

NEWSLETTER 52



CENTRE DES MATERIAUX
P.M.FOURT



1	Editorial
1	Faits marquants
1	Journée HIP avril 2013
2	Le point Presse
3	Colloque Plasticité 2013
3	Workshop Magnesium à Madrid
4-5	Interview A. Pineau
5	Récompenses
6	Stagiaires

Editorial

Il ne pleut pas que de l'eau sur le Centre des Matériaux; pas une semaine sans l'annonce d'un prix pour un doctorant, une équipe, un enseignant-chercheur.

Des interviews de nos scientifiques sont filmées pour alimenter nos sites web ou

des salons universitaires.

Les participations aux séminaires, conférences, workshop s'enchaînent.

La science se montre, et c'est tant mieux.

Bonne lecture
Françoise DI RIENZO



FAITS MARQUANTS DE MARS - AVRIL

- **03/04/2013** : visite du Conseil Scientifique

FAITS MARQUANTS DE MAI - JUIN

- **24-25/06/2013** : soutenance des doctorants en première année de thèse

Journée HIP avril 2013

Une journée thématique sur le HIP (Hot Isostatic Pressing) à MINES ParisTech le 18 Avril dernier (organisée par SF2M et GFC) regroupant 74 participants venus de différents pays d'Europe, en majorité issus du monde industriel. Les échanges ont porté sur les plus récents développements de cette technologie dont la fabrication «directe» (sans usinage) de pièces de grandes dimensions et aux formes complexes qui représente une part croissante (20%) de l'utilisation des presses. Les avantages par rapport aux structures forgées sont l'homogénéité, l'isotropie, la réduction du nombre de soudures et aussi des délais plus courts. Si cette application décolle, c'est grâce au progrès dans la qualité des poudres, dans les calculs de prédiction des formes et dans la mise à disposition de presses de très grandes dimensions (diamètre 2 m et plus, hauteur jusque 4m). A noter que la technologie peut combiner densification et soudage par

diffusion pour des pièces multimatériaux, multifonctions...

Plus d'information sur le site Sf2m : <http://www.sf2m.asso.fr/HIP2013/HIP2013.htm> ou yves.bienvenu@mines-paristech.fr

source : Y. BIENVENU



Conteneur rempli de poudre avant l'opération de compaction isostatique à chaud ou HIP

Revue, congrès ... le point de mars - avril

Revue à comités de lecture

TOUBOUL Mathieu, CREPIN Jerome, ROUSSELIER Gilles, LATOURTE F., LECLERCQ S., Identification of local viscoplastic properties in P91 welds from full field measurements at room temperature, *Experimental mechanics*, 2013, 53, p. 455-468

SZMYTKA F., MAITOURNAM M.H., REMY Luc, An implicit integration procedure for an elasto-viscoplastic model and its application to thermomechanical fatigue design of automotive parts, *Computers and structures*, 2013, 119, p. 155-165

SHEN Yang, MORGENEYER Thilo F., GARNIER J., ALLAIS L., HELFEN L., CREPIN Jérôme, Three dimensional quantitative in situ study of crack initiation and propagation in AA6061 aluminum alloy sheets via synchrotron laminography and finite element simulations, *Acta materialia*, 2013, 61, p. 2571-2582

BACH J.S., CHERKAOUI M., CORTE Laurent, CANTOURNET Sabine, KU D.N., Design considerations for a prosthetic anterior cruciate ligament, *Journal of medical devices*, 2012, 6, 045004, 9 p.

MORGENEYER Thilo, HELFEN L., MUBARAK H., HILD F., 3D digital volume correlation of synchrotron radiation laminography images of ductile crack initiation : an initial feasibility study, *Experimental mechanics*, 2013, 53, p. 543-556

MAUREL Vincent, HELFEN L., SOULIGNAC Romain,

MORGENEYER Thilo, KOSTER Alain, REMY Luc, Three dimensional damage evolution measurement in EB-PVD TBCs using synchrotron laminography, *Oxidation of metals*, 2013, 79, p. 313-323

BOUAZIZ Olivier, MASSE J.P., ALLAIN S., ORGEAS L., LATIL P., Compression of crumpled aluminum thin foils and comparison with other cellular materials, *Materials science and engineering A*, 2013, 570, p. 1-7

