



SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MÉTALLURGIE
ET DE MATÉRIAUX

SF2M

23-25 OCTOBRE 2017

Journées Annuelles 2017 - JA2017
Matériaux, Microstructures & Fonctionnalités



SF2M
Section Sud-Est

L'Edito

Le Beaujolais nouveau est un **vin primeur**, qui se boit dans les premiers mois après la récolte. Depuis 1951, c'est en automne de chaque année qu'a lieu la fête du Beaujolais nouveau, maintenant aussi bien connue au Japon qu'en France. Grâce à leur connaissance et leur savoir faire très ancien, les vignerons du Beaujolais, entre Rhône et Saône-et-Loire, régaleront ainsi le monde avec leur vin de l'année.

La SF2M, bien avant le Beaujolais, organise aussi ses journées annuelles en automne. Parfois, le hasard fait bien les choses, et de bons événements s'accumulent. C'est le cas cette année, avec l'arrivée à Lyon des JA2017 (journées annuelles de la SF2M), à peine quelques jours avant la fête du **Beaujolais primeur**. Ces journées sont l'occasion offerte à tous les universitaires et industriels, les jeunes « primeurs » comme les confirmés « de garde » de la métallurgie et des matériaux en général, de se retrouver pour exposer leurs travaux, croiser leurs connaissances et discuter de leurs recherches, pendant trois jours, sur le campus de la Doua, à l'INSA de Lyon.

La section régionale SF2M Sud-Est ainsi que les laboratoires MATEIS et CETHIL pour la coordination et tous les autres laboratoires ayant participé à l'organisation des journées vous proposent, du 23 au 25 octobre 2017, un programme en quatre thèmes, portant sur les matériaux, leurs microstructures et leurs fonctionnalités. De manière globale, ces journées visent à mettre en avant le triptyque matériaux – procédés – propriétés, en présentant les avancées significatives concernant les nouveaux procédés et la structuration des matériaux en surface ou volume, les techniques de caractérisation et de modélisation multi-échelles et multi-physiques et les domaines d'applications stratégiques où une ingénierie spécifique des matériaux entraîne une amélioration des performances.

Cette année, la formation dans le domaine des matériaux est particulièrement mise à l'honneur avec un thème dédié, sous la forme de conférences, d'une table ronde et de Workshops menés par Granta Design. Cette session particulière sera l'occasion d'ouvrir le débat sur l'adéquation des formations et les besoins industriels en France.

Une session spéciale est aussi réservée au GdR ReX, sur la recristallisation, sa caractérisation et son impact sur la structure et le comportement des matériaux.

Les organisateurs souhaitent remercier vivement l'INSA de Lyon pour son soutien logistique et financier et la mise à disposition des locaux, la Fédération IngéLySe et l'Institut Carnot Ingénierie@Lyon pour l'aide précieuse, ainsi que les différents sponsors.

Pour le comité d'organisation des JA2017,
M'hamed Boutaous, Jérôme Chevalier et Christophe Le Bourlot

Première partie
Informations générales

Table des matières

	Page
L'Edito	3
I Informations générales	5
Table des matières	7
Informations pratiques	9
Plan d'accès	9
Diner-croisière	10
wifi	11
Formation Granta Design	12
Les JA 2017	13
Thème 1 : Etudes microstructurales avancées à différentes échelles	13
Thème 2 : Matériaux architecturés et composites : nouveaux procédés, nouvelles propriétés, nouvelles fonctionnalités	14
Thème 3 : Ingénierie des surfaces et interfaces : de la tribologie des systèmes complexes aux biomatériaux	14
Thème 4 : Formation et transmission des savoirs dans le domaine des matériaux	14
Programme	16
Aperçu général du programme des Journées Annuelles	16
Programme détaillé jour par jour	17
II Résumés	21
Invités	23
Liste des posters	41
Résumés des conférences	45
Résumés des Posters	95
Index des auteurs	107

Informations pratiques

Plan d'accès

Comment venir aux Journées Annuelles 2017, à l'INSA de Lyon ?

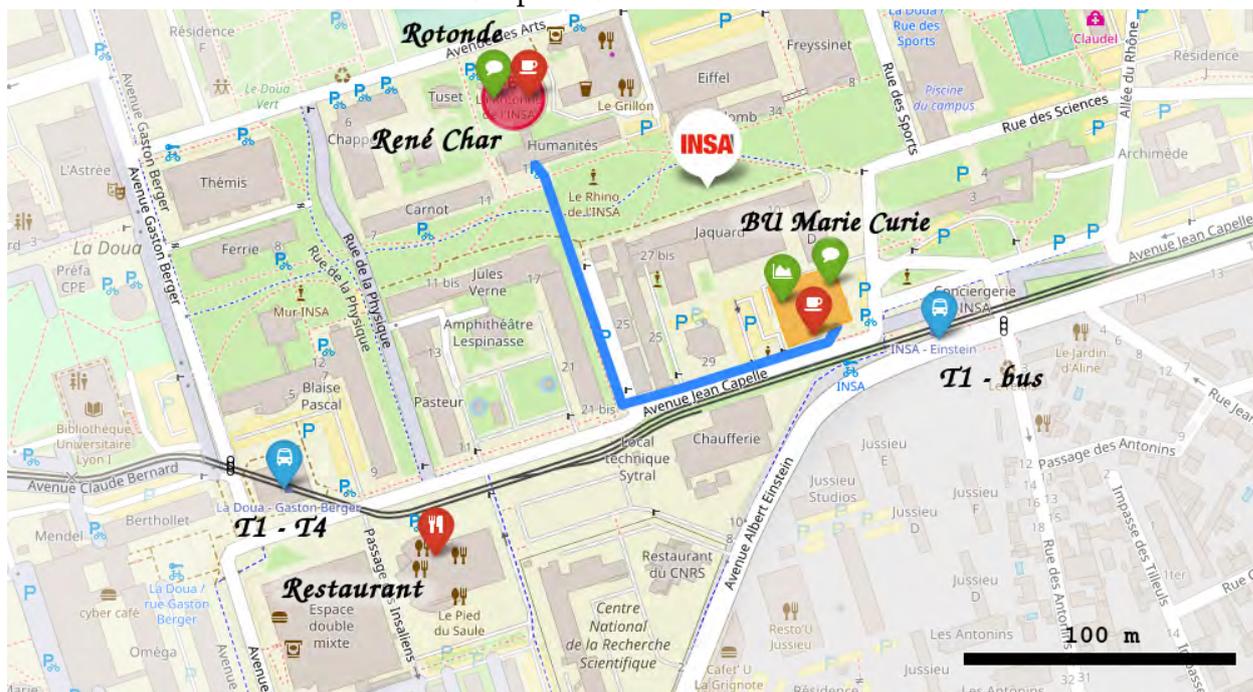
Les journées auront lieu sur deux sites très proches l'un de l'autre, à l'INSA de Lyon :

La Rotonde : rue des Arts, au département 'Humanités' de l'INSA,

L'amphithéâtre René Char : rue des Arts, au département 'Humanités' de l'INSA,

La Bibliothèque Marie Curie de l'INSA : 31 Avenue Jean Capelle Ouest

L'accueil et l'inscription se feront à la Rotonde.



Plan du Campus et des lieux principaux des journées :

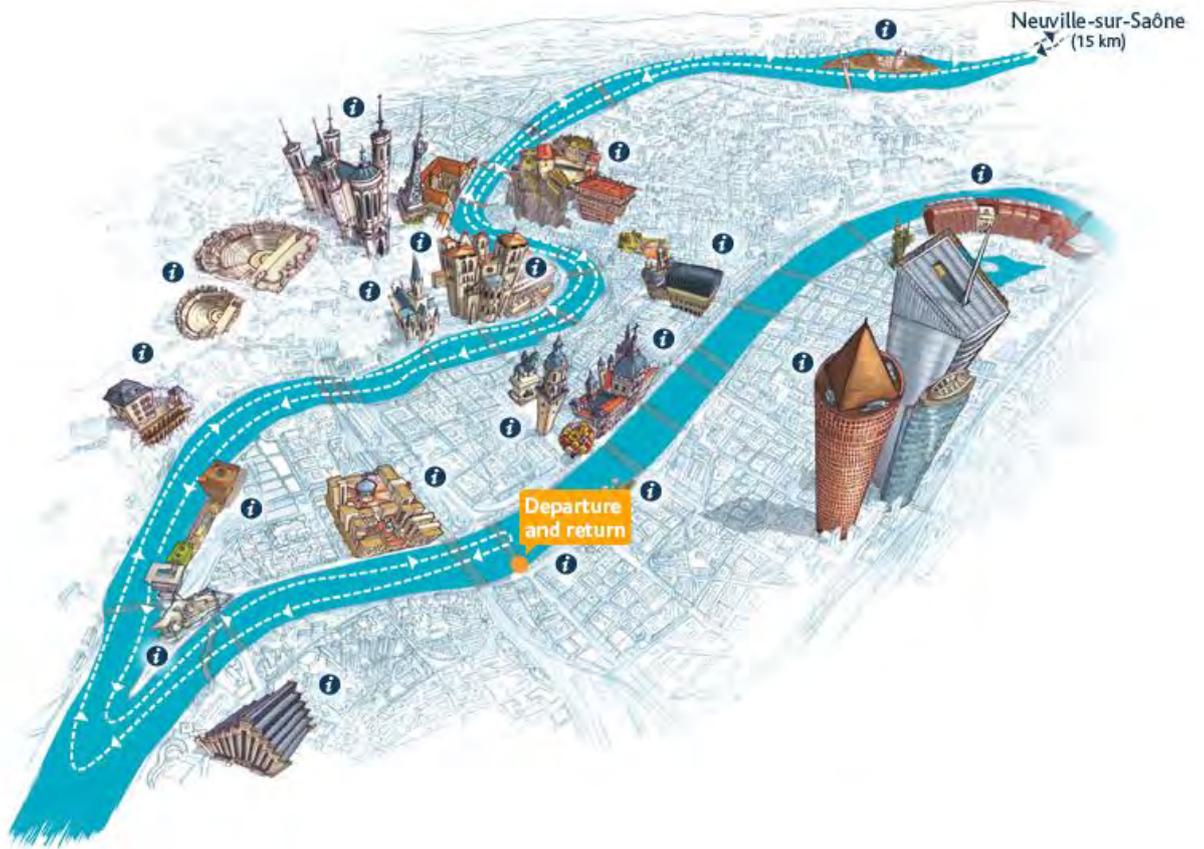
www.insa-lyon.fr/fr/venir-l-insa-lyon

Accès les plus proches

- tram T1 : arrêt INSA - Einstein
- tram T4 : arrêt La Doua - Gaston Berger

Diner-croisière

L'équipe d'organisation et la SF2M sont heureuses de vous inviter à une croisière dîner à bord du bateau restaurant Hermès, le **mardi 24 OCTOBRE À 20H00** :



Bateau restaurant Hermès
16 Quai Claude Bernard,
69007 Lyon
<http://www.lyoncityboat.com>

