



NEWSLETTER 33

CENTRE DES MATERIAUX
P.M.FOURT

Newsletter

Le CdM Tribune



Dans ce numéro :

Editorial	1
Ecole d'été à Bad Herrenalb	2
Art et matériaux	2
Travaux informatiques	3
CLuB ZéBuLoN	3
Arrivées	4
Séminaire du Département « Mécanique et Matériaux »	5
Soutenances de thèses	6-9
Repas de fin d'année	9
Le Point des deux mois	10

Editorial

Trois mois! Déjà un trimestre depuis notre dernière parution. Non, ce n'est ni par négligence, ni par manque d'informations que le délai s'est allongé. Mais la période a été particulièrement bousculée;

- arrivée des nouveaux thésards, encore nombreux cette année comme en témoigne le trombinoscope pages suivantes,
- de nombreuses soutenances de thèses en cette fin d'année, dont vous trouverez ici les résumés,
- toujours des séminaires,
- un club ZéBuLoN, particulièrement intéressant sur les composites à matrice organique,
- un nouveau rendez-vous du département Mécanique et Matériau.

Comme cette incessante activité touche tous les secteurs, ne vous étonnez pas de trouver dans ces pages d'hiver un article de nos collègues réseaux expliquant les lourds

travaux effectués cet été pour améliorer leurs services.

Et puis difficile de passer sous silence le profond bouleversement qui se prépare à marche forcée; un rapprochement des écoles des mines et des écoles des télécom, demandé par la ministre C. Lagarde. Depuis plusieurs semaines nos directions et tutelles planchent sur le sujet, un modèle devant être proposé fin janvier.

Le tout sur fond de déménagement vers le nouveau campus Palaiseau, doté récemment grâce au Grand Emprunt.

Quand je disais que la période était chargée...

Heureusement que nos fidèles organisateurs d'événements nous ont permis de relâcher un peu la pression lors d'un repas de fin d'année très apprécié.

Bonne lecture et bonne fin d'année 2009.

Que 2010 ne nous déçoive pas.

Françoise DI RIENZO, pour le *CdM Tribune*.

Faits marquants d'octobre, novembre et décembre

- 01/10/09 : rentrée des nouveaux thésards, mastères et post-doc
- 02/10/09 : séminaire « étude des alliages d'aluminium de fonderie utilisés pour culasse diesel : vieillissement, comportement et fissuration »
- 05/10/09 : visite d'une délégation de 15 élèves de l'IPN Mexico, Ecole de Chimie industrielle, encadrée par le Dr. J. FEDERICO CHÁVEZ ALCALÁ
- 23/10/09 : séminaire « étude du comportement des aubes de turbine monocristallines »
- 28/10/09 : séminaire « possible ways to control the strain-hardening in nanostructured advanced structural steels », O. BOUAZIZ (Arcelor Mittal Recherche)
- 05/11/09 : conseil de laboratoire
- 06/11/09 : séminaire « Filtres à particules »

- 17/11/09 : séminaire « Comportement monotone et cyclique d'alliages d'aluminium et d'acier », Pr Ahmed SADOCK, Université de Mostaganem (Algérie)
- 20/11/09 : soutenance de thèse de Guillaume ABRIVARD
- 30/11/09 : soutenance de Anaïs GAUBERT
- 01/12/09 : soutenance de Mélanie BOURDIGNON
- 02/12/09 : soutenance de thèse de Christophe COURCIER
- 07/12/09 : soutenance de thèse de Cédric REGRAIN
- 10/12/09 : CLuB ZéBuLoN : Les composites à matrice organique

- 11/12/09 : Repas de fin d'année

Faits à venir

- 11/01/2010 : Vœux de B. LEGAIT, directeur de Mines ParisTech
- 20/01/2010 : soutenance de thèse de K. AMAR
- 28/01/2010 : séminaire de la F2M avec K. SAANOUNI et M. GASPERINI
- 02/02/2010 : soutenance de thèse de S. GUETTA

Contacts : semteam@mat.ensmp.fr

Ecole d'été à Bad Herrenalb

MODÉLISATIONS MULTI-ÉCHELLES DU COMPORTEMENT DES SOLIDES ET DES MATÉRIAUX

6-12 Septembre 2009

Cette école thématique d'été avait pour objectif de nous présenter le développement et l'utilisation de modèles nouveaux utilisés sur des outils multi échelles et intégrant les mécanismes inélastiques discrets. C'est seulement par la connaissance de la corrélation des propriétés de matériaux sur plusieurs échelles de longueurs que l'on peut réaliser de substantiels progrès dans le contexte de la modélisation et du développement de matériaux nouveaux. Cette tendance lourde de la mécanique des matériaux implique obligatoirement de ne pas considérer de façon isolée les différentes échelles (nano-micro-méso-macro) mais d'accorder une importance significative à la compréhension du comportement physique à l'intersection entre toutes les échelles. Cette tendance constitue un enjeu majeur pour la recherche de demain.

Dans l'utilisation courante des modèles continus, les approches à champs multiples occupent, parallèlement aux méthodes multi échelles, une place de plus en plus importante impliquant des défis nou-

veaux se situant à l'intersection des échelles.



Très souvent une approche basée sur la mécanique ou la physique des milieux continus n'est pas suffisamment explicite pour aboutir à une description détaillée des différents mécanismes de déformation ou d'endommagement; il faut alors avoir recours aux méthodes discrètes issues de la dynamique moléculaire ou de la dynamique des défauts (dislocation).

Les thèmes : dynamique moléculaire, dynamique des dislocations discrètes, micro et macro mécanique des milieux continus généralisés, méthodes expérimentales ont été traités et discutés en profondeur au cours de cette école d'été franco-allemande. Il a été présenté les avantages et les problèmes spécifiques inhérents aux différentes méthodes. De nombreux débats passionnants ont alimenté la polémi-

que sur comment les différentes approches se laissent combiner entre elles et quelles nouvelles perspectives de recherche – fondamentales ou appliquées – peuvent en découler pour l'avenir. Nous avons également pu découvrir quelques techniques expérimentales originales qui se sont développées récemment et qui viennent valider (ou invalider) les développements théoriques et numériques.

Sources : E. POUILLIER

Distinction

Prix spécial du G.A.M.I. de Supméca Paris de ITT 09 (Conférence Innovation Technologique et Systèmes de Transports) pour le poster d'Abderrahmen KAABI, qui récompense la qualité du travail de recherche, l'aspect innovation et la qualité de la présentation de la problématique décrite. Le thème du poster portait sur les nouvelles brasures haute température pour semi-conducteurs de puissance nouveaux substrats et les sans plomb.