CINI E., DESDOIT E., VILLANI Aurélien, BESSON Jacques, Modeling creep behaviour of boiler grade steels, application to grade 92 steel, *Procedia engineering*, 2013, 55, p. 735-741

BACH J.S., DETREZ Fabrice, CHERKAOUI M., CANTOURNET Sabine, KU D.N., CORTE Laurent, Hydrogel fibers for ACL prosthesis : design and mechanical evaluation of PVA and PVA/UHMWPE fiber constructs, *Journal of biomechanics*, 2013, 46, p. 1463-1470

CHABOCHE J.L., GAUBERT A., KANOUTE P., LONGUET A., AZZOUC Farida, MAZIERE Matthieu, Viscoplastic constitutive equations of combustion chamber materials including cyclic hardening and dynamic strain aging, *International journal of plasticity*, 2013, 46, p. 1-22

Actes de congrès

TAVSANOGLU T., BERGER Marie Hélène, JEANDIN Michel, ADDEMIR O., Nanostructural investigation of boron carbide thin films grown by DC magnetron sputtering, in : *Surface modifications technologies 26*, ed. T.S.

Sudarshan, M. Jeandin, V. Fridrici, Valardocs, 2013, p. 183-189

BASSEVILLE Stéphanie, CAILLETAUD Georges, Modélisation de l'usure en plasticité sous chargement de fretting : compétition entre usure et fissuration, in : *Approches scientifiques et applications industrielles*, JIFT 2012, Aix en Provence, 9-11 mai 2012, ed. P. Montmitonnet, M. El Mansori et al, Presses des Mines, 2013, p. 3-12

Brevets

THOREL Alain, CURMI P., BOUDOU J.P., Method for marking and object with microdiamonds, *Brevet*, WO 2012/175865 du 27 décembre 2012

FABRE Grégory, GUIPONT Vincent, JEANDIN Michel, Procédé de détermination de l'adhérence d'une couche de barrière thermique en céramique formée sur un substrat par application d'une impulsion laser coté barrière thermique, *Brevet*, 2 979 015 du 10 aout 2011

Source : O. ADAM

Colloque plasticité 2013

Le colloque plasticité 2013 a eu lieu à l'Ecole de Chimie de Paris du 17 au 19 avril. Il est étonnant de constater qu'avec plus que 40 ans d'existence, c'est la première fois qu'il a lieu à Paris. Cette année le colloque a réuni beaucoup de chercheurs francophones travaillant dans le domaine de la plasticité, dont de nombreuses études sur la physique très très fine de la déformation plastique prenant en compte jusqu'aux effets quantiques.



Il est intéressant de remarquer que ce colloque est très interdisciplinaire. Il réunit les métallurgistes, les mécaniciens et les physiciens.

Quelques personnes du CdM ont participé à ce colloque : S. Forest, M. Mazière, A. Villani, A. Marchenko, V. Yastrebov.

Source : V. YASTREBOV

Quelques titres illustrent cette prédominance :

- "La plasticité géante d'un cristal quantique" de S. Balibar, J. Beamish, A. Fefferman, A. Haziot, X. Rojas
- "Effet quantique sur la contrainte de Peierls des dislocations" de L. Proville, D. Rodney, M.C. Marinica
- "The piezoelectric effect in GaN/AlGaIn quantum well" de H. Saidi, S. Ridene, H. Bouchriha

Jacques Friedel, remarquable physicien, âgé de 92 ans, a fait l'exposé inaugural.



Workshop Magnesium à Madrid

Le TMS Magnesium Workshop a eu lieu du 21 au 24 mai à l'IMDEA Materiales situé à Getafe près de Madrid.

Les mécanismes de déformation et la recristallisation des alliages de Magnésium corroyés contenant terres rares et yttrium y ont été largement abordés. La part belle a également été faite à la simulation numérique de la solidification des alliages de fonderie et aux avancées des techniques d'analyses in situ telles que la micro compression. Les sessions Poster ont donné lieu à des échanges très riches avec les différents participants. Delphine THIEULLEUX, du CdM, y a présenté un poster intitulé « Influence of calcium additions on the microstructure and properties of magnesium alloy AZ91 »

La conférence a été aussi ponctuée par une visite du vieux Madrid (Plaza

Mayor, Palacio Real, Cathédrale Nuestra Dama de la Almudena) et une visite suivie d'un banquet à Tolède.