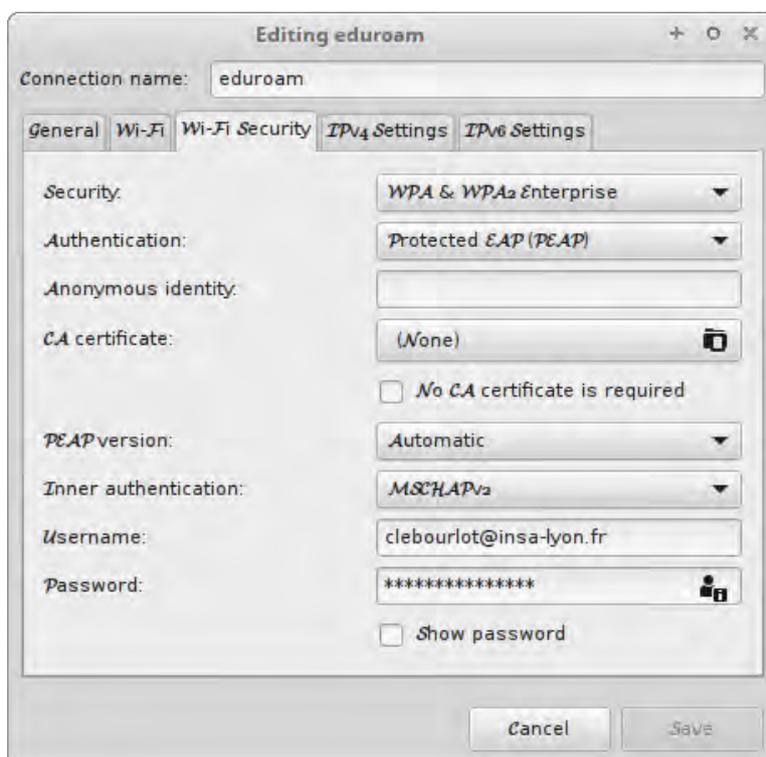
Embarquement proche de l'arrêt de Tram T1 « Quai Claude Bernard »
accès direct du campus via le tram T1
(Retour du bateau à 23H30)

wifi

Eduroam L'accès au wifi est possible sur le campus via le réseau Eduroam. Les informations générales de connexions sont disponibles sur le site www.eduroam.fr/fr/.



Un exemple de configuration pour le site de l'INSA.



Afin d'être valide partout en europe, bien configurer le champ *Username* sous la forme **LOGIN@DOMAINNAME**.

Wifi Invité Le campus de l'Insa dispose aussi d'un réseau wifi invité, nécessitant un couple *login/password*, disponible à l'accueil avec votre badge.

Formation Granta Design

À l'occasion de ces journées, Granta Design propose 3 ateliers gratuits, mais avec inscription préalable obligatoire directement auprès de Granta (lien ci-dessous).

Lundi 14h-16h Les outils et données matériaux pour la sélection, conception, et prise de décision.

Lundi 16h20-18h20 Enseigner la sélection avancée de matériaux : étude de cas industriels.

Mercredi 11h-12h50 De la recherche vers l'innovation avec CES Selector.



GRANTA
MATERIAL INTELLIGENCE
www.grantadesign.com

Plus d'information : www.grantadesign.com/education/events/2017/sf2m/index.htm

Les JA 2017

Les matériaux polymères, métalliques, céramiques et leurs composites sont d'un intérêt stratégique pour tous les secteurs technologiques tels que l'aérospatial, le nucléaire, le transport, le biomédical, l'habitat, les sports et loisirs, etc.

Ces journées visent à mettre en avant le triptyque matériaux – procédés – propriétés, en présentant les avancées significatives concernant les nouveaux procédés et la structuration des matériaux en surface ou volume, les techniques de caractérisation et de modélisation multi-échelles et multi-physiques et les domaines d'applications stratégiques où une ingénierie spécifique des matériaux entraîne une amélioration des performances.

4 thèmes génériques, structurés en différentes sessions seront proposés. Ils permettront d'aborder les aspects non seulement thermomécaniques, physiques, physico-chimiques, ou numériques, mais aussi de la formation à la science des matériaux :

- Etudes microstructurales avancées à différentes échelles,
- Matériaux architecturés et composites,
- Ingénierie des surfaces et interfaces,
- Formation et transmission des savoirs dans le domaine des matériaux.

Les communications liées à ces 4 thèmes sont encouragées, mais de manière globale, ces journées sont ouvertes à tous les travaux de recherche et de développement portant sur la science et l'ingénierie de toutes les classes de matériaux à finalité industrielle ou à caractère plus générique.

Thème 1 : Etudes microstructurales avancées à différentes échelles

Afin de mieux comprendre le comportement des matériaux (métalliques, céramiques ou polymères), il est nécessaire d'établir des relations entre les propriétés et les phénomènes physiques, mécaniques ou chimiques qui s'y produisent à différents échelles et souvent *in operando*. Ce thème propose un lieu d'échange sur les techniques variées multi-échelles d'analyse et de caractérisation des microstructures et de leur évolution, telle que (et sans être exhaustif) la microscopie électronique, la diffraction ou la diffusion des rayons X ou de neutrons, les méthodes de tomographie et d'analyses *in situ*, les analyses mécaniques et thermiques.

Les observations et leur analyse aux différentes échelles du matériau peuvent être couplées à des modèles de comportement. Pour cela la modélisation des microstructures, de leur genèse à leur modification contrôlée, sera aussi abordée dans ce thème.

Thème 2 : Matériaux architecturés et composites : nouveaux procédés, nouvelles propriétés, nouvelles fonctionnalités

Le vocable "matériaux architecturés" concerne toute structure ou microstructure complexe conçue pour avoir des propriétés spécifiques, tels que les composites fibreux et particuliers, les matériaux cellulaires, structures sandwiches, matériaux tissés, etc. Il inclut aussi le concept de matériaux bio-inspirés.

Ces matériaux offrent de nouvelles possibilités en termes de propriétés structurales et fonctionnelles, élargissant ainsi leurs domaines d'application, parfois même en ouvrant des applications nouvelles avec de meilleurs rapports performance/coût ou une meilleure combinaison de propriétés parfois contradictoires.

Les enjeux scientifiques et techniques pour ces matériaux qui seront traités dans ce thème consistent en leurs procédés de fabrication, leur caractérisation, leur modélisation et la prédiction de leurs propriétés effectives ainsi que leur rôle dans le comportement des structures.

Thème 3 : Ingénierie des surfaces et interfaces : de la tribologie des systèmes complexes aux biomatériaux

L'ingénierie des surfaces et interfaces a pour spécificité d'intégrer des problématiques très diverses, qu'il s'agisse d'étudier des interactions fluide-solide, rayonnement-matière, entre corps au sein d'interfaces tribologiques, ou encore et sans être exhaustif des interactions matière-vivant. Elle fait alors intervenir la quasi-totalité des champs disciplinaires scientifiques utiles à l'ingénieur (physique, physico-chimie, mécanique, biologie) et doit être traitée à différentes échelles et souvent dans des situations d'environnements complexes.

Ce thème propose un lieu d'échange sur les procédés de texturation et de modification des surfaces, la caractérisation des surfaces et interfaces et leur évolution dans des conditions représentatives, les interactions surface – fluide et surface-surface, qui peuvent être appréhendés par des approches expérimentales ou de simulation. En relation au positionnement fort du tissu industriel et académique régional de la région Sud-Est dans le domaine de la tribologie et des biomatériaux, des sessions spécifiques seront dédiées à ces applications, mais des contributions génériques et concernant d'autres domaines d'application seront bienvenues.

Thème 4 : Formation et transmission des savoirs dans le domaine des matériaux

La révolution numérique et l'adaptation aux réformes de l'enseignement au lycée nécessitent une adaptation de nos enseignements de la métallurgie et plus généralement de la science des matériaux. L'ingénieur a aussi besoin de formation continue durant sa carrière et l'apprentissage est de plus en plus cité en exemple. Des outils et des initiatives

existent pour rendre plus attractif l'enseignement de la physique et de la science des matériaux, ils doivent être partagés. La transmission du savoir est aussi un enjeu, que ce soit au niveau universitaire ou industriel. L'objet de ce thème est un échange autour de la formation aujourd'hui et demain, au travers d'exemples et de réussites. Un temps significatif sera consacré à une table ronde autour de ces enjeux pour nos départements de formation en relation avec les besoins des industriels et les parcours des étudiants.

Programme

Aperçu général du programme des Journées Annuelles

	Lundi	Mardi	Mercredi
08:00 - 09:00			08:00 - 09:00 Plénière Yves Bréchet La Rotonde
09:00 - 10:00	08:40 - 09:40 Accueil et enregistrement La Rotonde	08:20 - 10:00 Conférences	09:00 - 10:40 Conférences
10:00 - 11:00	09:40 - 10:40 Ouverture des Journées La Rotonde	10:00 - 10:30 Café	
11:00 - 12:00	10:40 - 12:40 Conférences	10:30 - 12:30 Conférences	10:40 - 11:10 Café
12:00 - 13:00			11:10 - 12:50 Conférences
13:00 - 14:00	12:40 - 14:00 Repas Grand restaurant	12:30 - 13:50 Repas Grand restaurant	12:50 - 13:50 Repas BU Marie Curie
14:00 - 15:00	14:00 - 16:00 Conférences	13:50 - 14:50 Table ronde La Rotonde	13:50 - 15:30 Conférences
15:00 - 16:00		15:00 - 18:00 Remise des médailles Séance des Lauréats AG La Rotonde	15:30 - 16:00 Clôture
16:00 - 17:00	16:00 - 16:30 Café		
17:00 - 18:00	16:30 - 18:30 Conférences		
18:00 - 19:00			
19:00 - 20:00	18:30 - 20:00 Apéritif dinatoire La Rotonde	19:00 - 20:00 Diner-croisière Péniche	

Programme détaillé jour par jour

Lundi 23 Octobre 2017

	Rotonde	BU - Marie Curie	René Char
8h40	Accueil et enregistrement Rotonde		
9h40	Ouverture des Journées Rotonde		
10h40	kn1 - Lefebvre	77 - Perez	93 - Destouches
11h		26 - Joulain	101 - Mallick
11h20	27 - Joly-Pottuz	31 - Flipon	124 - Koussi
11h40	60 - Lafond	78 - Chantrenne	147 - Marc
12h	65 - Meyruey	98 - Michaud	46 - Tumbajoy
12h20	82 - Comby	112 - Champion	130 - Der Loughian
12h40	Repas		
14h	24 - Dequeker	kn2 - Bikard	99 - Coulibaly
14h20	36 - Antoni		146 - Ponthus
14h40	34 - Bellavoine	110 - Gibaud	80 - Berthel
15h	38 - Rigal	141 - Bouquerel	84 - Descartes
15h20	64 - Collet	91 - Syerko	85 - Choleridis
15h40	17 - Buscail	109 - Andriamananjara	88 - Fridrici
16h	Café		
16h30	59 - Callahan	25 - Mokhtari	104 - Kaczynski
16h50	63 - Tonizzo	29 - Mereib	kn3 - Mischler
17h10	28 - Parry	37 - Laurent-Brocq	
17h30	39 - Pascal	54 - Simonot	142 - Dréano
17h50	73 - Devillard	102 - Panemangalore	16 - Joulain
18h10	114 - Christien	151 - Goncalves	49 - Ter Ovanessian
18h30	Apéritif dinatoire autour des posters BU Marie Curie		

