N., SALVO L., BOLLER E., SUERY M., FELBERBAUM M., GAILLIEGUE Sylvain, MADI Kamel, In situ and real-time 3-D microtomography investigation of dendritic solidification in an Al-10wt.% Cu alloy, Acta materialia, 2009, 57, p. 2300-2310
- ABDELJAOUED D., BEN NACEUR I., SAI K., CAILLETAUD Georges, A new poly-crystalline plasticity model to improve ratchetting strain prediction, Mechanics research communications, 2009, 36, p. 309-315
- VOLANT P., LEVRET A., CARBON D., SCOTTI O., COMBESCURE D., VERDEL T., PIANT Anne, LAURENT P., An archeo-seismological study of the Nîmes roman aqueduct, France : indirect evidence for an M > 6 seismic event ?, Natural hazards, 2009, 49, p. 53-77
- LEBRETON Valérie, PACHOUTIN-SKI Daniel, BIENVENU Yves, An investigation of microstructure and mechanical properties in Cu-Ti-Sn alloys rich in copper, Materials science and engineering A, 2009, 508, p. 83-92
- CANTOURNET Sabine, DESMORAT R., BESSON Jacques, Mullins effect and cyclic stress softening of filled elastomers by internal sliding and friction thermodynamics model, International journal of solids and structures, 2009, 46, p. 2255-2264
- COSTA Rémi, HAFSAOUI Julien, ALMEIDA DE OLIVEIRA A.P., GROSJEAN Arnaud, CARUEL M., CHESNAUD Anthony, THOREL Alain, Tape casting of proton conducting ceramic material, Journal of applied electrochemistry, 2009, 39, p. 485-495
- BUSSO Esteban P., QIAN Z.Q., TAYLOR M.P., EVANS H.E., The influence of bondcoat and topcoat mechanical properties on stress development in thermal barrier coating systems, Acta materialia, 2009, 57, p. 2349-2361
- BUSCAGLIA M.T., BUSCAGLIA V., BOTTINO C., VIVIANI M., FOURNIER R., SENNOUR Mohamed, PRESTO S., MARAZZA R., NANNI P., Morphological control of hydrothermal Ni(OH)₂ in the presence of polymer and surfactants : nanocrystals, mesocrystals, and superstructures, Crystal growth & design, 2008, 8, p. 3847-3855
- FOURNIER Benjamin, SAUZAY M., CAES C., NOBLECOURT M., RABEAU V., BOUGAULT A., PINEAU André, High temperature creep-fatigue-oxidation interactions in 9-12%Cr martensitic steels, Journal of nuclear materials, 2009, 386-388, p. 418-421
- FOURNIER Benjamin, SAUZAY M., RENAULT A., BARCELO F., PINEAU André, Microstructural evolutions and cyclic softening of 9% martensitic steels, Journal of nuclear materials, 2009, 386-388, p. 71-74
- GERARD Céline, BACROIX B., BORNERT M., CAILLETAUD Georges, CREPIN Jérôme, LECLERCQ S., Hardening description for FCC materials under complex loading paths, Computational materials science, 2009, 45, p. 751-755
- ASLAN Ozgur, FOREST Samuel, Crack growth modelling in single crystals based on higher order continua, Computational materials science, 2009, 45, p. 756-761
- BARGELLINI R., BESSON Jacques, LORENTZ E., MICHEL-PONNELLE S., A non-local finite element based on volumetric strain gradient : application to ductile fracture, Computational materials science, 45, p. 762-767
- CASALS Ovidi, FOREST Samuel, Finite element crystal plasticity analysis of spherical indentation in bulk single crystals and coatings, Computational materials science, 45, p. 774-782
- SISKI Filip, WEYGAND D., FOREST Samuel, GUMBSCH P., Comparison of mechanical behaviour of thin film simulated by discrete dislocation dynamics and continuum crystal plasticity, Computational materials science, 45, p. 793-799
- AMMAR Kais, APPOLAIRE B., CAILLETAUD Georges, FEYEL F., FOREST Samuel, Finite element formulation of a phase field model based on the concept of generalized stresses, Computational materials science, 45, p. 800-805
- REGRAIN Cédric, LAIARINANDRASANA Lucien, TOILLON S., SAI K., Multi-mechanism models pour semi-crystalline polymer : constitutive relations and finite element implementation, International journal of plasticity, 2009, 25, p. 1253-1279
- LAIARINANDRASANA Lucien, BESSON Jacques, LAFARGE M., HOCHSTETTER G., Temperature dependent mechanical behaviour of PVDF : experiments and numerical modelling, International journal of plasticity, 2009, 25, p. 1301-1324
- DESCHEAUX-BEAUME F., FRETZY N., CUTARD T., COLIN Christophe, Oxidation modelling of a Si₃N₄-TiN composite : comparison between experiment and kinetic models, Ceramics international, 2009, 35, p. 1709-1718
- BALLARIN V., SOLER M., PERLADE A., LEMOINE X., FOREST Samuel, Mechanisms and modeling of bake-hardening steels : part I, Uniaxial tension, Metallurgical and materials transactions A, 2009, 40, p. 1367-1374
- BALLARIN V., PERLADE A., LEMOINE X., BOUAZIZ O., FOREST Samuel, Mechanisms and modeling of bake-hardening steels : part II, Complex loading paths, Metallurgical and materials transactions A, 2009, 40, p. 1375-1382
- HILLOU A., BEN NACEUR I., SAI K., GERARD Céline, FOREST Samuel, CAILLETAUD Georges, Generalization of the polycrystalline β -model : finite element assessment and application to softening material behaviour, Computational materials science, 2009, 45, p. 1104-1112
- ROUSSELIER Gilles, BARLAT F., Modeling of plastic anisotropy with reduced polycrystalline models. Application to aluminum alloys, International Journal of materials forming, 2008, suppl. 1, p. 269-272
- VANOVERGERGHE I., GARCIA-ARANDA L., RYCKLELYNCK David, CHASTEL Y., Detection of deviations origins in a heat treatment process using proper orthogonal decomposition (POD) basis, International Journal of materials forming, 2008, suppl. 1, p. 1055-1058