Source : Y. BIENVENU

Art et Matériaux

L'Association « Art et Mécénat d'Entreprise dans l'Essonne », AME, qui regroupe tous les secteurs de la vie économique locale, a lancé fin 2007 un concours dont l'objectif était de réaliser une œuvre d'art monumentale évoquant l'Espace, l'Avenir, l'Innovation et la Jeunesse, sur le rond-point de l'espace face au CNES.

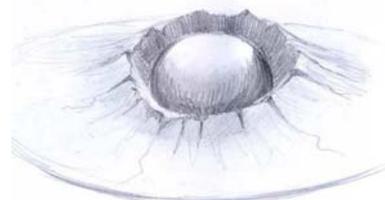
L'établissement d'Evry du CNES, un des membres de l'AME, nous a alors demandé de porter une assistance technique au lauréat du concours Stéphane THIDET.

Cela a impliqué plusieurs permanents du Centre et des élèves de l'École par des recherches sur le choix des matériaux, des procédés et des entreprises pour la fabrication de la sphère de 5 m de diamètre dans les limites du budget et dans les temps impartis (avant la fête du patrimoine le 19 Septembre 2009). Le choix s'est finalement porté sur une solution matériau composite à matrice organique avec une «aluminisation» d'aspect satiné en surface, la structure a été réalisée par poly 2000, une entreprise de la région et elle est incorporée dans un cratère paysagé.



L'inauguration a eu lieu juste à temps le 18 Septembre. Nous vous invitons à aller voir ce rond-point maintenant réalisé à l'entrée nord de la communauté d'agglomération, entre Evry et Courcouronnes

Source : Y. BIENVENU



Travaux informatiques

Nous avons effectué de gros travaux de réorganisation dans la salle autocom où se trouvent tous les serveurs d'infrastructure du centre.

Les problématiques qui nous ont conduits à cela sont doubles :

- plus de place physique (certains serveurs étaient simplement posés sur des tables ou plans de travail)
- problématique de climatisation et du flux d'air

Nous avons installé deux nouvelles baies informatiques. Physiquement, elles sont disposées en miroir des baies du cluster (baies que l'on voit au travers de la grande vitre). Vous pouvez constater l'étendue des travaux à travers quelques photos prises lors de ces travaux sur l'intranet du centre en suivant le lien : <http://intranet.materiaux.ensmp.fr/igalerie/> et dont est extraite la vue ci-dessous.



Câblages sous les dalles

Nous avons souhaité pouvoir travailler pendant le long week-end du 14 juillet. Des délais administratifs ne nous ont pas laissé le temps de nous organiser pour respecter l'interdiction de travailler plus de cinq jours de suite. C'est pourquoi nous avons été dans l'obligation de réaliser les travaux dans la semaine, à notre plus grand regret.

Pendant ces trois jours nous avons :

- Décâblé et enlevé tous les serveurs de l'ancienne baie serveur afin de pouvoir la déplacer.
- Nettoyer le faux plancher de tous les câbles et goulottes inutilisés.
- Amélioré le flux d'air en :
 - * organisant les câbles utilisés afin de dégager le passage de l'air de la climatisation. A cette occasion, les câbles électriques des baies qui entravaient la circulation d'air dans le faux-plancher ont été transposés dans le faux plafond
 - * guidant le flux de l'air sur l'entrée des baies en posant des plaques métalliques pour réaliser un couloir d'air débouchant sur le devant des baies.
- installé les deux nouvelles baies et ré-

parti les serveurs entre les trois baies (l'ancienne et les deux nouvelles). Pour répartir la charge en terme électrique mais surtout d'un point de vue thermique.

- recâblé le réseau électrique et le réseau informatique des 3 baies
- reconfiguré les switches pour prendre en comptes les modifications.

Dans l'ensemble nous n'avons pas eu trop de surprises. Nous avons sous-estimé le temps nécessaire aux travaux électriques. Lors de la remise en fonctionnement quelques machines n'ont pas repris leurs configurations et c'est pourquoi la reprise totale effective n'a eu lieu que le lundi matin. Un problème réseau assez fin, qui a été difficile (et long) à diagnostiquer a retardé la remise en fonctionnement du cluster au mercredi.

Nous tenons à remercier Jean-Christophe TESSEIDRE, Franck BLUZAT et notre stagiaire Coralie CHORIN pour nous avoir prêté main forte et assistance pendant ces travaux. Nous vous remercions également pour votre compréhension et votre patience durant ces trois jours.

Depuis, nous avons réalisé d'autres grands chantiers

- installation et déploiement de 13 nouvelles imprimantes dont 3 en couleur
- Changement du cœur de réseau pour préparer le passage au gigabit sur chaque port dans tout le bâtiment

En ce moment, nous sommes en plein travaux de câblage et de déménagement. Pour nous cela implique une reconfiguration des prises réseaux et téléphoniques, et parfois, un recâblage des ordinateurs, depuis les prises murales.

Bien sûr, nous continuons nos travaux de fond sur la résolution du problème de la place et des problèmes de sécurité. Nous nous consacrons à ces tâches l'après midi. En effet, il s'agit là du dernier grand changement concernant l'équipe informatique : nous avons défini des horaires concernant les questions des utilisateurs.

Nous espérons que cela nous permettra de nous concentrer plus de quelques minutes sur les problèmes de fond.

Ainsi, les utilisateurs sont invités à venir nous poser leurs questions le matin et utiliser la messagerie ou le système de ticket (<http://intranet/gri/>) l'après midi.

Sources : G. SAINTE-LUCE et O. DEL-HOMME

Club ZéBuLoN



Le club Zébulon

a eu lieu le 10 décembre avec une forte présence ONERA, des chercheurs de l'école des mines de Saint-Etienne et de l'Université de Bourgogne.

Le thème retenu était **Composites à matrice organique** et les exposés présentés ont rivalisé d'intérêt.

"Stratégie de modélisation pour les composites dans ZéBuLoN : applications et limitations", N. Carrère (ONERA)

"Stratégies de calculs sur les composites ; méthodes fe2 simplifiées : application au dimensionnement de réservoirs composites", A. Thionnet (Univ. de Bourgogne/Mines Paristech), A. Bunsell (Mines Paristech)

"Utilisation de la méthode Level-set pour le couplage Stokes-Darcy : application aux procédés d'élaboration par infusion de résine.", G. Pacquaut, J. Bruchon, N. Moulin, S. Drapier (E. des M. de St Etienne)

"Repères locaux et réactualisation", B. Piezel (Mines Paristech), A. Thionnet (Univ. de Bourgogne/Mines Paristech), L.Laiarinandrasana (Mines Paristech)

"Analyse multiéchelles de la rupture des assemblages boulonnés", F.-X. Irisarri (ONERA)

"Mise en œuvre des modèles de zones cohésives", T. Vandellos (ONERA)

L'ensemble des transparents présentés sont disponibles sur le site du Club :

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

La prochaine réunion aura lieu le mardi **1er juin 2010** et portera sur la modélisation des **contacts**, et les nouveaux développements associés dans le code ZéBuLoN.