Mardi 24 Octobre 2017

	Rotonde	BU - Marie Curie	René Char
8h20	97 - Dancette		
8h40	10 - Nzogang		
9h	22 - Castany	144 - Fabregue	
9h20	35 - Daudin	149 - Dezellus	12 - Silvain
9h40	50 - Vouaillat	7 - Delaunnois	13 - Chamroune
10h	Café		
10h30	56 - Combeaud	58 - Gourgues	kn4 - Hochard
10h50	57 - Hannard	138 - Simar	
11h10	66 - L'Hôte	148 - Chemisky	123 - Bienvenu
11h30	108 - Steyer	95 - Jean Dhers	83 - Boisse
11h50	115 - Huleux	113 - Martin	129 - Salvia
12h10	133 - Le Bouar	128 - Mege-Revil	67 - Gallo
12h30	Repas		
13h50	table ronde 'Formation et Matériaux' Rotonde		
15h	Remise des médailles Séance des Lauréats AG SF2M Rotonde		
18h			
20h00	Diner-Péniche		

Mercredi 25 Octobre 2017

	Rotonde	BU - Marie Curie	René Char
8h	Plenière 60' : Yves Bréchet		
9h	127 - Mangelinck		8 - Montagnat
9h20	90 - Kriaa	79 - Chantrenne	6 - Villaret
9h40	55 - Schuler	135 - Cailliet	18 - Maire
10h	134 - Chaix	23 - Balloy	52 - Mangelinck
10h20	137 - Missiaen	81 - Heraud	120 - Piot
10h40	Café		
11h10	145 - Ballat	kn6 - Barthel	143 - Fabregue
11h30	21 - Vasquez		122 - Piot
11h50	94 - Alnajjar	117 - Contraires	71 - Charpagne
12h10	72 - Zhu	14 - Tazi	41 - de Carlan
12h30	125 - Boyer	89 - Divin	20 - Vernier
12h50	Repas Rapide		
13h50	kn5 - Wright	87 - Favre	126 - Benayoun
14h10		96 - François	86 - Benmohammed
14h30	116 - Morgeneyer	47 - Barrière	53 - Baral
14h50	15 - Thilly	11 - Persenot	140 - Guillonneau
15h10	19 - Cadiou		
15h30	cloture des journées Rotonde		

Deuxième partie

Résumés

Invités

Approche de microscopie corrélative combinant sonde atomique tomographique et de la microscopie électronique en transmission

Williams Lefebvre, Florian Moyon, Antoine Normand, Ivan Blum, Auriane Etienne, Celia Castro, Fabien Cuvilly, Lorenzo Mancini, Lorenzo Rigutti, François Vurpillot

Normandie Univ., GPM, UNIROUEN, INSA Rouen, CNRS

kn1
lundi
10h40
Rotonde

Dans la mesure où une machine de haute résolution « ultime » permettrait de corréler les propriétés physiques avec une détermination fiable de la nature chimique et des positions atomiques dans un matériau en 3D, force est de constater qu'un tel outil n'est pas encore disponible. Les performances atteintes par les microscopes électroniques en transmission et leurs techniques associées permettent néanmoins de tendre vers cette utopie. Les TEM et STEM les plus récents fournissent en effet une résolution spatiale inférieure à l'Angström, tout en permettant la cartographie élémentaire bidimensionnelle à la même échelle. En outre, la tomographie électronique a démontré sans ambiguïté la possibilité d'imager les positions et les défauts atomiques.

L'accès aux champs de concentration tridimensionnels résolus à l'échelle sub-nanométrique n'est néanmoins possible qu'au moyen de la Sonde Atomique Tomographique (SAT). Cette technique d'analyse intrinsèquement 3D, occupe aujourd'hui une place importante dans la caractérisation des matériaux à l'échelle nanométrique en raison de développements drastiques au cours de la dernière décennie. Cet outil permet de reconstruire des volumes de matière en calculant les positions des atomes, dont la nature est déterminée par spectrométrie de masse à temps de vol. Grâce à l'évolution des protocoles de préparation et d'analyse des échantillons, la SAT est aujourd'hui appliquée à de nombreux domaines de la science des matériaux (alliages, semi-conducteurs, biomatériaux, matériaux de la géologie...). Néanmoins, une caractérisation par SAT uniquement ne donne accès qu'à une partie des informations nécessaires à l'étude des défauts. Les limites inhérentes de cet outil résident dans son rendement de détection fini (environ 50% des atomes sont détectés) et dans sa résolution spatiale anisotrope (la résolution sub-Angström étant uniquement accessible suivant la direction d'analyse).

Aujourd'hui, il est possible de conduire de manière quasi-routinière des investigations sur le même échantillon en SAT et STEM [1, 2, 3]. Dans cet exposé, le point sera fait sur les protocoles expérimentaux actuels et sur leurs possibles évolutions. Différents cas de sciences des matériaux illustreront la pertinence d'une approche de caractérisation par microscopie corrélative combinant SAT et STEM. La figure ci-dessous montre l'analyse corrélative d'une pointe d'un alliage durci par la précipitation de nanoparticules d'argent. La partie droite de la figure illustre la complémentarité des deux techniques SAT et STEM [4]. Le STEM donne accès à la structure cristalline du défaut et de

la matrice environnante, ainsi qu'à un contraste de numéro atomique qui permet dans ce cas d'identifier le précipité d'argent. Le volume de SAT met en évidence la présence d'atomes d'argent dans la matrice d'aluminium, ce qui témoigne de la plus grande sensibilité chimique de cette technique.

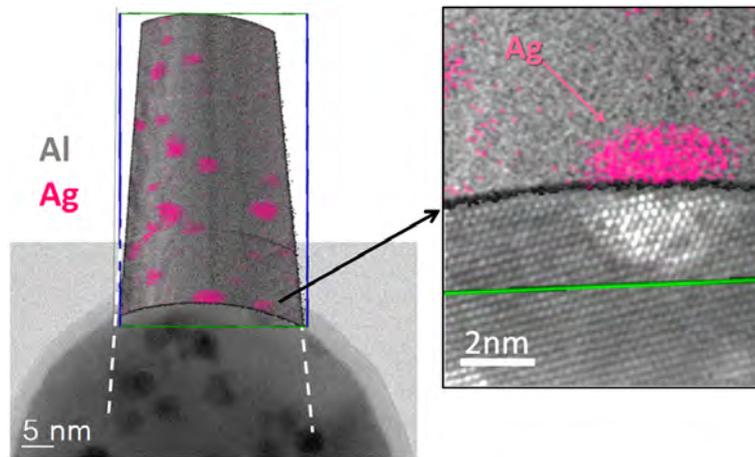


FIGURE 1 – Alliage $Al - 1.7\%at Ag$ durci par précipitation. (Gauche) Superposition d'un volume de sonde atomique (en haut) et de la vue en STEM de l'échantillon élaboré sous forme de pointe après que l'analyse SAT ait été effectuée. (Droite) Vue d'une nanoparticule d'argent partiellement analysée en SAT et émergent à la surface de l'échantillon observé en mode STEM HAADF.

Pour des puits ou boîtes quantiques, des exemples de corrélation entre propriétés optiques et structure tridimensionnelle des nano-objets seront donnés [5, 6]. Dans le cas d'alliages d'aluminium, il sera montré comment la même approche impliquant des traitements thermiques in situ en STEM peut se révéler pertinente pour le suivi de l'évolution des champs de concentrations et de la structure de précipitation.

- [1] M. Herbig, P. Choi, D. Raabe, *Ultramicroscopy* 153 (2015) 32–39.
- [2] W. Lefebvre, D. Hernandez-Maldonado, F. Moyon, F. Cuvilly, C. Vaudolon, D. Shinde, F. Vurpillot, *Ultramicroscopy* 159 (2015) 403–412.
- [3] M. Kuzmina, M. Herbig, D. Ponge, S. Sandlobes, D. Raabe, *Science* (80-.). 349 (2015) 1080–1083.
- [4] F. Vurpillot, W. Lefebvre, J.M. Cairney, C. Oberdorfer, B.P. Geiser, K. Rajan, *MRS Bull.* 41 (2016) 46–52.
- [5] L. Rigutti, I. Blum, D. Shinde, D. Hernández-Maldonado, W. Lefebvre, J. Houard, F. Vurpillot, A. Vella, M. Tchernycheva, C. Durand, J. Eymery, B. Deconihout, *Nano Lett.* 14 (2014) 107–114.
- [6] L. Mancini, F. Moyon, D. Hernández-Maldonado, I. Blum, J. Houard, W. Lefebvre, F. Vurpillot, A. Das, E. Monroy, L. Rigutti, *Nano Lett.* 17 (2017).

Sur les défis industriels et scientifiques conditionnant le déploiement massif des matériaux composites et architecturés

Feld Nicolas

Safran, Safran Tech/Modelling & Simulation, 78114 Magny-les-Hameaux, France

kn2
lundi
14h
BU

Les matériaux composites et architecturés ont démontré depuis plusieurs années leur bonne adéquation aux productions industrielles prototypes et de faible cadence. Le défi auquel doivent aujourd'hui répondre de nombreuses industries, et en particulier celles du transport, tient à leur généralisation en tant qu'alternative viable pour la production de masse, c'est-à-dire à grande cadence [3]. En avance de phase, c'est à travers la simulation numérique que cette dissémination massive, polyvalente, est rendu possible, grâce à la réduction des coûts et des délais de R&D, l'amélioration de la sûreté d'usage et l'optimisation des lignes de production. Néanmoins, selon le domaine industriel concerné, certains enjeux industriels et sociétaux propres sont sources de problématiques scientifiques spécifiques.

Dans une première partie, nous verrons comment l'industrie de la propulsion aéronautique et spatiale, gouvernée par la sûreté d'usage, la certification et ses dérogations, a dû assurer la maîtrise des critères de certification de pièces composites jusqu'à l'échelle de leur microstructure. Les matériaux lattices, issus de la fabrication additive, se trouvent eux aussi confrontés aux mêmes exigences. A ce titre, le développement de méthodes numériques capables de prendre en compte l'influence de la microstructure sur le comportement aux plus hautes échelles, mais également vice-versa, font partie des enjeux scientifiques majeurs permettant de répondre à cet objectif [6]. L'alimentation de ces analyses dites multi-échelles par des simulations microstructurales fidèles, issues de représentations morphologiques conformes et dotées de propriétés physiques identifiées de manière fiable, et leur exploitation dans la conception de modèles de comportement et de critères de validation idoines, sont autant de briques élémentaires indispensables [4]. Enfin le rôle du procédé de mise en œuvre et son influence sur la microstructure et les pièces elles-mêmes font aujourd'hui partie intégrante de la chaîne de simulation numérique [7].

Dans un second temps, nous verrons comment l'industrie automobile, pilotée par les exigences de coût et de capacité de production, s'est davantage axée vers la maîtrise de matériaux nouveaux adaptés à ces exigences. En particulier, les thermo-plastiques polyamides, capables de supporter des températures d'élaboration élevées, compatibles avec des cycles courts et présentant des propriétés thermomécanique appréciables, font l'objet d'attentions multiples. Leur usage, comme composites injectés renforcés de fibres de verre broyées ainsi que comme composites à fibres de verres tissées, s'adapte aussi bien aux équipements qu'à des éléments structuraux [5]. Cette dernière application soulève néanmoins la question de la stabilité du comportement des composites à matrice polyamide sur une large gamme de températures, hygrométries relatives et temps caractéristiques de sollicitation en service [1]. Les composites à fibres coupées et à matrice polyester ou vinylester constituent une alternative palliant en partie cette question. Plus stables thermiquement, moins sensibles aux effets de vitesse, ils présentent en revanche des dispersions de propriétés importantes, accentuées par le procédé de mise en forme par thermo-estampage [2]. La capacité à prendre en compte ces effets de manière fiable demeure un point-clef qui déterminera le potentiel d'application de ces matériaux à des

pièces de structure en grande série.