Plus d'info sur

<http://www.tms.org/meetings/2013/MagnesiumworkshopMadrid/>

Source : D. THIEULLEUX



Quelques participants au workshop devant l'IMDEA Materiales

La métallurgie au coeur de la science et de l'innovation

Explications avec le professeur André Pineau, chercheur du Centre des Matériaux MINES ParisTech.

Paradoxe. Alors que la métallurgie joue un rôle essentiel dans la micro-électronique de nos ordinateurs et occupe une place prépondérante dans le secteur du transport automobile, ferroviaire ou aéronautique, elle tend à être désertée par les jeunes chercheurs qui lui préfèrent des domaines plus en vogue. « Déficit d'image et méconnaissance des réalités scientifiques actuelles », explique André Pineau, professeur à MINES ParisTech. « L'image que les gens ont de la métallurgie est vieillotte : ce sont les hauts-fourneaux et le travail à la chaîne, la saleté ». Mais qui sait, par exemple qu'« une voiture est pour 50% faite d'aciers qui n'existaient pas il y a 5 ans ? »

Une approche multi-échelles de la matière

Depuis quelques décennies, la métallurgie connaît une période de transition : elle est passée du statut de science explicative à celui de science prédictive. Comme de nombreuses disciplines, elle a bénéficié de l'augmentation des puissances de calcul et d'une meilleure compréhension de la structure interne de la matière. Aujourd'hui, la métallurgie repose sur la compréhension de la structure des matériaux à l'échelle de l'atome. La structure cristalline des métaux est en effet la cause de presque toutes leurs propriétés à grande échelle : élasticité, dureté, magnétisme, propriétés électriques... La métallurgie emprunte ses outils à la physique, la chimie, la mécanique, entre autres. Elle est à la frontière de ces disciplines et suit un fil

rouge : le matériau.

Le Centre des Matériaux MINES ParisTech dispose de gros moyens de calculs (plus de 1300 cœurs de calcul!) Aujourd'hui, il est possible à ses chercheurs de décrire les transformations structurales dues au temps et aux contraintes, grâce à des approches statistiques. Consultant-expert du service de sûreté belge pour le suivi du vieillissement métallurgique des centrales nucléaires, André Pineau étudie les problèmes que rencontrent actuellement les centrales nucléaires vieillissantes. Ce sont des problèmes métallurgiques apparus au fil du temps ; des défauts des matériaux se situant sur une échelle de l'ordre de quelques couches atomiques seulement. C'est donc un enjeu majeur que de modéliser le vieillissement des matériaux.

Une approche « matériaux » des sciences du vivant

La métallurgie est une science multidisciplinaire très riche. À la fois théorique et appliquée, elle vise à résoudre des problèmes technologiques concrets et à relever les défis posés par les technologies de pointe. Elle nourrit les autres sciences par l'apport de nouveaux concepts fondamentaux ou d'outils d'étude. Elle inspire même la chirurgie ! Les ligaments ou tendons sont, par exemple, un assemblage complexe de fibres soumises à de fortes sollicitations mécaniques de tension et de torsion. Au Centre des Matériaux, un groupe de chercheurs travaille ainsi sur le comportement de milieux biologiques, mais avec une approche « matériaux ».

Concevoir des matériaux innovants ou virtuels

Aujourd'hui, l'industrie demande aux

scientifiques de réaliser des matériaux aux caractéristiques et propriétés si particulières qu'ils en arrivent à concevoir des matériaux qui n'existent pas encore. Pour cela, ils utilisent l'approche des calculs numériques qui consiste à définir les propriétés de matériaux fictifs. Avec les calculs *ab initio* et la modélisation 3D, cette nouvelle science des matériaux virtuels précède l'expérimentation en explorant des matériaux qui n'existent pas. Elle permet ainsi l'étude de leurs propriétés et ainsi de prédire quels alliages répondront aux critères exigés (résistance aux hautes températures, compressibilité...).

L'industrie offre à cette discipline des matériaux virtuels un champ inépuisable d'applications dans presque tous les secteurs. Elle joue, par exemple, un rôle essentiel dans la micro-électronique de nos ordinateurs, au niveau des interconnexions et des alliages métalliques dont sont faits les composants.