Source : F. DI RIENZO

Arrivées



ANDRIEU Antoine
Équipe MM/COCAS

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



DUMOULIN Emmanuel
Équipe CAM

Fabrication de pièces composites par procédés laser



TOUBOUL Mathieu
Équipe MM

Mécanismes de déformation intergranulaire de l'acier P92 en fluage à chaud. Application aux structures soudées.



SABNIS Prajwal Ajit
Équipe COCAS

Simulation numérique de bifurcations de fissure dans les monocristaux



HEUDT Auréliane
Équipe CHT

Fissuration en plasticité généralisée de composants moteurs des lanceurs spatiaux Ariane 5



THER Olivier
Équipe SIP

Projection thermique par gaz froid (Cold Spray) de composites pour contacts électriques



DESCURNINGES Laure-Line
Équipe SIP

Simulation par choc Laser de la projection dynamique par gaz froid à froid (« cold spray »)



KALCK Charlotte
Équipe MM (IP)

Tenue au fluage (rupture de type IV) de liaisons soudées en acier à 9%Cr de nuance X10CrWMoVNb9-2 (T/P92)



SIMON-PERRET Melchior
Équipe MM

Tenue mécanique des liners en titane pour réservoir haute pression



DIRRENBERGER Justin
Équipe COCAS/SIP

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



HAN Xu
Équipe MM

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



EIAMNIPON Naruepon
Équipe CAM (IP)

Composites élastomères renforcés par des fibres métalliques



HELLOUIN DE MENIBUS Arthur
Équipe MM (IP)

Anisotropie de l'endommagement et défauts représentatifs/ rupture d'alliages irradiés.



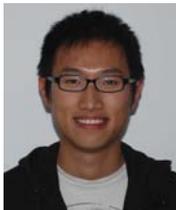
MARTIN Guillaume
Équipe COCAS/CHT

Simulations numériques multiéchelles du comportement des alliages de titane bêta-métastables



PATAMAPROHM Baramée
Équipe CAM

Etude des réservoirs en matériaux composites



SHEN Yang
Équipe MM (IP)

Comportement et endommagement de l'alliage d'aluminium 6061-T6: approche micromécanique.



KAMGAING Georges
Équipe CAM

Conception et caractérisation mécaniques de pièces en matériaux composites moulées par compression



SALGADO Flora
Équipe CHT

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



LEROY Mélanie
Équipe COCAS

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



SALLO Pierre
Équipe CHT

Modélisation de la durée de vie d'un système aluminoforme (effet de surface et parois minces)



RICARD Jonathan
Équipe MM

Comportement et endommagement de matériaux polymères : application au vissage de matériaux plastiques



MBACKE Mamadou
Équipe CAM

Conception de réservoirs multifformes en composites tissés.



SAVKOVKA Jarmila
Post-Doc COCAS [5.10.09-4.10.10]

Mise en place d'un essai de frottement pour tester les matériaux revêtus par dépôt Cold Spray.



DAÏM Fatima
Post-Doc COCAS [1.10.09-30.09.10]

Actualisation de surface de réponses par une méthode de réduction de modèles adaptative.

Séminaire du Département « Mécanique et Matériaux »

« Matériaux à Porosité contrôlée »

3 décembre 2009 –
Ecole des Mines de Paris

Le séminaire a réuni 22 participants de quatre Centres de l'Ecole : CdM, CEMEF, CEP et CMM plus un extérieur Michel Croset (Technologie Conseil) spécialiste de mousses de polymères et de nickel. Au programme figuraient neuf interventions, cinq du CdM (dont deux en collaboration avec le CMM), quatre du CEMEF.

En introduction, deux interventions de Yves Bienvenu (CdM) et Michel Bellet (CEMEF) ont fait un bilan assez large des recherches menées dans ces deux centres sur cette thématique, dont il est apparu qu'elle présentait un historique très fourni depuis le début des années 80.

Sur le thème transversal de la porosité contrôlée (... ou non !), les communications ont mis en relief à la fois des recherches amont et très applicatives, sur les thématiques suivantes :

Elaborer des matériaux poreux (ou à l'inverse réduire la porosité) selon différentes techniques

- O Projection de poudre métallique (dépôt plasma, projection à froid "cold spray")
 - O Moussage par réaction chimique, par dégazage pour les polymères et certains métalliques
 - O Réplication de mousses polymères et traitements thermiques pour les métalliques
 - O Coulée de mélange de céramiques et d'agents porogènes, et traitements de dissolution
 - O Dépôt de revêtements poreux par anodisation
 - O Compaction de poudre métallique ou céramique, frittage
 - O Assemblage avec ou sans fusion de feuillards ajourés, de poudres,
- #### Comprendre ces procédés de transformation, notamment en utilisant la simulation numérique
- O Couplage chimie, thermique, écoulement pour les transformations de la matière
 - O Gaz sur réseau
 - O Rhéologie des mousses
 - O Lois de comportement de plasticité

compressible

- O Eléments finis selon différentes formulations
- #### Caractériser la porosité et le comportement en service des structures poreuses créées
- O Densimétrie
 - O Imagerie issue de techniques de microtomographie X ou MET
 - O Traitements d'image associés, évaluation de la tortuosité
 - O Spectrométries pour identifier la composition de revêtements poreux
 - O Essais mécaniques, y compris in-situ sous tomographie X
 - O Modélisations par éléments finis, homogénéisation, modèles analytiques : estimation numériques des propriétés mécaniques, diélectriques ...
- #### Analyser les matériaux et fluides complexes dans lesquels la porosité est le lieu d'une interaction fluide-structure
- O Etude des zones pâteuses lors de la solidification d'alliages métalliques et des défauts associés (fissuration à chaud)
 - O Etude de procédés d'injection ou d'imprégnation de tissus de fibres par des résines polymères
 - O Etude des lignes triples de contact entre trois phases dont la porosité (catalyse, nouvelles sources d'énergie)
- #### Développer des techniques numériques intégrant les changements d'échelle et permettant d'expliquer les propriétés macroscopiques en les reliant aux phénomènes microscopiques.
- O Notion de volume élémentaire représentatif
 - O Modélisations à cette échelle microscopique et identification de lois macroscopiques (comportement mécanique, loi de Darcy pour la perméabilité ...)
- Les présentations se sont révélées très variées en termes de matériaux et d'applications :
- O Matériaux alvéolaires et mousses - céramiques ou métalliques (acier inox, superalliage Ni) - pour substrats de catalyseurs et pour filtres à particules, pour le traitement des gaz d'échappement des moteurs diesel.
 - O Mousses polymériques (polyuréthane) pour sièges automobiles