- [1] F. Coussa, J. Renard, S. Joannes, J.-C. Teissedre, R. Bompoint, and N. Feld. A consistent experimental protocol for the strain rate characterization of thermoplastic fabrics : Consistent strain rate characterization of thermoplastic fabrics. *Strain*, 53(3) :e12220, June 2017.
- [2] N. Feld, C. Maeyens, B. Delattre, and N. Grandmaison. Modelling the effect of process-induced anisotropy on the constitutive behavior of chopped fiber composites. *Composites Part A : Applied Science and Manufacturing*, 101 :334–343, October 2017.
- [3] N. Feld. Sur la construction d’un schéma de développement numérique pour les structures composites dans l’industrie automobile. *NAFEMS France, Paris*, 2014.
- [4] R. Gras, H. Leclerc, F. Hild, S. Roux, and J. Schneider. Identification of a set of macroscopic elastic parameters in a 3d woven composite : Uncertainty analysis and regularization. *International Journal of Solids and Structures*, 55 :2–16, March 2015.
- [5] A. Launay, Y. Marco, M.H. Maitournam, and I. Raoult. Modelling the influence of temperature and relative humidity on the time-dependent mechanical behaviour of a short glass fibre reinforced polyamide. *Mechanics of Materials*, 56 :1–10, January 2013.
- [6] M. Le, J. Yvonnet, N. Feld, and C. Combescure. A filter-based computational homogenization method for composites structures without scale separation assumption. *ECCOMAS CMCS, Paris*, 2017.
- [7] S. Mathieu, N. Hamila, F. Bouillon, and P. Boisse. Enhanced modeling of 3d composite preform deformations taking into account local fiber bending stiffness. *Composites Science and Technology*, 117 :322–333, September 2015.

kn3
lundi
16h50
René Char

Tribocorrosion : de la compréhension à l’ingénierie

Stefano Mischler

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Institut des Matériaux, Suisse

Résumé La tribocorrosion est une discipline scientifique se situant à l’interface entre corrosion et usure. Malgré sa complexité intrinsèque, une approche déterministe basée sur des hypothèses bien définies et la combinaison de mécanismes simples a récemment permis d’obtenir un modèle prédictif fiable validé pour le cas des prothèses de hanche et des essais de laboratoire. Ce modèle est présenté ici et utilisé pour explorer des voies d’améliorations des matériaux et de surfaces destinés à des applications en tribocorrosion.

Introduction La tribocorrosion est un mécanisme de dégradation des matériaux dans un contact tribologique due à l’interaction des phénomènes mécaniques d’usure et des réactions chimiques de corrosion. Les phénomènes de tribocorrosion sont complexes et dépendent d’une variété d’interactions entre des facteurs mécaniques, chimiques, électrochimiques et physiques. La tribocorrosion n’est donc pas simplement la somme de la corrosion et de l’usure prises séparément [1]. La tribocorrosion est rencontrée dans de nombreux systèmes d’ingénierie opérant dans des environnements aqueux tels que des implants orthopédiques, des machines de transformation des aliments, des pompes pour produits chimiques, des procédés de formage de métaux (CMP). Dans ces applications on utilise généralement des métaux passifs qui combinent des bonnes propriétés mécaniques et une facilité de mise en forme avec bonne résistance à la corrosion grâce à la formation à leur surface d’une fine couche d’oxyde par réaction spontanée entre le métal et l’environnement.

Phénomènes et modèle La dégradation par tribocorrosion des métaux passifs est généralement décrite par deux mécanismes distincts [1, 2] : la génération de particules métalliques par effet mécanique (usure mécanique) et la corrosion accélérée due à l'abrasion et reformation périodiques du film passif (usure chimique). La corrosion des surfaces passives est généralement négligée car elle contribue de façon nettement moins importante que les deux autres mécanismes. Ces deux mécanismes sont interdépendants car l'usure chimique est liée à l'étendue de l'abrasion du film passif et le film passif peut influencer la dégradation mécanique des métaux. Des modèles ont été proposés pour décrire l'accélération de la corrosion par usure en fonction de la cinétique de croissance du film et de la dépassivation mécanique aux aspérités de surface en interaction des corps en contact.

La vitesse de dégradation globale en tribocorrosion, dans le cas de la dégradation par contact plastique entre aspérités des surfaces, est donc la somme de la vitesse d'usure mécanique V_{mech} et de l'usure chimique V_{chem} (c'est-à-dire la corrosion accélérée par l'usure) selon les équations 1 et 2 [3].

$$V_{mech} = k_m \left(\frac{F_{eff}}{H} \right) V_s \quad (1)$$

$$V_{chem} = \frac{k_c Q_p M V_s (F_{eff}/H)^{0.5}}{n F \rho} \quad (2)$$

Dans ces équations F_{eff} représente la force normale qui agit sur les aspérités, H est la dureté du matériau le plus mou, V_s est la vitesse de glissement, Q_p est la charge de repassivation (la quantité de métal oxydé lors de la formation de la couche passive), M la masse molaire du métal, n la valence d'oxydation du métal, F la constante de Faraday et ρ la densité du métal. Dans des contacts immergés dans des liquides la force normale appliquée au contact (F_n) est transmise par les aspérités et partiellement par le film fluide hydrodynamique. La relation empirique donnée en équation 3 (alliage *CoCrMo*) permet de déterminer F_{eff} à partir de F_n et de h_{min} , c.à.d. l'épaisseur minimale du film lubrifiant décrite par l'équation de Hamrock-Dowson (équation 4).

$$F_{eff} = k_0 \frac{F_n}{(h_{min})^{1.49}} \quad (3)$$

avec

$$h_{min} = 2.8 \left(\frac{V_s \eta}{E' R'} \right)^{0.65} \left(\frac{F_n}{E' R'^2} \right)^{-0.21} R' \quad (4)$$

Dans l'équation de Hamrock-Dowson [4] η représente la viscosité du fluide, E' le module de Young réduit et R' le rayon de courbure composite des surfaces en contact. En raison de sa nature empirique, l'équation 3 ne s'applique en principe qu'à des surfaces de contact relativement lisses. Une autre condition pour pouvoir appliquer ces équations est qu'un écoulement plastique se produise en surface. Ces équations ne s'appliquent donc pas, en principe, à des cas d'usure abrasive ou par fatigue. Les facteurs de proportionnalité k_m , k_c et k_0 sont calibrés à partir d'essais de tribocorrosion sous contrôle électrochimique permettant ainsi de discriminer entre usure mécanique et usure chimique. A noter que ces facteurs dépendent du type d'alliage. Ce modèle de tribocorrosion, opportunément calibré à l'aide d'essais de laboratoire s'est révélé remarquablement robuste,

compte tenu de sa simplicité, et a permis de prédire le taux d'usure de prothèses articulaires de hanche (Cao et al 2016) en fonction de paramètres mécaniques, chimiques et physiques bien définis (Figure 2).

Matériaux et surfaces pour la tribocorrosion Le modèle décrit ci-dessus permet de rationaliser les phénomènes de tribocorrosion sur la base de facteurs et phénomènes critiques bien définis. Ceci permet de donner une base scientifique à l'optimisation dans le choix et développement de nouveaux matériaux et traitements de surface.

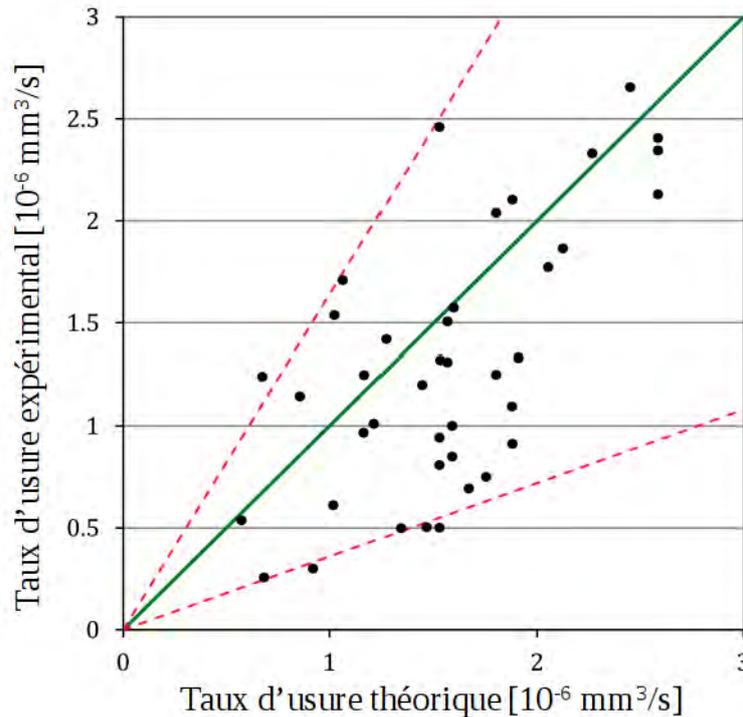


FIGURE 2 – Corrélation entre les résultats expérimentaux obtenus sur banc d'essai de prothèses de hanche (type métal sur métal) et les valeurs prédites par le modèle des taux d'usure en phase de rodage [5]. Les lignes pointillées représentent les limites d'incertitude attendues en raison des différents alliages testés et des conditions électrochimiques. La ligne continue a une pente de 1.

Facteurs mécaniques : L'hypothèse de Archard qui sert de base aux équations 1 et 2 prévoit que l'étendue de l'usure et de la dépassivation soit proportionnelle à l'étendue de la déformation plastique que subissent les aspérités. Cette déformation est influencée non seulement par la dureté d'indentation H mais également par les transformations tribologiques de surface (TTS) qui modifient la structure et les propriétés du matériau. Ces transformations sont dues à l'accumulation de déformation plastique à la surface de contact. Elles se manifestent par l'écaillage et par la formation de couches à structure nanocristallines ([6, 7]), comme illustré en Figure 3. La plasticité de matériaux nanocristallins se distingue par la part prépondérante prise par les joints de grains et de leur rotation dans l'accommodation de la déformation. La couche nanocristalline joue un rôle

déterminant dans l'usure : en effet la taille nanométrique des particules d'usure généralement observées dans ces cas de tribocorrosion indique qu'elles sont issues directement de cette couche. Ce mode de déformation ne peut pas être pris en compte par la mesure de dureté classique sur matériaux massifs. Il n'est donc pas surprenant que les facteurs k_m et k_c dépendent sensiblement du matériau en contact.