Chapitres de livres

PINEAU André, ANTOLOVICH Stephen, Fatigue à haute température, in : Fatigue des matériaux et des structures 3, sous la direction de C. Bathias, A. Pineau, chapitre 1, Hermès-Lavoisier, 2009, p.19-155

Revue, Séminaires, Congrès ... le Point des deux mois!

Actes de congrès

- **GUEDOU J.Y., AUGUSTINS-LECALLIER Isabelle, NAZE Loic, CARON P., LOCQ D.**, Development of a new fatigue and creep resistant PM nickel base superalloy for disk applications, in : Superalloys 2008, ed. R.C. Reed, K.A. Green, P. Caron et al, TMS, 2008, p. 21-30
- **DUCHAMP M., BARTOUT Jean Dominique, FOREST Samuel, BIENVENU Yves, WALTHER G., SABERI S., BOEHM A.**, Mechanical behavior of nickel base foams for diesel particle filter applications, in : Mechanical properties of cellular materials, ed. H. Zhao, N.A. Fleck, Springer, 2009, IUTAM Bookseries 12, p. 5167
- **CAILLETAUD Georges**, Une introduction à la plasticité cristalline interactions avec l'environnement, in : PlastOx 2007, 2009, EDP Sciences, p. 81-115
- **AMMAR Kais, APPOLAIRE B., CAILLETAUD Georges, FEYEL F., FOREST Samuel**, Formulation éléments finis des modèles de champ de phases basée sur la théorie de l'équilibre des microforges, in : PlastOx 2007, 2009, EDP Sciences, p. 117-129

Séminaires

- **03/04/09 : Durabilité des aubes de turbine monocristallines**
« Problématiques Turboméca sur la mécanique de monocristaux et la fatigue combinée », F. VOGEL, Turboméca
« Etude de la micro-propagation de fissure à partir de défauts dans les aubes de turbine monocristallines », M. GEUFRARD, CdM
« Finite element simulations of thermo-mechanical fatigue crack growth in single crystal nickel superalloys for turbine blades in jet engines », O. ASLAN, CdM
- **24/04/09 : Etude de procédés à haute énergie dans l'industrie aéronautique**
« Modélisation numérique des aspects thermo-hydraulique de procédés de soudage par fusion », M. MEDALE, groupe Instabilités Thermo-convectives / Polytect'Marseille - Laboratoire IUSTI
« Etude de l'endommagement d'un supe-

ralliage à base de nickel monocristallin induit par micro-perçage Laser milliseconde », N. REVUZ, CdM