- O Mousses de nickel pour batteries
- O Mousses d'aluminium pour absorption de chocs
- O Assemblage de feuillards pour fabrication de dispositifs de microfluidique
- O Compaction de sels pour fabrication de charges pyrotechniques (production de gaz des airbags, bouées de sauvetage...)
- O Céramiques poreuses polyphasées pour cœurs de piles à combustible
- O Composites métal-polymère (AlSi-polyester) pour revêtements abrasables dans les turbines à gaz, déposés par projection plasma
- O Revêtements de Ti ou d'hydroxyapatite sur prothèse de hanche, par projection plasma

Ce séminaire a donné l'opportunité aux chercheurs des différents centres d'échanger sur des sujets « porteurs ». Des collaborations Mat - Cemef sur ce thème ont été présentées dans les exposés introductifs. Sur chacune des thématiques évoquées plus haut, ce séminaire devrait générer de nouveaux contacts inter-centres, ainsi que de nouveaux projets collaboratifs au sein de l'Ecole. Une des questions récurrentes est la limite entre les matériaux architecturés (par exemple fabrication rapide laser / poudre) et l'organisation « naturelle » à peu près régulière qui pour beaucoup d'applications suffit amplement. La précision relative par rapport à l'échelle de la porosité est l'un des critères de séparation entre architecture et « hasard ». La précision absolue est encore faible par rapport à ce qui se pratique en microélectronique, mais les investissements dans les techniques et coûts de fabrication n'ont rien à voir. Un invité extérieur a été convié ; cette pratique a été discutée et il est convenu de la limiter à un ou deux individus de grande réputation dans le domaine qui puissent nous conseiller. Le caractère informel de ces séminaires doit être maintenu. L'inclusion du programme (et des résumés, éventuellement après harmonisation par les organisateurs) dans les sites des centres est suggérée ainsi que sur le futur site Web international de l'école

Prochain séminaire dans le premier trimestre 2010 sur le thème **Comportement mécanique des polymères** confié à Noelle Billon et Lucien Laiarinandrasana.

Source : Michel Bellet, Yves Bienvenu

Soutenances de thèse

FORMULATION COUPLÉE PLASTICITÉ CRISTALLINE - CHAMP DE PHASE POUR DÉCRIRE L'ÉVOLUTION DE LA MICROSTRUCTURE D'AGRÉGATS POLYCRISTALLINS AU COURS DE LA RECRISTALLISATION.

le vendredi 20 novembre 2009
Guillaume Abrivard

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 be properly described. These heterogeneities may consist of structures such as dislocation cells and pile-ups, shear and twin bands. The microstructural characteristics present in a polycrystal aggregate just before the onset of thermal recrystallisation are first reproduced numerically. The constitutive behaviour of each grain in the aggregate is described using a dislocation mechanics-based crystallographic formulation which accounts for non-local effects through the introduction of geometrically necessary dislocations. The single crystal model is implemented into the finite element method using a finite-strain kinematics framework. 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 a continuum mechanics

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 with respect to time was found to have the same dependence on deformation level and temperature as that reported in the literature. The implications of such findings for future developments are discussed.

MODÉLISATION DES EFFETS DE L'ÉVOLUTION MICROSTRUCTU- RALE SUR LE COMPORTEMENT MÉCANIQUE DU SUPERALLIAGE MONCRISTALLIN AM1

Le lundi 30 novembre 2009
Anaïs Gaubert

Ce travail s'inscrit dans le contexte de la modélisation et de la prévision de la durée de vie des aubes de turbines haute pression des moteurs aéronautiques. Ces pièces sont réalisées en superalliage monocristallin base nickel tel que l'AM1, matériau de l'étude. Dans le cadre de ce travail, nous nous sommes intéressés aux évolutions microstructurales se produisant à haute température sous chargement mécanique connues sous le nom de coalescence orientée des précipités. Ce travail a consisté, dans un premier temps, à étudier le comportement du matériau non-vieilli. Des essais à 950°C ont été réalisés afin d'enrichir la base d'essais existante. Ils ont permis l'identification d'un modèle de viscosité de type sinus hyperbolique sur une large gamme de vitesses de sollicitations. Le comportement initial du matériau a également été étudié à l'échelle mésoscopique (échelle des phases). Un modèle de comportement a été identifié pour chacune des phases afin de reproduire le comportement macroscopique du matériau. Cette étude, effectuée dans le cadre de la viscoplasticité classique a permis de mettre en évidence les limites de cette approche. Notamment, elle ne permet pas de modéliser les effets d'échelle observés en plasticité. Parallèlement, nous nous sommes intéressés au phénomène de coalescence orientée, tant

d'un point de vue expérimental que numérique. Des essais mécaniques après vieillissement ont été réalisés. Différentes conditions de vieillissement ont été étudiées, en fluage à différentes températures et contraintes et suivant différentes orientations cristallographiques mais également sous chargement cyclique. Les essais mécaniques ont montré un effet prépondérant de la coalescence orientée sur l'écrouissage du matériau, allant dans le sens d'un adoucissement. La coalescence orientée a également été modélisée par la méthode des champs de phases. Nous avons proposé un couplage du modèle champs de phases avec un modèle de comportement de viscoplasticité cristalline afin de prendre en compte l'influence de l'activité plastique dans les couloirs de matrice. Les simulations ont montré une accélération de la cinétique de mise en radeaux due à la plasticité ainsi que des précipités ayant une forme plus réaliste vis-vis de l'expérience, notamment en vieillissement sous chargement cyclique lent. La prise en compte des effets de la coalescence orientée passe par la modélisation des effets d'échelle en plasticité. C'est pourquoi nous nous sommes intéressés aux milieux continus généralisés. Nous avons étudié analytiquement les effets d'échelle produits par un modèle de Cosserat et le modèle microcurl dans le cas d'un matériau biphasé en cisaillement. Les deux modèles prévoient un écrouissage cinématique linéaire dépendant de la taille de la microstructure. Enfin, les développements précédents et les essais réalisés dans le cadre de ce travail ont permis la construction et l'identification d'un modèle macroscopique étendu qui rend compte des effets de la coalescence orientée sur le comportement mécanique de l'AM1.