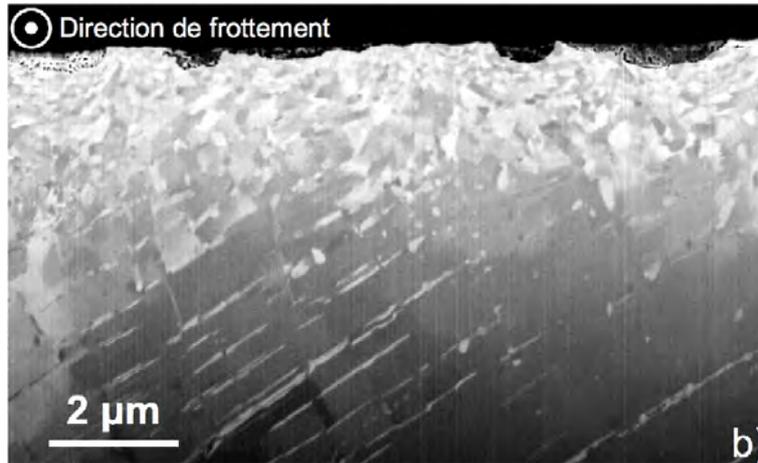


FIGURE 3 – Section transversale FIB de la piste d'usure formée sur un acier inoxydable AISIS 316L frotté en milieu acide sulfurique. On distingue à la surface une couche nano-cristalline et, en dessous, des grains maclés.

A titre d'exemple citons ici une étude ([8]) réalisée sur des alliages Stellites à différente teneur en carbures (0%, 6%, 15%) testés en milieux acide sulfurique sous contrôle électrochimique. On observa que le facteur k_c diminuait proportionnellement à la teneur carbure avec un taux de 2.5% par pourcentage de carbure. Un comportement semblable fut observé pour k_m . Cependant une déviation apparut à forte charge normale sur la stellite à 15% de carbures ou l'usure mécanique ne suivait plus l'équation 1. Cette déviation a été imputée au fait que les carbures interconnectés de l'alliage à 15% transmettent la charge normale directement au substrat et allègent donc le chargement mécanique de la couche nanocristalline responsable de l'usure.

A noter que des traitements de nitruration de surface [9] se sont révélés inefficaces en conditions de tribocorrosion et ceci malgré les bons résultats obtenus en usure à sec. La raison était que le durcissement provenait de la précipitation de nitrures microscopiques qui se retrouvaient dispersés dans la couche nanocristalline sans pouvoir en influencer la rhéologie.

Le module d'élasticité joue également un rôle sur la tribocorrosion. En effet une grande élasticité (faible module E') permet de réduire la pression de contact et d'augmenter l'épaisseur du film lubrifiant (équation 4) et donc de diminuer la force effective (équation 3) agissant sur les aspérités et responsable de l'usure.

Facteurs chimiques : le potentiel d'électrode constitue la force motrice des réactions d'oxydo-réduction responsables de la corrosion. Entre autres, dans le domaine passif, le potentiel d'électrode détermine l'épaisseur des couches passives et donc la charge de passivation et la vitesse d'usure chimique (équation 2). La figure 4 illustre bien ce phénomène : l'usure chimique n'apparaît qu'à des potentiels supérieurs à $-0.7 V$ (par

rapport à l'électrode à sulfate mercurieux ESM), c.à.d à partir du potentiel de passivation. La vitesse augmente avec le potentiel car la charge de passivation augmente également. Cette dépendance du potentiel est bien décrite par l'équation 2.

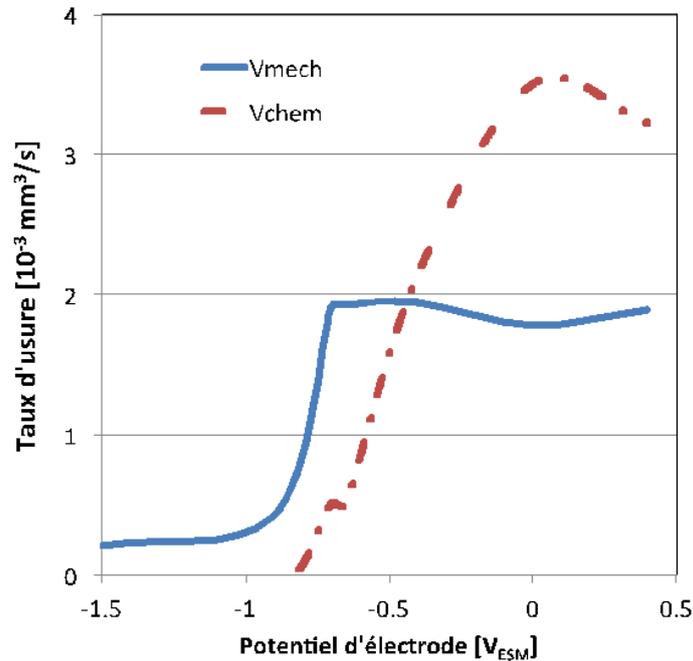


FIGURE 4 – Evolution de la vitesse d'usure expérimentale décomposée en usure chimique V_{chem} et mécanique V_{mech} avec le potentiel d'électrode d'un disque en $CoCrMo$ en frottement contre une bille d'alumine (diamètre $6mm$) sous une force normale de $11,7 N$ en milieu acide sulfurique.

La figure 4 montre également que l'usure mécanique dépend du potentiel : en effet elle est plus élevée dans le domaine passif que dans le domaine de potentiel où le film d'oxyde ne se forme pas. Ceci est probablement dû à l'effet fragilisant que des couches de surface peuvent avoir sur certains métaux (effet Roscoe). Il s'ensuit que k_m (équation 1) est spécifique non seulement à un alliage donné mais également aux conditions électrochimiques établies dans le contact. Celles-ci peuvent varier en fonction de la composition chimique de l'environnement, de la température et du contact avec d'autres métaux.

D'après le modèle, une façon de diminuer la perte de matière associée à la tribocorrosion consiste dans la minimisation de Q_p et, à l'extrême, dans l'utilisation de matériaux non passivants. Des essais de nitruration d'un alliage $CoCr$ [10] ont montré l'efficacité de la suppression de la passivité sur la tenue à la tribocorrosion. Cependant, dans ce cas, la suppression de la passivité entraîna une diminution de la résistance à la corrosion. En général, de nombreux dispositifs opèrent en alternance entre tribocorrosion et corrosion ; il est donc essentiel de trouver un bon compromis de résistance à ces deux phénomènes de dégradation.

La protection cathodique consiste à réduire le potentiel et donc la vitesse de corrosion soit par des dispositifs électrochimiques soit par simple contact avec un métal moins noble comme le zinc ou le magnésium. Elle constitue donc selon les équations 1 et 2 une excellente méthode pour diminuer l'endommagement par tribocorrosion en

réduisant, voire supprimant, Q_p et le facteur k_m . Cette hypothèse a été corroborée par de nombreuses observations sur l'efficacité de la protection cathodique sur des dispositifs de laboratoire et sur la protection d'outils de coupe [11, 12]. Notons cependant que l'applicabilité de la protection cathodique peut être limitée par le risque de fragilisation par l'hydrogène qui affecte certains métaux.

Facteurs physiques : les équations 1 à 4 montrent que l'étendue de la tribocorrosion dépend fortement de la viscosité du liquide dans lequel le contact opère. L'ajout de produit augmentant la viscosité d'une solution aqueuse peut constituer, au moins dans le cas de systèmes fermés, une méthode efficace pour réduire les dégradations par tribocorrosion. Par exemple la dégradation d'un contact en acier opérant dans une solution aqueuse a pu être réduite grâce à l'ajout de glycérol, composante qui permet d'augmenter la viscosité [13].

Conclusions Les modèles mécanistiques de tribocorrosion développés jusqu'à présent permettent non seulement de prédire le taux de dégradation de matériaux dans des conditions données mais également de rationaliser l'influence des différents facteurs. Ceci permet de définir sur des bases scientifiques des axes d'amélioration des matériaux de contact et de traitements de surface.

- [1] S. Mischler, in *Tribo-Corrosion : Research, Testing and Applications*, P.J. Blau et al Editors, ASTM International, STP 1563 (2013) 1-18
 - [2] H.H. Uhlig, *Journal of Applied Mechanics* 21 (1954) 401-407.
 - [3] S. Cao, S. Guadalupe Maldonado, S. Mischler, *Wear* 324-325, (2015) 55-63
 - [4] B. Hamrock, D. Dowson, *Journal of Lubrication Technology* 100 (1978) 236-245
 - [5] S. Cao, S. Mischler, *Wear* 362-363, (2016) 170-178
 - [6] J. Perret, E. Boehm-Courjault, M. Cantoni, S. Mischler, A. Beaudouin, W. Chitty, J. -P Vernot, *Wear* 269 (2010) 383-393
 - [7] S. Guadalupe Maldonado, S. Mischler, M. Cantoni, W.-J. Chitty, C. Falcand, D. Hertz, *Wear* 308 (2013) 213-221
 - [8] S. Guadalupe Maldonado, S. Cao, M. Cantoni, W.-J. Chitty, C. Falcand, S. Mischler, *Wear* 308 (2017) 203-211
 - [9] N. Espallargas, S. Mischler, *Wear* 270 (2011) 464-471
 - [10] A. Bazzoni, S. Mischler, N. Espallargas, *Tribology Letters* 49 (2013) 157-167
 - [11] T. Kurimoto, *Wear* 127 (1988), 241-251
 - [12] H. Fukuda, K. Banshoya, Y. Murase, et al, *Journ. Jap. Wood Research Society* 38, 764-7720 (1992)
 - [13] Y. Shi, I. Minami, M. Grahn, M. Björling, R. Larsson, *Tribology International* 65, (2014) 39-45
-

Endommagement et rupture de structures composites stratifiés sous chargement mécanique de fatigue

kn4
mardi
10h30
René Char

Hochard Christian¹, Noël Lahellec¹, Olivier Montagnier²

¹Aix-Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, LMA, France ; ²Ecole de l'Air Salon, LMA, Marseille, France

Résumé Un modèle défini à l'échelle du pli pour décrire la rupture dans le sens des fibres pour des chargements statique et de fatigue a été proposé. Ce modèle repose sur une diminution de la résistance sens fibre pour des niveaux d'endommagement matriciel élevés. Ce phénomène de diminution de la résistance sens fibre en présence d'endommagement matriciel peut être observé pour des chargements de traction ou compression sens fibre. Un modèle d'évolution de l'endommagement matriciel pour des chargements de fatigue a été proposé. D'autre part, un critère de rupture non local défini à partir d'un volume caractéristique de rupture a été proposé pour décrire la rupture sens fibre en présence de concentrations de contraintes.

Introduction La rupture de structures composites stratifiés est due à de nombreux mécanismes agissant à différentes échelles. Les premiers endommagements matriciels, diffus, progressifs, correspondent à de petites fissures parallèles à la direction des fibres. Même si les tailles de ces fissures peuvent être importantes, elles ne mènent pas en général à la rupture du stratifié. Par contre, la rupture d'un pli dans la direction des fibres est en général catastrophique pour le stratifié et la structure. Un modèle défini à l'échelle du pli pour décrire la rupture dans le sens des fibres pour des chargements statique et de fatigue a été proposé. Ce modèle repose sur une diminution de la résistance sens fibre pour des niveaux d'endommagement matriciel élevés. Ce phénomène de diminution de la résistance sens fibre peut être observé sur des éprouvette tubulaires sollicitées en fatigue en torsion (cisaillement alterné) jusqu'à un niveau d'endommagement élevé suivi d'un essai de traction ou compression sens fibre.

L'influence de l'endommagement matriciel sur la rupture sens fibre a été étudiée principalement en traction. Il a été observé que le niveau d'endommagement devait être très élevé pour observer une baisse de résistance qui était de l'ordre du tiers de la résistance sans endommagement. Cela correspond environ à la résistance des plis de fibres sans résine. De nouveaux résultats sur le comportement en compression sens fibre après endommagement sont présentés. La baisse de résistance intervient pour des niveaux d'endommagement plus faibles et la résistance en compression tend vers zéro avec l'endommagement croissant. Un modèle d'évolution de l'endommagement matriciel pour des chargements mécaniques statiques et de fatigue a été proposé et intégré dans Abaqus.