« La Fabrication directe de pièces plastiques et métalliques chez Dassault Aviation », M. PACHOUTINSKY, Dassault Aviation

« Fabrication de pièces métalliques en TA6V par le procédé de Fusion Sélective par Laser de lits de poudre », T. VILARO, CdM,

• 15/05/09 : Comportement mécanique et endommagement des matériaux composites à matrice polymère

« Propriétés physiques et mécaniques des PA66 chargés de fibres de verre utilisables en vue de la conception de pièces plastiques injectées », G. ROBERT, RHODIA

« Mécanismes d'endommagement en fatigue dans le polyamide renforcé », E. MOURGLIA, Laboratoire Polymères et Matériaux Avancés.

« Analyse multi-échelle des mécanismes d'endommagement de composites chanvre/époxy par émission acoustique », C. BONNAFOUS, Laboratoire de Mécanique et de Physique des Matériaux.

« Analyse multi-échelle d'un composite textile thermoplastique », B. PIEZEL, CdM

• 29/05/09 : La connectique et la mécatronique dans l'automobile.

« Matériaux et procédés pour la mécatronique automobile », A. KAABI, CdM

« Spécificité de la connectique automobile », F. LE STRAT, RENAULT

« Limite d'utilisation des revêtements d'étain en connectique automobile », M. BORDIGNON, CdM/RENAULT

Congrès

• **Du 6 au 9 Avril 2009** : participation de Lucien LAIARINANDRASANA au 14th « International Conference on Deformation, Yield and Fracture of Polymers », Kerkrade, Hollande.

• **Du 8 au 10 Avril 2009** : participation de Cécilie DUHAMEL et Mohamed SENNOUR, aux 23^{èmes} Journées GUMP, « Les alignements en MET », Eindhoven, Hollande.

• **Du 27 au 29 Avril 2009** : participation de Gilles ROUSSELIER, David RYCKELYNCK, à ESA FORM'2009, Enschede, Hollande.

• **Du 23 au 24 Avril 2009** : participation de Jacques BESSON à "ESIS Workshop on Numerical Modelling of material's Failure", Avril 09, Germany

• **Du 28 au 29 avril 2009** : participation de Henri TEZENAS à "Conference Grain Boundaries at High Temperature", Derby, UK.

• **Du 25 au 29 mai 2009** : participation nombreuse au 9^{ème} colloque national en calcul de structures, Giens, France

Sources : O. ADAM

Doc F2M-12

En 2009, le forum Doc F2M, 12^{ème} édition, est organisé conjointement par la Fédération francilienne de mécanique (<http://www.f2m.cnrs-bellevue.fr>) et par ParisTech (<http://www.paristech.fr>). Il aura lieu aux Arts et Métiers ParisTech, 155 Boulevard de l'Hôpital, Paris 13^{ème}, Le vendredi 10 juillet, de 8h30 à 17h.

Ce forum a pour objectif de valoriser la formation doctorale auprès des industriels. Son programme est donc conçu autour de rencontres et de débats entre doctorants et acteurs de l'industrie. Une « heure industrielle » avec trois présentations de responsables de formation et de recrutement, des présentations synthétiques pour mettre en avant ce qu'apporte l'expérience d'une thèse dans les domaines du génie civil, des transports et de l'énergie, deux tables rondes, l'une sur la mobilité internationale, l'autre sur la valeur ajoutée du doctorat et enfin une grande session posters qui permettra à tous les doctorants et post-docs participants d'exposer leur projet personnel.

L'intérêt pour les doctorants est évident, ce forum leur permettant de prendre contact en montrant leur savoir-faire. Quant aux acteurs industriels, ils auront l'opportunité en un seul lieu et sur une seule journée, de discuter avec un nombre important de candidats de qualité. C'est donc un rendez-vous à ne pas manquer.

Pour tout savoir

<http://www.mat.ensmp.fr/DocF2M-12>

Sources : F. DI RIENZO

Les Bons Plans à venir

• Promenades

LES BATEAUX MOUCHES

Promenades sur la Seine. L'embarquement et le débarquement s'effectuent Port de la Conférence - Pont de l'Alma, rive droite - Paris 8ème.