LIMITES D'UTILISATION DES RE- VÊTEMENTS D'ÉTAIN EN CONNECTIQUE AUTOMOBILE

le 1^{er} Décembre
Mélanie Bordignon

Les revêtements d'étain sont couramment utilisés en connectique automobile pour des utilisations peu sévères en température. Actuellement il n'existe pas de consensus sur la température limite d'utilisation des revêtements étamés. L'objectif de cette étude est d'étudier le vieillissement thermique des systèmes cuivre/étain utilisés en connectique, et d'évaluer leur durée de vie en fonctionnement, c'est-à-dire sous un

Soutenances de thèses (suite)

courant moyen (produisant de l'effet Joule) et en régime vibratoire (fretting corrosion). L'interdiffusion cuivre/étain mène à la formation de phases intermétalliques de type Cu_6Sn_5 et Cu_3Sn . La cinétique de croissance des intermétalliques est étudiée en fonction de la nature du revêtement d'étain, de la présence ou non d'une sous-couche de nickel (menant à la formation de l'intermétallique Ni_3Sn_4) et des types de substrats cuivreux différant par les éléments d'alliages. Le coefficient de croissance parabolique mesuré dans chaque système substrat/revêtement permet de comparer la rapidité de la croissance en fonction du système étudié. Les intermétalliques possèdent une dureté sensiblement plus élevée que celle de l'étain seul. Des essais d'échauffement par effet Joule et de fretting corrosion sont menés sur des éprouvettes vieilles et non vieilles.

L'échauffement par effet Joule est directement lié à la surface de contact : la dureté du revêtement est donc un paramètre déterminant, qui conditionne l'élévation de température au point de contact. Mais l'aire de la surface de contact conductrice dépend également de l'oxydabilité du revêtement, car la présence d'oxyde peut la réduire. Le phénomène est accentué en régime vibratoire : la production d'oxyde est alors accélérée, et la formation de débris oxydés peut mener à l'apparition de microcoupures électriques. Différentes éprouvettes sont testées en fretting-corrosion, avec deux types d'expérience : des essais à débattement variables et des essais en durée de vie. Les essais en débattement variable permettent d'identifier la transition entre le glissement partiel (d'amplitudes faibles, pour lesquelles la durée de vie du contact est considérée comme infinie) et le glissement total (d'amplitudes plus élevées, pour lesquelles la durée de vie du contact est limitée). Les essais en durée de vie permettent de comparer la durabilité des éprouvettes testées. L'observation des traces de fretting permettent l'identification des modes de défaillance. La dégradation des contacts étamés est le fait d'une oxydation et d'une usure conjointes, menant à l'isolation électrique à cause de la présence de débris oxydés. La dégradation des contacts intermétalliques est le fait d'une fragilisation du revêtement, menant à son décollement : le mode de défaillance est alors la production de débris oxydés de cuivre, provoquant une isolation électrique au point de

contact.

MODÉLISATION DE LA DURÉE DE VIE À L'ÉCAILLAGE DES REVÊTEMENTS BARRIÈRES THERMIQUES POUR AUBES DE TURBINE AÉRONAUTIQUES

Le 02/12/2009

Christophe Courcier

Afin d'améliorer le rendement des turbo-réacteurs, les motoristes aéronautiques cherchent à augmenter la température des gaz en entrée de turbine. Les importants développements technologiques effectués lors des cinquante dernières années ont permis d'obtenir des températures de l'ordre de 1800K pour les systèmes actuels. Cependant ces températures dépassent les limites d'utilisation des superalliages modernes. C'est pour cela que les motoristes ont adopté la technologie des revêtements barrières thermiques. Ces barrières (TBC) consistent en un revêtement à faible conductivité thermique déposé sur une pièce métallique refroidie par air, ceci afin de diminuer la température du substrat en régime permanent et d'écarter les transitoires thermiques. Une couche métallique additionnelle (BC) est insérée entre la pièce et la céramique afin de protéger le substrat de l'oxydation par croissance d'une couche d'oxyde (TGO) à sa surface.

Elle permet également d'accommoder les déformations du substrat afin de prévenir la rupture de la céramique. Le principal problème rencontré en service est l'écaillage de la barrière thermique sous chargement thermomécanique sévère (fatigue thermique, fluage). Ce phénomène entraîne une élévation locale de la température, l'oxydation rapide la sous-couche métallique et finalement la rupture de l'aube.

Cette étude est dans un premier temps basée sur une approche expérimentale. Des essais interrompus en oxydation isotherme et cyclique complétés par des essais de compression mécanique permettent d'estimer la décroissance de la déformation critique à l'écaillage en fonction du vieillissement du système. La ténacité de l'interface céramique – métal diminue sous l'effet de la croissance de cavités menant à un délaminage interfacial pour des sollicitations isotherme. Dans le cas des sollicitations thermiques cycliques, l'activation du phénomène de rumpling de la sous-couche métallique se traduit par une augmentation

très forte de la rugosité de l'interface. Le délaminage augmente alors avec le nombre de cycles.

Une modélisation de la durée de vie du système est ensuite présentée. Celle-ci est basée sur un découplage entre les effets du vieillissement à l'échelle des interfaces et l'effet de perte de stabilité par flambage macroscopique de la couche de céramique. Le modèle nécessite l'introduction d'une analyse mécanique des différentes couches constituant le système afin de connaître l'état mécanique de chacune d'elles. La modélisation de l'endommagement des interfaces céramique/oxyde et oxyde/métal permet de reproduire la perte progressive de leur ténacité en fonction du type de sollicitation. A l'échelle macroscopique, une analyse de type flambage élastique est utilisée afin de décrire la rupture finale du système. Ce modèle est extrapolé au calcul à l'écaillage d'une aube revêtue d'une barrière thermique sous sollicitation de fatigue thermomécanique.

COMPORTEMENT, ENDOMMAGEMENT ET FISSURATION PAR FLUAGE DU POLYAMIDE 6 ETUDE EXPÉRIMENTALE ET MODÉLISATION

le lundi 07 décembre 2009

Cédric Regrain

Le PolyAmide 6 (PA6) est un polymère semi-cristallin couramment utilisé dans des structures sollicitées en fluage. A température ambiante, le PA6 présente une viscosité importante. L'objectif de cette étude consiste à analyser d'une part, le comportement mécanique du PA6, et d'autre part de comprendre les mécanismes d'amorçage et de propagation de fissures, sous chargement statique à température ambiante.

Des essais mécaniques ont été réalisés sur éprouvettes axisymétriques lisses et entaillées, avec différents rayons en fond d'entaille. Des courbes contraintes / déformations ont été obtenues à partir d'essais de traction monotone, à différentes vitesses de chargement. Ensuite, des essais de fluage ont été réalisés pour décrire l'évolution de la déformation de fluage en fonction du niveau de contrainte appliquée. Un stade de fluage secondaire stabilisé a d'ailleurs été observé et deux régimes de vitesse de déformation de fluage, dépendant du niveau de contrainte appliquée, ont été mis en évidence.