Par ailleurs, un critère de rupture non local défini à partir d'un volume caractéristique de rupture a été proposé pour décrire la rupture sens fibre en présence de concentrations de contraintes. Ce modèle non local a été également intégré dans Abaqus. Des essais ont été réalisés sur des stratifiés constitués de plis tissés, unidirectionnels avec des résine epoxy, thermoplastique et les résultats montrent le même type de comportement en présence de concentrations de contraintes.

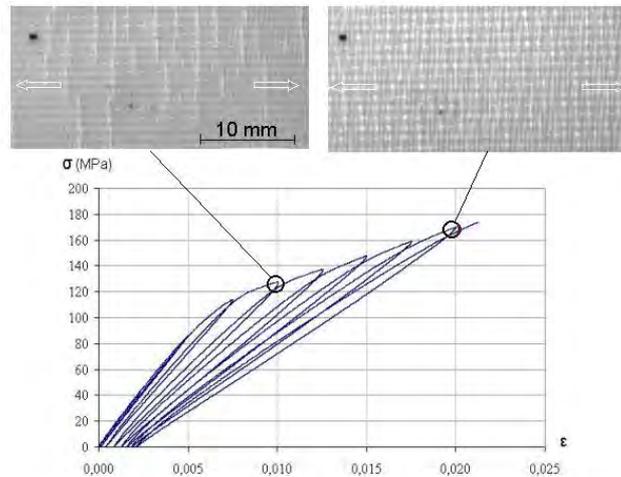


FIGURE 5 – Endommagement matriciel sur tissu déséquilibré.

Endommagement matriciel en fatigue L'endommagement matriciel, initié par des décohésions fibres/matrice, des fissurations matricielles et finalement des fissures transverses parallèles aux fibres se développe sous l'action de chargements mécaniques de différentes natures [1, 2, 3]. Ces chargements peuvent correspondre à des chargements monotones croissants et des chargements cycliques (fatigue cyclique) mais également des chargements constants (fatigue statique). Même si ce dernier type de chargement est moins étudié, il doit être pris en compte pour certaines applications (réservoirs sous pression, ...). Un des objectifs est d'étudier l'influence de ces chargements sur l'évolution de l'endommagement matriciel. Le matériau étudié est un tissu déséquilibré verre/epoxy adapté à la mesure de l'endommagement transverse [4]. Il s'agit d'un déséquilibre 83% sens chaîne et 17% sens trame en volume. Les fibres sens trame contiennent les fissures transverses qui se développent dans les mèches sens chaîne et le faible volume permet une mesure aisée de l'endommagement transverse (Fig. 5).

Un second matériau unidirectionnel carbone/epoxy a été étudié également. Des essais de type $[+\theta, -\theta]_s$ adaptés à ce type de mesure ont été proposés. Des résultats d'essais sont présentés ainsi qu'une analyse sur les types de modèles pour décrire l'évolution de cet endommagement en fonction des différents chargements, en particulier en fatigue.

Rupture fibre sur matrice endommagée L'influence de l'endommagement transverse sur la rupture sens fibre a été étudiée principalement en traction. Il a été observé que le niveau d'endommagement devait être très élevé pour observer une baisse de résistance qui était de l'ordre du tiers de la résistance sans endommagement. Cela correspond environ à la résistance des plis de fibres sans résine. De nouveaux résultats sur le comportement en compression sens fibre après endommagement sont présentés ici [5]. Ces résultats sont obtenus à partir d'essais sur tubes et sur plaques $[0,90]_ns$ endommagés en cisaillement (torsion pour les tubes) puis sollicités en compression (fig. 2). La baisse de résistance intervient pour des niveaux d'endommagement plus faibles et la résistance en compression tend vers zéro avec l'endommagement croissant (fig. 6).

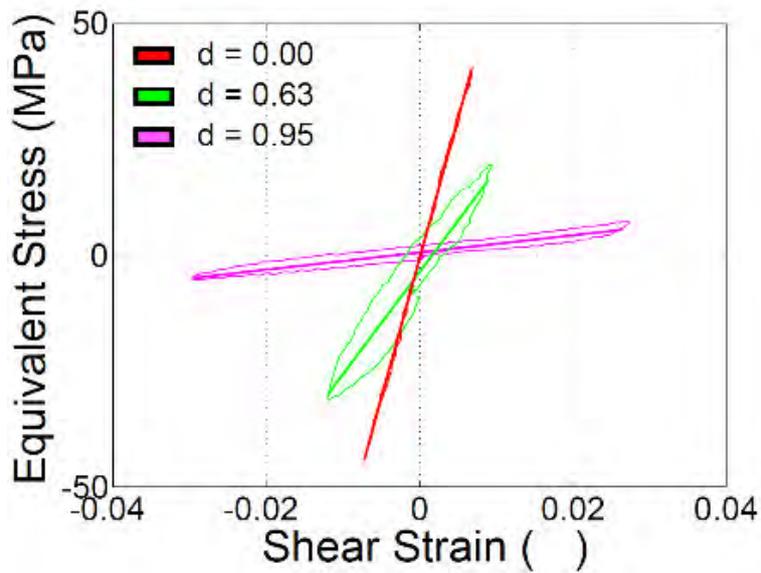


FIGURE 6 – Rupture sens fibre en compression après endommagement matriciel.

Rupture fibre en présence de concentrations de contrainte Un critère de rupture non local défini à partir d'un volume caractéristique de rupture a été proposé pour décrire la rupture sens fibre en présence de concentrations de contraintes pour des chargements statiques [6]. Le modèle de fatigue pour décrire l'évolution de l'endommagement matriciel a été introduit dans Abaqus et peut également être associé au critère de rupture non local. Dans le cas de la fatigue, le matériau fortement endommagé correspond à un autre matériau (par rapport au matériau sain) et peut nécessiter une nouvelle identification du volume caractéristique de rupture [7].

Quelques comparaisons entre des essais sur structures en statique et fatigue et le modèle sont présentées. En particulier, les résultats de la propagation d'une entaille sur structure sandwich sollicitée en flexion/torsion (éprouvette technologique) ont été comparés à ceux obtenus par simulation en termes d'effort à propagation et mesure de champ de déformation (Aramis).

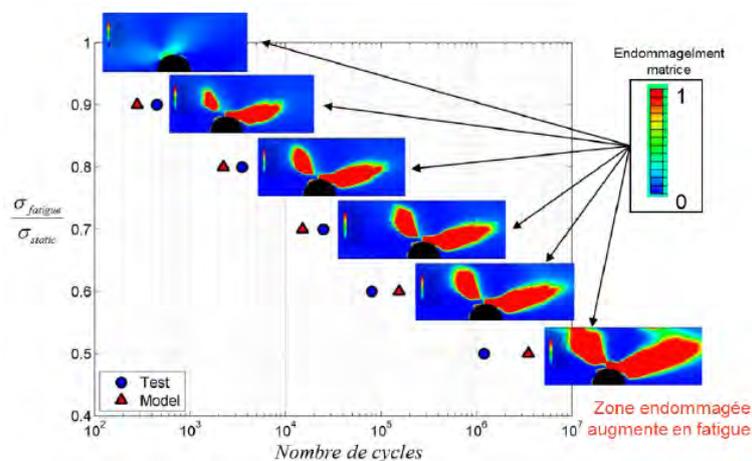


FIGURE 7 – Courbe SN en fatigue et augmentation de la zone endommagée en fatigue.

Un autre exemple montre l'augmentation de la zone d'endommagement matriciel en fatigue avec la diminution du niveau de chargement (Fig. 7). Les courbes SN des résultats expérimentaux et des simulations sont également représentées Fig. 7.

- [1] P. Ladeveze and E. Le Dantec. Damage modelling of the elementary ply for laminated composites.43 (3) :257–267, 1992.
- [2] C. Hochard, P.A. Aubourg and J.-P. Charles, "Modelling of the mechanical behaviour of woven-fabric CFRP laminates up to failure", Composites Science and Technology, Vol. 61 pp. 221-230, 2000.
- [3] J. Payan, C. Hochard, "Damage modelling of laminated carbon/epoxy composites under static and fatigue loadings", Int. J. Fatigue, 24, pp. 299-306, 2002.
- [4] C. Hochard, Y. Thollon, "A generalized damage model for woven laminates under static and fatigue loading conditions", Int. J. Fatigue, 32(1), pp. 158-165, 2009.
- [5] G. Eyer, O. Montagnier, Ch. Hochard, J.-P. Charles, Effect of matrix damage on compressive strength in the fiber direction for laminated composites, Composites Part A, 94, pp. 86-92, 2017.
- [6] S. Miot, Ch. Hochard, N. Lahellec, A non-local criterion for modelling unbalanced woven ply laminates with stress concentrations, Composite Structures, Volume 92, Issue 7, Pages 1574-158, 2010.
- [7] C. Hochard, S. Miot, Y. Thollon, N. Lahellec, J.P. Charles, "Fatigue of laminated composite structures with stress concentrations", Composites : Part B ;65 pp. 11-16, 2014.

Imaging, diffraction and diffraction based imaging at the Materials Science Beamline at the ESRF

Jon Wright¹, Wolfgang Ludwig^{1,2}, Thomas Buslaps¹, Pavel Sedmak¹, Marta Majkut¹ and
Carlotta Giacobbe¹

¹ESRF, 71 Avenue des Martyrs, Grenoble, 38000, France ² INSA Lyon, MATEIS, CNRS(UMR
5510), 69621, Villeurbanne, France

kn5
22 Oct
14h20
R104

X-rays allow us see both microstructure and atomic structures of materials in 3D and to watch them as they evolve. Despite their long history, X-ray methods continue to develop rapidly as faster detectors and better X-ray sources become available. The Materials Science Beamline, ID11 at ESRF, specialises in the use of high energy X-rays for diffraction and imaging techniques. ID11 is a versatile facility with three instrument stations which are optimised for different length scales.

A heavy duty diffractometer can host samples and equipment weighing over 100 kg. Data can be recorded at high speed on a CCD detector using X-ray beam sizes in the range 10-800 microns. This part of the beamline is mainly used for in-situ diffraction studies to measure the kinetics of phase transformations and the development of mechanical strains. There is space in the experimental hutch to move the detectors far back behind the sample and record images of diffraction spots with high angular resolution [1]. Samples can be rotated around a vertical axis to allow single crystal (SX), multi-crystal (3DXRD) or diffraction computed tomography (XRD-CT) data to be collected as well.

The second station on the beamline is the most versatile and offers a suite of techniques which use X-ray imaging microscopes as well as the usual far-field diffraction detectors. X-ray beam sizes range from 1.8 mm down to ≈ 2 microns as a box, line or point focus. Absorption tomography is available with (sub-)micron sized voxels and propagation based phase contrast (PCT) appears when the detector is moved further back behind the sample. Larger field of view tomography detectors also record diffraction spots when

they are close enough behind the sample and this is the basis of the diffraction contrast tomography (DCT) approach [2]. The shape and local orientation with the individual grains in a microstructure can be reconstructed [3] with micron scale resolution. Extra rotation axes on this diffractometer also allow grains to be rotated around a diffraction scattering vector to image a diffraction spot from all directions (topo-tomography). These measurements can be combined with the usual powder, SX, 3DXRD and XRD-CT data collections. To keep mechanical compatibility with ≈ 1 micron spatial resolution then samples are limited to $5kg$ in weight.