Dans le domaine de l'aéronautique, deux objets sont remarquables : les trains d'atterrissage et les aubes qui sont les pales des turbines d'avion qui exercent la poussée sur l'air. Les moteurs doivent être silencieux et avoir un rendement énergétique élevé. « Mais au cœur du réacteur de propulsion, il fait 1 800 degrés et tout est en métal. Au Centre des matériaux, nous avons beaucoup travaillé au développement des aubes. Et on continue ! Leur élaboration s'est faite sous air, puis sous vide, puis on a supprimé les joints de grains. Maintenant les aubes sont des monocristaux recouverts avec de la céramique et percés de petits trous pour faciliter leur refroidissement. Avec le prix de trois d'entre elles, on peut s'acheter une belle voiture. C'est un

La métallurgie ...

objet technologique formidable », s'enflamme André Pineau qui n'a pas dit son dernier mot pour rendre les jeunes chercheurs amoureux de sa discipline. Il en va de l'avenir de notre industrie et de ses emplois (*).

Des enjeux sociétaux d'avenir

La métallurgie est aussi impliquée dans tous les développements liés aux enjeux énergétiques : de la production d'énergie jusqu'à son transport et son stockage. Les verrous technologiques qui freinent par exemple l'arrivée sur le marché de la pile à combustible sont pour certains des défis métallurgiques importants. Le développement de nouveaux matériaux permet aussi d'augmenter les rendements énergétiques et de réduire dans certains cas les émissions polluantes. Toutes ces applications constituent un gain au niveau de la sécurité et offrent de grandes perspectives en termes d'économie. Un moteur d'avion peut aujourd'hui fonctionner pendant au moins 40 000 heures sans poser de problème bien que la température intérieure monte jusqu'à 1 800°C et que les contraintes mécaniques soient énormes. On invente constamment de nouveaux alliages afin de repousser les limites de fatigue des matériaux. Le recyclage est pourtant aussi un domaine dans lequel il est encore possible d'innover tant au niveau du recyclage des rejets induits lors de la production que dans la conception de matériaux plus recyclables.

(*) La métallurgie a fait l'objet d'un rapport de l'Académie des technologies, rédigé sous la direction d'André Pineau et d'Yves Quéré.

Article rédigé par Laurence Bianchini - MyScienceWork.

Récompenses

Le Conseil de la Société Française de Métallurgie et de Matériaux a décidé de décerner à **Henry PROUDHON**, chargé de recherche CNRS au Centre des Matériaux P. M. FORT, une **médaille Jean RIST 2013**.

La médaille Jean RIST est attribuée chaque année, à titre d'encouragement à des jeunes métallurgistes ou spécialistes de la science des matériaux, français ou étrangers, qui se sont distingués par leurs travaux tant scientifiques qu'appliqués sur les matériaux.

Contact : henry.proudhon@mines-paristech.fr

L'Association française du titane a **nominé Guillaume MARTIN** à la troisième édition du **prix de thèse Titane**.

Ce prix de thèse permet de distinguer trois thèses au plus réalisées sur le titane dans l'année précédente. Cette récompense marque donc la reconnaissance d'un travail important et d'une grande rigueur scientifique. Guillaume MARTIN a préparé sa thèse dans l'équipe Comportement et Calcul de Structure du Centre des Matériaux, son directeur de thèse était Georges CAILLETAUD. Son travail s'est déroulé dans le cadre du projet PROMITI, soutenu par la Fédération pour la Recherche de l'Aéronautique et de l'Espace. La thèse a été soutenue le 12 décembre 2012 sous le titre "Simulation numérique multi-échelles du comportement mécanique des alliages de titane bêta-métastable Ti5553 et Ti17".

Contact : georges.cailletaud@mines-paristech.fr

Dr. Olivier Amsellem (Schlumberger, thèse MINES ParisTech), M. Francois Borit (MINES ParisTech), Prof. Dominique Jeulin (MINES ParisTech), Dr. Vincent Guipont (MINES ParisTech), Dr. Michel Jeandin (MINES ParisTech),

Dr. Elodie Boller (ESRF grenoble) M. Frédéric Pauchet (Schlumberger) sont co-auteurs d'un article intitulé "Three-Dimensional Simulation of Porosity in Plasma-Sprayed Alumina Using Microtomography and Electrochemical Impedance Spectrometry for Finite Element Modeling of Properties", paru dans le Journal of Thermal Spray Technology.