Soutenances (suite ...)

Des observations microscopiques, après cryofractographie, ont permis de révéler la microstructure sphérolitique initiale du PA6 de l'étude. Une porosité initiale de 1,5% a également été mise en évidence. Les analyses réalisées, à la suite d'essais interrompus ou sur des faciès de rupture, ont permis de mettre en évidence les mécanismes de déformation et d'endommagement. Aussi, les observations des faciès de rupture ont clairement mis en évidence les mécanismes de transition entre les zones ductiles et la rupture finale fragile. Il semblerait enfin que le régime ductile, basé sur la croissance et la coalescence des cavités, évolue différemment en fonction du taux de triaxialité des contraintes.

Les essais de fluage sur éprouvettes lisses ont permis l'identification des paramètres matériaux nécessaires aux modélisations analytique et par Eléments Finis. Des modèles multimécanismes, physiquement motivés et dédiés au calcul par Eléments Finis, sont proposés, prenant en compte le taux de cristallinité.

On se propose d'utiliser les outils de la Mécanique Non Linéaire de la Rupture pour estimer la durée de vie d'une structure : l'approche globale permet d'établir une courbe maîtresse reliant le temps à rupture au paramètre de chargement C^* . Les résultats des essais sur éprouvettes fissurées ont permis de calculer le paramètre C^* . Enfin des modèles multimécanismes, physiquement motivés et dédiés au calcul par Eléments Finis, ont été développés pour modéliser le comportement de structures en PA6. Une modélisation couplée entre comportement et endommagement a été proposée afin de tenter de prendre en compte l'ensemble des résultats et conclusions apportées dans les thématiques précédentes.

L'utilisation de la Mécanique des Milieux Poreux permet notamment de simuler la croissance des cavités lors du régime de fissuration ductile. L'influence des coefficients relatifs à l'endommagement a été décrite. L'accès aux variables locales ainsi qu'aux tenseurs des contraintes et déformations, propres aux phases amorphe et cristalline, est possible :

l'évolution de la porosité propre à chaque phase a ainsi été analysée, en comparaison des mécanismes d'endommagement précédemment décrits.

APPROCHE MULTI-ÉCHELLE POUR PRÉDIRE LA DURÉE DE

VIE DES BARRIÈRES THERMIQUES DÉPOSÉES PAR EB-PVD

le 14 décembre 2009

Julien FRACHON

Le développement de revêtements thermiques réalisé par voie physique permet d'augmenter la température en service tout en protégeant les aubes monocristallines. Ces barrières thermiques (BT) comprennent une couche isolante déposée sur une couche intermédiaire protégeant de l'oxydation le superalliage. A ces températures, l'oxygène oxyde la sous-couche formant ainsi une fine couche d'alumine à l'interface avec la zircone. Des microfissures et des porosités germent dans cette zone critique sous contrainte, diminuant la résistance à l'écaillage des barrières thermiques et entraînant la ruine du système lorsque l'énergie élastique stockée est suffisante. Si de nombreuses approches numériques existent pour prédire les champs de contraintes proches de l'oxyde, aucune ne fait pour l'instant le lien entre les phénomènes microscopiques (contrainte et endommagement interfacial) et macroscopiques (adhésion de l'interface/énergie stockée). L'objectif est de développer un modèle de durée de vie des BT en prenant en compte la relation entre les mécanismes d'endommagement interfacial et l'évolution des propriétés mécaniques des différents composants du système. L'approche proposée a aussi pour but d'être générique et donc adaptable à d'autres types de BT.

La mise en place d'un modèle de durée de vie nécessite la connaissance des propriétés thermomécaniques et de la morphologie de chacun des composants du système. Basé sur des observations expérimentales, un modèle a été développé et implémenté dans un code éléments finis afin de prédire les champs de contraintes et relier ces résultats à la modélisation de la croissance de porosités et de microfissures proche de l'oxyde. Une étude paramétrique a été réalisée afin d'étudier l'influence de paramètres caractérisant le comportement mécanique et la morphologie des composants. En reliant l'évolution de la résistance à l'écaillage de l'oxyde et celle de l'énergie élastique stockée, il est possible de prédire la durée de vie des BT. Cette approche couplant travaux expérimentaux et numériques est parfaitement adaptée à la durée de vie des BT utilisées sur les turbines terrestres.

MODÉLISATION DE LA FATIGUE DES ALLIAGES MÉTALLIQUES SOUS CHARGEMENT 3D ALÉATOIRE

Le 14 décembre 2009

Thibault HERBLAND

La fatigue a fait l'objet de nombreuses recherches depuis le milieu du XIX^e siècle. Même si de nombreuses théories ont été formulées, améliorées ou adaptées, l'expérience montre qu'il n'existe pas de critère «universel» qui puisse s'appliquer aussi bien à la fatigue oligocyclique qu'à l'endurance, prendre en compte tous les types de chargement (multiaxiaux, aléatoires) et représenter le comportement de tous les matériaux. La plupart des pièces et structures mécaniques soumises à des chargements de fatigue sont dimensionnées en endurance.

Cependant, ces éléments peuvent être soumis à des séquences de forte amplitude conduisant à la présence de plasticité dans les zones de concentration de contraintes (entailles, rayons de raccordement) de façon accidentelle ou prévisible. Il est donc nécessaire de disposer d'une méthodologie de calcul permettant de prendre en compte et de cumuler des séquences de chargements multiaxiaux de faibles et de fortes amplitudes.

La première étape d'un calcul de durée de vie en fatigue consiste à obtenir l'historique des contraintes et des déformations au point jugé critique c'est-à-dire au lieu d'amorçage de la fissure. Plusieurs méthodes peuvent être utilisées dans ce but. Dans le cas de la fatigue oligocyclique qui fait l'objet de ce travail, les calculs complets par éléments finis (force brute) sont particulièrement longs. Pour réduire ce temps de calcul, des méthodes de calcul accéléré du champ complet permettent de déterminer uniquement le cycle stabilisé sur toute la structure. A l'inverse, les corrections élastoplastiques locales fournissent tout l'historique au point jugé critique. Nous nous sommes orientés vers ce dernier type de calcul accéléré, qui est particulièrement bien adapté pour traiter les problèmes de plasticité que rencontre le Cetim, et qui ne met pas en général en jeu que de la plasticité confinée. Les approches existantes manquant de précision, une nouvelle méthode de calcul est proposée. Elle s'inspire des modèles d'homogénéisation, et introduit un terme correctif proportionnel à une variable qui définit la redistribution de contrainte. Elle a été implémentée dans le

(... et fin)

d'année

code de calcul ZéBuLoN, puis validée sur toute une série de sollicitations, en traction, torsion, en chargement multiaxial proportionnel ou non, en chargement aléatoire. Elle s'applique sans limitation à des cas de charge quelconques en multiaxial aléatoire, ce qui n'est le cas d'aucune autre méthode de la littérature.