Furthest from the X-ray source is the “nanoscope” end-station which can host samples up to 500 grams in weight and offers beam sizes which can be below 100 nm in size. This instrument has an air-bearing spindle that wobbles by less than 40 nm and has piezo and hexapod stages for aligning and keeping samples in the tiny X-ray beam during rotation. As well as collecting diffraction data from extremely small single crystals, the instrument can be used for depth profiling of thin films [4] and XRD-CT style data collection for grain mapping microstructures [5]. Such a small X-ray beam size offers several unique scientific opportunities to look at strain and local orientations in 3D for deformed microstructures.

All three experimental stations use 2D diffraction detectors. When the crystallite size in the sample is much smaller than the X-ray beam size we observe smooth rings on the Debye-Scherrer cones and the data can be integrated to make a powder pattern. For XRD-CT experiments the beam is raster scanned across the sample during a rotation to build up a sinogram of experimental powder patterns which can then be inverted to give a pixel by pixel powder pattern inside the sample. When the grain sizes are larger and there are fewer grains in the beam then individual diffraction spots are resolved. Over the years there has been a large effort in software development to index these spots and to refine the position, orientation and unit cell (strain) for each of the crystallites inside a sample. This 3DXRD method can give us 3D images of the orientation and strain tensor throughout the sample with a voxel size that is determined by the grain size in the material [6].

The future is bright : an upgrade is planned for the ESRF storage ring which will deliver at least an order of magnitude increase in X-ray flux for the Materials Science beamline. This promises to allow the highest resolution modes of diffraction based imaging to be recorded more often and will allow changes to be followed in-situ.

-
- [1] “High-resolution X-ray diffraction investigation on the evolution of the substructure of individual austenite grains in TRIP steels during tensile deformation” R. Blondé, E. Jimenez-Melero, R. Huiuzenga, L. Zhao, J. Wright, E. Brück, S. van der Zwaag and N. van Dijk. *J. Appl. Cryst.* 47 965-973 (2014).
 - [2] “Advances in X-ray diffraction contrast tomography : flexibility in the setup geometry and application to multiphase materials.” P. Reischig, A. King, L. Nervo, N. Viganò, Y. Guilhem, W. J. Palenstijn, K. J. Batenburg, M. Preuss & W. Ludwig. *J. Appl. Cryst.* 46, 297-311 (2013).
 - [3] “Three-dimensional full-field X-ray orientation microscopy” N. Viganò, A. Tanguy, S. Hallais, A. Dimanov, M. Bornert, K. J. Batenburg & W. Ludwig. *Scientific Reports* 6, 20618 (2016)
 - [4] “Sub-micrometre depth-gradient measurements of phase, strain and texture in polycrystalline thin films : a nano-pencil beam diffraction approach” N Vaxelaire, P Gergaud, GBM Vaughan. *J. Appl. Cryst.* 47, 495-504 (2014).
 - [5] “Impurity precipitation in atomized particles evidenced by nano x-ray diffraction computed tomography” A. Bonnin, J. P. Wright, R. Tucoulou, and H. Palancher. *Appl. Phys. Lett.* 105, 084103 (2014).
 - [6] “Grain-resolved analysis of localized deformation in nickel-titanium wire under tensile load.” P. Sedmák, J. Pilch, L. Heller, J. Kopeček, J. Wright, P. Sedlák, M. Frost, P. Šittner. *Science* 353(6299) :559-62 (2016)

Engineered interfaces and wetting

kn6
mercredi
11h10
BU

Barthel Etienne¹, Jérémie Teisseire², Marco Rivetti³ et Elise Contraires⁴

¹a SIMM/ESPCI/CNRS Paris (France), ²SVI/CNRS/Saint-Gobain, Aubervilliers (France),
³MPI/DS, Göttingen (Germany), ⁴LTDS/CNRS/ECL, Ecully (France)

Summary Surface modification is often used to tune wetting properties. The current practice is to adjust chemistry and topography, although developments for improved surface dynamics, or even adaptive surfaces are making rapidly progress. For designed wetting properties, two parallel requirements must be considered – one is developing the tools for efficient surface modification, the other one is understanding how engineered surfaces affect wetting. Here we illustrate this strategy through two different types of surface modifications. For hydrophobic surfaces, we have fabricated arrays of silane-grafted silica micropillars. With these surfaces, we show that wetting is not controlled by the properties of the triple line itself but actually by point defects of the line. For hydrophilic surfaces, we have fabricated small conical patterns by ion induced surface instabilities. Varying cone inclination, we demonstrate the crucial role of pinning of the triple at the apex of the surface features.

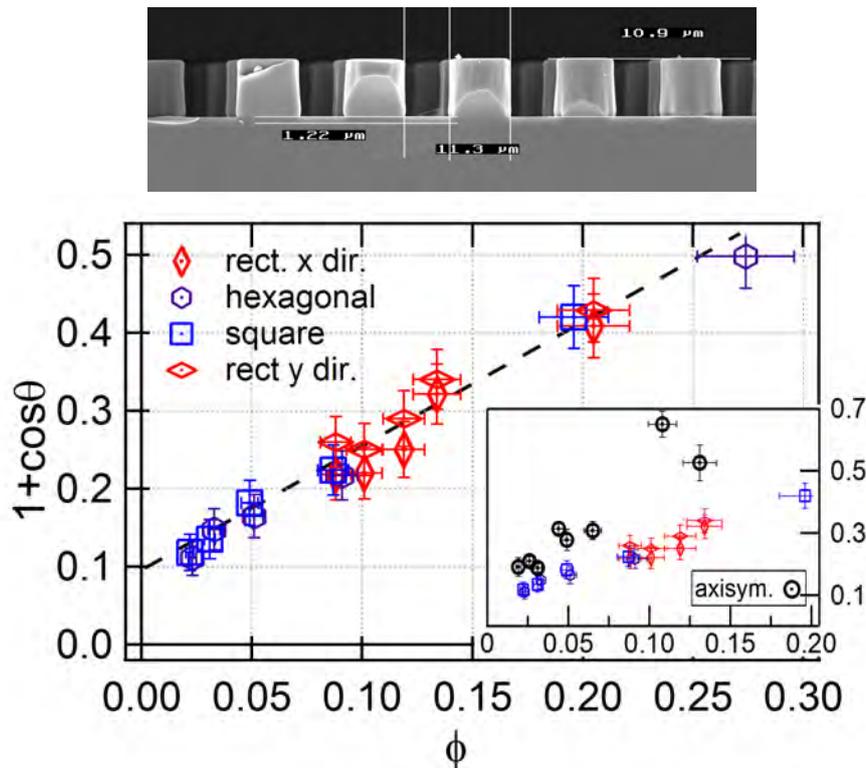


FIGURE 8 – (top) amorphous silica structures obtained by nanoimprint lithography ; (bottom) receding contact angle for various texture geometries – the very good scaling with surface fraction originates from line defects akin to dislocations.

Hydrophobic silica pillar arrays We have recently developed an imprint method to fabricate pure amorphous silica patterns ([4] - Fig. 8, top) from a silica sol-gel thin film. The ease of application and fidelity of replication rely on the specific thermo-rheological properties of the gel [3]. After hydrophobization by grafting fluorosilanes, these surface turns superhydrophobic. We measured the receding contact angle on a large variety of such superhydrophobic surfaces and demonstrated that the contact angle is independent of the symmetry of the pattern. Even for these different types of lattices, the only relevant parameter is surface fraction, *i.e.* the actual area touched by the liquid. This result extends observations obtained when changing the pillar shape, for example, and known as the Cassie relation.

With our latticed surfaces, we were also able to trace the origin of this behavior to the inevitable line defects which appear where the triple line straddles two rows. In fact, we have shown that these defects play a role similar to dislocations in crystalline plasticity [5].

Hydrophilic conical surface patterns A stochastic surface pattern of very different morphology is obtained by *Ar* ion bombardment of *GaSb* single crystals [2]. A rare feature of this surface modification technique is the possibility to change the inclination of the resulting conical structures (*cf.* Fig. 9).

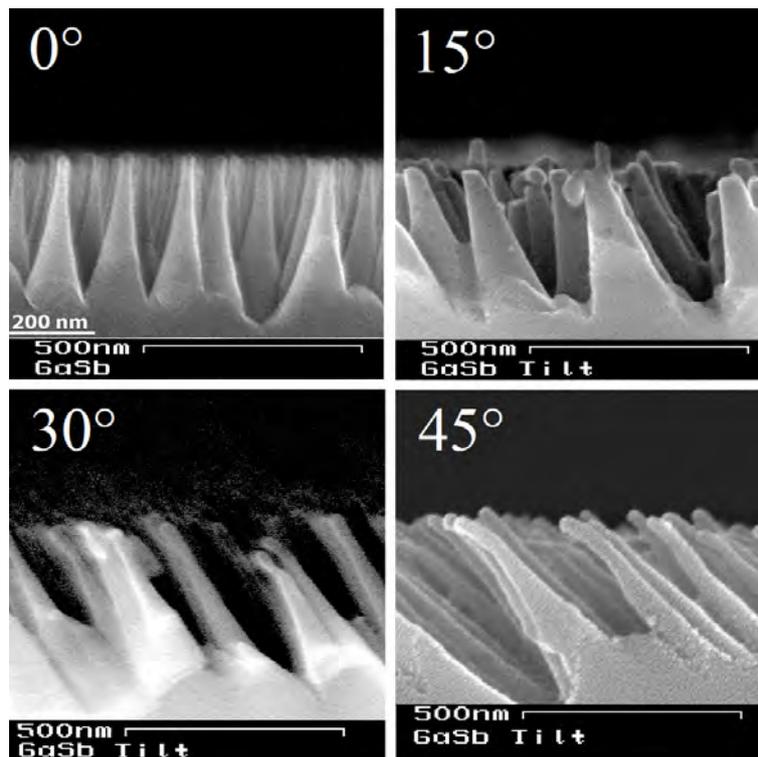


FIGURE 9 – Stochastic conical surface textures obtained by *Ar* ion bombardment of *GaSb* surfaces. The cones result from surface instabilities related to material phase separation. The inclination of the textures is adjusted through the incidence angle of the ion beam.

These surfaces are partially hydrophilic and exhibit extreme wetting properties due to the very small size of the surface features. They offer an opportunity to test wetting

theories in an original way, *i.e.* through the angular dependence of the textures. The results clearly discriminate between theories : approaches based on energy averaging (“rule of mixture”) fail to account for the data, in contrast with theories which do include the effect of the pinning at the apex of the surface features, due to finite compliance of the triple line [1].

Conclusion Surface engineering is necessary both for the improvement of device properties and for fundamental understanding of the physical processes behind these properties.