Horaires d'été : 10h15 - 11h00 - 11h30 - 12h15 - 13h00 - 13h45 - 14h30 - 15h15

Toutes les 20mn (environ) de 19h00 à 23h00

Tarifs : enfant de moins de 4 ans gratuit, entre 4 et 12 ans 5€, adulte 10€.

Circuits et autres informations (croisières repas, etc) sur <http://www.bateaux-mouches.fr>

• Animaux en forêt



<http://www.onf.fr/espaceram/>

ESPACE RAMBOUILLET

ROUTE DÉPARTEMENTALE 27
78120 RAMBOUILLET

Le Parc Animalier Espace Rambouillet, de 250 hectares, unique en île de France, est aménagé en quatre espaces complémentaires :

La Forêt des Aigles où l'on peut observer plus de 100 rapaces diurnes ou nocturnes en volières ainsi qu'en vols libres lors de démonstrations.

La Forêt des Cerfs est un sentier d'initiation pour ceux qui ne connaissent pas

ou peu les animaux. Derrière un paravent, les visiteurs observent quelques uns des animaux de la forêt et prennent connaissance de leurs spécificités grâce à des panneaux d'informations.

La Forêt Sauvage occupe, à elle seule, 180 hectares. Les visiteurs découvrent hors des sentiers les animaux de la forêt : cerfs, biches, faons, chevreuils, daims, sangliers, etc.

L'Odysée Verte, parcours découverte de 300 mètres à la hauteur des branches, sécurisé, sans harnais. 18 passerelles, plate-formes pour découvrir la forêt avec tous vos sens et mieux la comprendre.

Tarifs : de 5€ à 10€ selon âge +supplément 5€ pour l'Odysée Verte
Autres Informations sur <http://www.onf.fr/espaceram/>

• Visite

MAISON ET JARDINS DE CLAUDE MONET



<http://www.fondation-monet.fr/>

FONDATION CLAUDE MONET
84 RUE CLAUDE MONET
27620 GIVERNY

Claude Monet a vécu de 1883 à 1926, soit

près de quarante-trois ans, dans sa maison de Giverny. Passionné par le jardinage autant que par les couleurs, il a conçu son jardin de fleurs et son jardin d'eau comme de véritables œuvres.

Tarifs : de 3€ à 6€

Site : <http://www.fondation-monet.fr/fr/>

• Musique classique

FESTIVAL EUROPEEN JEUNES TALENTS 2009

Musique classique
du 10/07/2009 au 30/07/2009
HOTEL DE SOUBISE
75003 PARIS

Du 10 au 30 juillet, découvrez de jeunes interprètes, dans un lieu agréable et à moindre coût.

Tarifs : de 14€ à 17€

Site : <http://jeunes-talents.over-blog.com/article-30599135.html>

• Lieu de cultures

DOMAINE DEPARTEMENTAL DE CHAMARANDE (91)

La saison 2009 est lancée. Du 6 juin à fin août, les spectacles (musiques, danse, cinéma) s'enchaînent, gratuits, tous publics, dans un superbe parc.

En auto ou en RER C (direction "Saint-Martin d'Etampes", station Chamarande à 200 mètres de l'entrée du Domaine. Fréquence : toutes les 30 minutes).

Site :

http://www.essonne.fr/culture_sports_loisirs/lieux_culturels/domaine_departemental_de_chamarande/

La Newsletter du Centre des Matériaux

Mines Paristech - Centre des Matériaux P.M. FOURT
ARMINES - UMR CNRS 7633
B.P. 87

Téléphone : (+ 33) 1 60 76 31 40

Télécopie : (+33) 1 60 76 31 50

Messagerie : francoise.di_rienzo@ensmp.fr

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



CENTRE DES MATERIAUX
P.M.FOURT

Equipe rédactionnelle

Rédacteur en Chef : *Françoise DI RIENZO*

Responsable de production : *Estéban BUSSO*

La Page du CdM...Le Point ! : *Odile ADAM, Sylvie LEMERCIER*

Comité de relecture : *Françoise DI RIENZO, Yves BIENVENU*

Envie de publier un article sur un sujet qui vous passionne, envie de présenter un point de votre thématique de recherche, envie d'informer et de vulgariser ? Le CdM Tribune est là pour ça et vous écoute ! N'hésitez plus...