Les résultats de la méthode précédente servent d'entrée aux méthodes de prévision de durée de vie. Un nouvel algorithme de comptage de cycles a été utilisé pour extraire une série de cycles d'un chargement multiaxial aléatoire. Il s'agit d'une technique de rainflow, basée sur des concepts de plasticité multisurfaces, qui permet de conserver toutes les composantes du chargement, et de définir un "cycle" dans l'espace des contraintes déviatoriques à l'aide d'une valeur moyenne tensorielle et du rayon d'une hypersphère entourant le trajet de chargement.

Des calculs de durée de vie ont été réalisés pour évaluer la pertinence de l'ensemble de la chaîne de calcul ainsi constituée. On montre pour finir des applications à des pièces industrielles (disque aéronautique et bras de châssis de grue).

RÉSOLUTION DE GRANDS SYSTÈMES LINÉAIRES ISSUS DE LA MÉTHODE DES ÉLÉMENTS FINIS SUR DES CALCULATEURS MASSIVEMENT PARALLÈLES

Le 15 décembre 2009
Ibrahima GUEYE

Cette étude consiste à résoudre de grands systèmes linéaires creux sur des calculateurs massivement parallèles. Ces systèmes linéaires, souvent rencontrés lors de la simulation numérique de problèmes de mécanique des structures par des codes de calcul par éléments finis, sont résolus avec des coûts très importants en temps de calcul et en espace mémoire. Dans cette thèse, nous mettons au point un parallélisme à deux niveaux et l'intégrons dans les méthodes de décomposition de domaine de type FETI. La démarche s'est organisée autour de trois chapitres principaux. Dans un premier temps, nous mettons en œuvre un solveur direct pour inverser des systèmes linéaires creux qui peuvent être symétriques ou non symétriques, réels ou complexes, à second membre simple ou multiple. La mise en œuvre, basée sur une technique de renumérotation

de type dissection emboîtée, est complétée par un point utile dans beaucoup de méthodes de décomposition de domaine (construction d'un préconditionneur ou formulation de l'opérateur de FETI): la détection de modes à énergie nulle des systèmes singuliers. Dans un deuxième temps, nous parallélisons le solveur direct à travers un modèle de parallélisme à mémoire partagée (multi-threading) pour tirer profit des nouveaux processeurs multicœurs. Dans un troisième temps, nous intégrons cette version multi-threads du solveur dans les méthodes FETI pour inverser les problèmes locaux en parallèle. Les résultats de cette étude mettent en évidence l'utilité des travaux effectués et l'intérêt d'utiliser comme solveur local dans les méthodes FETI un solveur direct parallèle robuste et efficace. Tout ceci peut donner accès à de nouvelles gammes de problèmes en calcul des structures.

Repas de fin d'année

Comme l'an dernier nos organisateurs volontaires, soutenus financièrement par le Centre des Matériaux et le Club Sportif ont su nous concocter un repas digne de cette fin d'année; apéritif léger agrémenté de nombreux amuse-gueules, tarama enrobé de saumon fumé, souris d'agneau et dessert fruité.

Devant le nombre de plus en plus grand de convives, il a fallu louer une salle à l'extérieur. Heureusement le cadre d'Evry ne se limite pas à la ville nouvelle, et à peu de distance une ferme réaménagée en restaurant a servi de cadre lumineux à notre repas.

Les quelques photos de groupes insérées ici illustrent bien le succès remporté finalement par ce rendez-vous informel et convivial.

Merci à celles et ceux qui œuvrent pour nous offrir ces moments de détente.

Sources : F. DI RIENZO, Photos de M. BETBEDER



Revue, Séminaires, Congrès ...

Revue à comité de lecture

- JOANNES Sébastien, RENARD Jacques, GANTCHENKO Vladimir, The role of talc particles in a structural adhesive submitted to fatigue loadings, *International journal of fatigue*, 2010, 32, p. 66-71
- CAILLETAUD Georges, An overview of the anatomy of crystal plasticity models, *Advanced engineering materials*, 2009, p. 710-716
- ROUSSELIER Gilles, BARLAT F., YOON J.W., A novel approach for anisotropic hardening modelling, part I, theory and its application to finite element analysis of deep drawing, *International journal of plasticity*, 2009, 25, p. 2383-2409
- BESSON Jacques, Damage of ductile materials deforming under multiple plastic or viscoplastic mechanisms, *International journal of plasticity*, 2009, 25, p. 2204-2221
- THIONNET Alain, From fracture to damage mechanics : a behaviour law for microcracked composites using the concept of crack opening mode, *Composite structures*, 2010, 92, p. 780-794
- BUNSELL Anthony R., THIONNET Alain, CAMARA S., ALLEN D.H., Damage accumulation and life prediction in carbon fibre composite pressure vessels, *Composites and nanostructures*, 2009, n°3, p. 5-17
- BOUDOU J.P., CURMI P.A., JELEZKO F., SENNOUR Mohamed, THOREL Alain et al., High yield fabrication of fluorescent nanodiamonds, *Nanotechnology*, 2009, 20, 235602, 11 p.
- REGRAIN Cédric, LAIARINANDRASANA Lucien, TOILLON S., Experimental and numerical study of creep and creep rupture behaviour of PA6, *Engineering fracture mechanics*, 2009, 76, p. 2656-2665
- LAIARINANDRASANA Lucien, LAFARGE M., HOCHSTETTER G., Accounting for porosity, time and temperature dependency in fracture mechanics concepts on polyvinylidene fluoride material, *Engineering fracture mechanics*, 2009, 76, p. 2766-2779

Chapitres de livres

BUNSELL Anthony, Tensile fatigue of textile fibres, in : *Fatigue failure of textile fibres*, ed. by M. Mirafitab, Woodhead pub., 2009, p. 10-33

Brevets

BARRADAS Sophie, BOURLIER F., GUIPONT Vincent, JEANDIN Michel, Procédé de détermination de l'adhérence d'une couche de barrière thermique en céramique formée sur un substrat, *brevet 2 926 137* du 03.01.08

Séminaires

• **Date** : 02/10/2009 :

« **Etude des alliages d'aluminium de fonderie utilisé pour culasse diesel : vieillissement, comportement et fissuration** ».