Cet article a été sélectionné par un jury composé de 22 scientifiques spécialisés internationaux qui lui ont attribué le **prix du meilleur article du 21^e volume du JTST**. Ces derniers ont salué la qualité de l'exposé qui met en avant l'importance de la microtomographie dans la compréhension du comportement des revêtements projetés thermiquement, et son utilité pour quiconque travaille dans ce domaine. L'un d'entre eux a qualifié ce travail de découverte majeure dans ce domaine, et dans le domaine de la caractérisation des microstructures en général. Le jury estime que cet article est sans doute le plus important publié dans le Journal of Thermal Spray Technology, cette année. Lire l'article ici.

Contact : michel.jeandin@mines-paristech.fr, vincent.guipont@mines-paristech.fr

Source : F. DI RIENZO

Stagiaires

Selim BARHLI, du 4 mars au 30 août 2013, dans l'équipe SIP avec Vincent GUIPONT sur le sujet intitulé « Etude par choc laser de revêtements métalliques et céramiques ».

Vincent BORTOLUSSI, du 11 mars au 26 juillet 2013, dans l'équipe SIP avec Michel JEANDIN, sur le sujet intitulé « projection dynamique par gaz froid pour le revêtement de pièces aéronautiques ».

Abdollah BOYE, du 15 avril au 15 septembre 2013, dans l'équipe CHT avec Alain KOSTER, sur le sujet intitulé « Analyse de l'influence des défauts dans la tenue des alliages de fonderie pour l'automobile ».

Florent CADIO, du 15 avril au 21 juin 2013, dans l'équipe SIP avec Christophe COLIN, sur le sujet intitulé « Etude de la réparation par rechargement laser Nd : YAG des vis d'extrusion d'élastomères chargés ».

Florent COUDON, du 11 mars au 24 août 2013, dans l'équipe COCAS avec Georges CAILLETAUD, sur le sujet intitulé « comportement des alliages à

solidification dirigée (DS) ».

Nesrine FENDI AROUA, du 02 avril au 28 juin 2013, dans l'équipe SIP avec Abderrahmen KAABI et Yves BIENVENU sur le sujet « Elaboration et caractérisation d'un matériau architecturé Al / Fe pour améliorer le blindage magnétique des équipements électriques et électroniques ».

Clément GUINAULT, du 16 avril au 21 juin 2013, dans l'équipe CAM avec Yves FAVRY et Sébastien JOANNES, sur le sujet intitulé « Effet d'un vieillissement hydro-thermique sur les propriétés mécaniques de composites à matrice thermoplastique ».

Rémy HER, du 02 avril au 13 septembre 2013, dans l'équipe CAM avec Jacques RENARD sur le sujet intitulé « Modélisation des réparations composites sur pipeline ».

Florentin JOANNES, du 15 avril au 21 juin 2013, dans l'équipe M2 avec Jérôme CREPIN sur le sujet intitulé « Calibration et mise en œuvre d'un système de stéréo-corrélation d'images numériques. Application aux mesures

de champs de déformation ».

Mikhail KHADYKO, du 25 mars au 22 avril 2013, dans l'équipe COCAS avec Georges CAILLETAUD, sur le sujet intitulé « Modélisation multi-échelle des matériaux métalliques ».

Agnese MURALLI, du 25 mars au 30 septembre 2013, dans l'équipe COCAS avec Samuel FOREST, sur le sujet intitulé « milieux de Cosserat hétérogènes ».

Laure PANTALEO, du 02 avril au 31 juillet 2013, dans l'équipe SIP avec Alain THOREL sur le sujet « synthèse et caractérisation de nanoparticules de NiOH₂, de NiO et de Ni ».

Source : V. DIAMANTINO

La Newsletter du Centre des Matériaux

Mines Paristech - Centre des Matériaux P.M. FOURS
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 : Jacques BESSON
La Page du CdM...Le Point ! : Odile ADAM
Photographies : Maria BETBEDER (sauf mention contraire)
Comité de relecture : Françoise DI RIENZO, Yves BIENVENU



<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.