« Démarche générale de dimensionnement des culasses PSA : du choix du matériau au calcul de justification », Alexandra MARIE-LOUISE TOURE, PSA et Louis AUGUSTINS, PSA

« Etude du vieillissement à chaud des alliages d'aluminium pour culasse Diesel et prise en compte dans le dimensionnement », Pierre OSMOND, PSA/CdM

« Criticité des fissures sous chargements thermomécaniques anisothermes dans un alliage d'aluminium pour culasse Diesel », Elias MERHY, PSA/CdM

• **Date** : le 23/10/2009

« **Etude du comportement des aubes de turbine monocristallines** »

« Etude du comportement des aubes de turbine monocristallines. Enjeux et solutions de réparation des aubes monocristallines revêtues », Caroline MARY, SNEC-MA

« Modélisation des effets de l'évolution microstructurale sur le comportement mécanique du superalliage monocristallin AM1 », Anaïs GAUBERT, Onera

« Des simulations discrètes par dynamique des dislocations à la mécanique des milieux continus: mise en évidence du glissement pseudo-cubique », Aurélie VATTRE,

Onera/CdM

• **Date** : le 28/10/2009

« **Possible ways to control the strain-hardening in nano-structured advanced structural steels** », O. BOUAZIZ, Arce-
lorMittal Research, France

• **Date** : le 06/11/2009

« **Filtres à particules** »

« Fonctionnement des filtres à particules », B. DELATTRE, PSA

« Comportement thermomécanique de structures nid d'abeilles en céramiques pour application aux filtres à particules de moteur diesel », A. BEUROTTE, CdM

« Comportement en fluage de mousses de nickel pur », A. BURTEAU, CdM

• **Date** : 17/11/2009

« **Comportement monotone et cyclique d'alliages d'aluminium et d'acier** »,

Prof. Ahmed SADOCK, Université de Mostaganem (Algérie)

Congrès

• **Du 21 au 23 Octobre 2009** : Participation de David RYCKELYNCK à « Conférence Part 2009 » à Nantes.

• **Du 25 au 26 Novembre 2009** : Participation de Georges CAILLETAUD, Alain KOSTER, Nicolas REVEST au « Congrès Fatigue Design 2009 » à Sentes.

• **Du 08 au 11 Décembre 2009** : Participation de d'Henry PROUDHON ? Yannick PANNIER, Sabine CANTOURNET au « Colloque RX 2009 », à Orsay.

• **Du 07 au 08 Décembre 2009** : Participation de Prajwal SABNIS, « au 23ème Colloquium Materials for Aerospace and Aeronautical Applications », Paris.

Les bons plans à venir ...

• Festival

Les Friches Musicales 2010

"Les Friches Musicales" est un festival organisé par les étudiants M2 Administration du Spectacle de l'Université d'Evry. Cette année nous fêtons les 10 ans de cet événement. Concerts (musique classique, gospel, jazz, variété, hip/hop), spectacles (danse, théâtre) et autres activités (arts visuels, conférence, buvettes...) sont au programme à travers le 91 : la cathédrale d'Evry, le Plan de Ris Orangis, l'Université d'Evry et son point central (salle ou chapiteau), le château de Chamarande et autres ont répondu positivement à ce 10ème anniversaire.

Festival qui touche tous les publics et tous les âges.

EVRY, Ville d'Evry (université), Ris Orangis (au Plan), Chamarande (château) ...

Tarif : Gratuit.

• Spectacle enfants

David Sire c'est de famille

Le 10 février 2010, à 15h

Un père distrait « qui confond son slip et son chapeau », un papy « qui pépie comme un rossignol », une soeur « qui rit comme une baleine » ou même un cousin « qui s'appelle zinzin » ! Bref, une sacrée famille où drôleries, tendresses, "luneries" sont au rendez-vous.

*** Talent Mino/Adami & coup de coeur

ORSAY, Salle Jacques Tati, MJC

Tarifs : 10 € / 9 € / 6 €

W2 Productions Chanson

A partir de 6 ans – Durée : 1h

LOCATIONS: Fnac - Carrefour - 0 892 68 36 22 (0,34€/min) - www.fnac.com

• Théâtre

FEU LA MERE DE MADAME

Le samedi 30 janvier 2010

Quatre heures du matin. Un mari pas tout à fait idéal rentre d'une soirée costumée et réveille son épouse au caractère bien trempé. S'engage alors une des scènes de ménage les plus cruelles et les plus drôles du répertoire français. Les mesquineries conjugales, les sordides reproches et la mauvaise foi s'emparent de la querelle. L'annonce d'un décès dans la famille corse le tableau... L'un des plus truculents chefs-d'œuvre du Maître du rire. Feydeau traite cette fois de la vie de couple dans sa noirceur et nous embarque dans son irrésistible tourbillon comique.

Lieu : DRAVEIL, THEATRE DE DRAVEIL 1 AV DE VILLIERS 91210

Tarifs : 25 € / 19 € / 8 €

• Danse

SPARTACUS PAR LE BALLET OPERA NATIONAL DE KIEV

Mercredi 10 février 2010, à 20h

Parmi les gladiateurs entretenus à Capoue

par les Romains et destinés aux jeux du cirque, se trouvait un Thrace, nommé Spartacus. Epris de liberté, il persuada 70 de ses camarades de braver la mort, et de s'échapper loin des Arènes... Servi par 45 artistes, ce ballet fait partie des grands événements de la saison.

Lieu : DRAVEIL, THEATRE DE DRAVEIL 1 AV DE VILLIERS 91210

Tarifs : 25 € / 19 € / 8 €

• Brocante

BROCANTE MUSIQUE

Vendredi 29 janvier 2010

Un moment sympa pour troquer, vendre ou chiner des vinyls, CD, DVD ... Alors n'hésitez pas à visiter vos greniers, il est encore temps de vous inscrire pour partager une après midi sur le thème de la musique.

Inscription stand gratuite au

01 64 96 27 69

MJC Fernand-Léger - 45, allées Aristide Briand - 91100 Corbeil-Essonnes

• Ballade

Le Parc de Sceaux

Une sortie sur la journée de 16km pour découvrir le parc et de ses alentours, avec vue sur le château, etc.

Tarif : 3€. Pour nous connaître et pour avoir de plus amples renseignements : <http://lesrandociens.free.fr>

La Newsletter du Centre des Matériaux



CENTRE DES MATERIAUX
P.M.FOURT

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

B.P. 87

91003 Evry cedex

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 BUSSO

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

Comité de relecture : Françoise DI RIENZO, Yves BIENVENU

Les photographies : Maria SIMOES-BETBEDER (sauf indication contraire)

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...

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