- [1] E. Contraires, J. Teisseire, E. Sondergard & E. Barthel, *Soft Matter* 12 (2016) 6067-6072
- [2] S. Le Roy, E. Barthel, N. Brun, A. Lelarge, and E. Søndergård, *J. Appl. Phys.* 106, 094308 (2009)
- [3] A. Letailleur et al., *Chem. Mater.* 23 (2011) 5082-5089
- [4] C. Peroz, V. Chauveau, E. Barthel & E. Sondergard, *Advanced Materials* 21 (2009) 555-558
- [5] M. Rivetti, J. Teisseire & E. Barthel, *Phys. Rev. Lett.* 115 (2015) 016101

Conférence Plénière Y. Bréchet

Bréchet Yves^{1,2}

¹Haut-commissaire à l'Énergie Atomique, France, ²INP Grenoble

YB
mercredi
8h00
rotonde

Une fois dissipée l'illusion d'une industrie sans usine qui a entraîné une désindustrialisation calamiteuse de notre pays, il est devenu à peu près évident que la création de richesse industrielle passe par la réalisation d'objets physiques, et que cette réalisation nécessite une maîtrise avancée de la science des matériaux et des procédés. Le développement spectaculaire des outils numériques va profondément modifier nos métiers. L'erreur fatale serait de traduire cette évolution nécessaire en une obsession d'une économie dématérialisée. Le numérique ne remplacera pas la fabrication, mais modifiera profondément la façon de fabriquer, et le lien organique entre le design et la production. Parallèlement, on peut s'attendre à une modification profonde des méthodes d'enseignement, que ce soit dans les cours magistraux ou dans les projets, dans la formation initiale et la formation continue, dans l'apprentissage et dans l'archivage de l'expertise. L'outil numérique peut être un atout majeur d'innovation dans l'enseignement, à la condition expresse de ne pas le voir comme un remplaçant de l'expérimentation, ou comme un supplétif de la relation humaine entre générations.

Liste des posters

- JA0001** Comparaison expérimentale et numérique de l'effet du sable de dune et sable d'oued sur la résistance à la compression des bétons
KHOUADJIA Mohamed Lyes kamel ; MEZGHICHE Bouzidi
- JA0002** Revêtements Piézochromes pour la détection d'impacts sur substrats composites
Senani S. ; Rozes L. ; Morelle Q. ; Gaudon M. ; Duguet E. ; Le Bourhis E. ; Barut S. ; Guinard S. ; Touchart F. ; Letard J.F. ; Lathiere P.J.
- JA0005** Development of transparent ceramics : understanding and control of microstructure
Stocky Robin ; Böhmeler Judith ; Lemonnier Sébastien ; Barraud Elodie ; Lorgouilloux Yannick ; Leriche Anne
- JA0007** Détermination de la cinétique de recristallisation post-dynamique de l'Inconel 718 forgé dans le domaine sub-solvus δ
Nicolaÿ Alexis ; Franchet Jean-Michel ; Cormier Jonathan ; Bozzolo Nathalie
- JA0009** Comportement en fatigue d'une interface cuivre-silice
Braccini Muriel ; Kwan Matthew ; Lane Michael W. ; Ramanath Ganpati
- JA0030** Simulation élément finis de la croissance de grains anisotrope dans les métaux.
Fausty Julien ; Bozzolo Nathalie ; Jin Yuan ; Bernacki Marc
- JA0033** Influence of the dislocation density on hardening precipitation in Inconel®625
Seret Anthony ; Moussa Charbel ; Bernacki Marc ; Cormier Jonathan ; Bozzolo Nathalie
- JA0040** Dislocation density evolution during recovery of an Al_{0.2}Sc_{0.1}Zr/5TiB₂ nanocomposite
YUAN Hao ; CHEN Zhe ; BUSLAPS Thomas ; BORBÉLY András
- JA0042** Influence des propriétés mécaniques et microstructurales induites par la nitruration gazeuse d'un acier allié sur la propagation de fissures de fatigue de contact
Le Marion ; Ville Fabrice ; Kleber Xavier ; Cavoret Jérôme ; Sainte-Catherine Marie-Christine ; Briancon Laurence
- JA0044** Céramiques transparentes avec profil de dopage pour application Laser
Lagny Maxime ; Boehmeler Judith ; Lemonnier Sébastien ; Lorgouilloux Yannick ; Leriche Anne
- JA0048** Morphologies interfaciales - Cinétiques de cristallisation de systèmes PET/polyoléfines
Leprêtre-Dropsit Sophie ; Bacquet Maryse ; Boyer Séverine A.E. ; Haudin Jean-Marc ; Lacrampe Marie-France ; Krawczak Patricia

- JA0062** Controlling the friction properties of rubber-coated sphere-on-plane contacts : effect of the coating thickness
Pallares Gaël; Sahli Riad; Ben Ali Imed; Al Akhrass Samer; Scheibert Julien
- JA0068** Conductivité Thermique effective des mousses Voronoi à pores fermés ou ouverts – Etude numérique et corrélations analytiques
Coquard Rémi; Baillis Dominique; Cunsolo Salvatore
- JA0070** Détermination expérimentale de la distribution des orientations dans les câbles textiles
Sibellas Aurélien; Maire Eric; Adrien Jérôme; Durville Damien
- JA0076** Caractérisation et modélisation des matériaux d’interfaces thermiques aux assemblages boulonnés dans le domaine aérospatial
Vandeveld Simon; Daidié Alain; Sartor Marc
- JA0092** Understanding the fretting-corrosion behavior of the modular junctions in hip prostheses and investigating new coatings
Ehsani Majd Sara; Fridrici Vincent; Desrayaud Christophe; Kapsa Philippe; Cardey Pierre-François; Suchier Yanneck; Boyer Albert; Geringer Jean
- JA0100** Tribological expertise of dual MOBILITY THP using WALKING simulator In biomimetic lubricant
Trunfio-Sfarghiua Ana-Maria
- JA0105** Rôle de la microstructure dans la résistance à la propagation de fissures d’alliages de titane $\alpha\beta$ utilisés dans l’industrie aéronautique
LARIGNON Céline; PERUSIN Simon; RENON Vincent; TRANCHAND Benoit
- JA0106** Etude expérimentale de l’influence du champ électromagnétique sur la diffusion de surface lors du chauffage d’une céramique oxyde.
Valdivieso François; Bruchon Julien; Saunier Sébastien; Ganster Patrick; Meunier Christophe; Ducoulombier Arnaud
- JA0107** Structures « lattice » revêtues par association des procédés EBM et CVD/ALD
GENC Melek; Tian Liang; Villardi de Oliveira Caroline; Jimenez Carmen; Blandin Jean Jacques; Dendievel Rémy; Martin Guilhem; Pons Michel; Blanquet Elisabeth
- JA0111** Prise en compte des effets capillaires dans la simulation d’écoulements en milieu fibreux
Chevalier Loïc; Bruchon Julien; Liotier Pierre-Jacques; Drapier Sylvain
- JA0118** Composites hybrides légers, raides et amortissants : étude préliminaire
Gomez Hélène; Rinaldi Renaud G.; Chenal Jean-Marc; Chazeau Laurent; Dendievel Rémy
- JA0119** Multi-scale approach for analyzing sub-boundaries induced during dislocational creep of uranium dioxide
BEN SAADA Mariem; GEY Nathalie; GUITTON Antoine; BEAUSIR Benoit; ILTIS Xavière; MALOUFI Nabila
- JA0121** Electron channelling contrast imaging : influence of diffraction conditions on the dislocation contrast
KRIAA Hana; GUITTON Antoine; MALOUFI Nabila
- JA0131** De la science des matériaux à une sélection pertinente : un apprentissage renversant
Tandjaoui Amina; Mège-Revil Alexandre

JA0132 Relations entre évolution de la morphologie des phases et paramètres de recuit dans des alliages modèle et industriel d'acier superduplex inoxydable UNS S32750

TRESALLET Damien; VAN LANDEGHEM Hugo; KRAJCARZ Florent; TASSIN Catherine; DU TERRAIL Yves; MITHIEUX Jean-Denis; VERON Muriel

JA0139 Influence de l'humidité relative sur le comportement de contacts électriques en argent soumis à du fretting

POMPANON Florent; FOUVRY Siegfried; ALQUIER Olivier

JA0150 Thermal characterization of Plaster for Composite Materials.

BOUZIT Said

JA0152 Microstructure effect on hydrogen distribution in martensitic steel

Cupertino Malheiros Livia; Guedes Daniella; Decultieux Florent; Thébault Florian; Creus Juan; Oudriss Abdelali; Feaugas Xavier

JA0160 Symmetry CMOS – New Detector Technology for EBSD

Haithem Mansour, Jenny Goulden, Pat Trimby, Angus Bewick

Résumés des conférences

Modélisation 2D en champ complet de la croissance de grains dans les aciers ODS : level-set versus Monte-Carlo

Villaret Flore¹ ; Hary Benjamin² ; De Carlan Yann² ; Logé Roland³ ; Baudin Thierry⁴ ; Bozzolo Nathalie¹ ; Bernacki Marc¹

¹MINES ParisTech, PSL - Research University, CEMEF - Centre de mise en forme des matériaux, Sophia-Antipolis, France ; ²CEA Saclay, Gif sur Yvette, France ; ³Thermomechanical Metallurgy Laboratory, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Neuchatel, Switzerland ;

⁴ICMMO, Univ. Paris-Sud, Orsay, France

JA0006
mercredi
9h20
René Char

La croissance de grains dans un acier ODS au cours d'un traitement thermique a été modélisée en 2D par la méthode level-set (logiciel DIGIMU®). Diverses tailles et fractions surfaciques de populations d'oxydes ont été considérées afin de comparer les résultats obtenus aux résultats expérimentaux. Une comparaison des résultats avec ceux obtenus par la méthode stochastique champ complet de type Monte-Carlo est proposée, permettant de mieux appréhender les hypothèses et paramètres utilisés dans ce modèle.

Hétérogénéités de déformation et recristallisation dynamique ; observations dans la glace polycristalline

Montagnat Maurine¹ ; Chauve Thomas¹ ; Vacher Pierre² ; Grennerat Fanny¹ ; Castelnaud Olivier³

¹IGE Univ. Grenoble Alpes / CNRS, Grenoble, France ; ²Lab. SYMME, Univ. Savoie Mont Blanc, Annecy-le-Vieux, France ; ³Lab. PIMM, CNRS, Arts&Métiers ParisTech, Paris, France

JA0008
mercredi
9h
René Char

Nous présentons un résumé des travaux menés ces dernières années portant sur l'évaluation des hétérogénéités de déformation dans la glace polycristalline au cours d'essais de fluage à haute température, et leur lien avec les mécanismes de recristallisation dynamique. La glace est ici considérée comme un matériau dont l'anisotropie viscoplastique extrême renforce le rôle des interactions entre grains dans le développement des hétérogénéités de déformation, et permet l'apparition de germination et de migration des joints de grains pour de faibles déformations macroscopiques ($\approx 1\%$). Au cours du fluage, les déformations se localisent fortement, et cela sans relation statistique avec l'orientation des grains. Ces zones de localisation sont les lieux des mécanismes de recristallisation qui induisent une forte restructuration locale de la déformation. Enfin, la recristallisation apparaît un mécanisme efficace de relaxation des contraintes en pointe de fissures, à haute température.

Application de la cartographie d'orientation en Microscopie Electronique en Transmission à l'étude de la plasticité des phases du manteau inférieur de la terre

JA0010
mardi
8h40
rotonde

Nzogang Billy Clifton¹ ; Bouquerel Jeremie¹ ; Mussi Alexandre¹ ; Cordier Patrick¹ ; Girard Jennifer² ; Karato Shun-ichiro²

¹Université Lille 1, Villeneuve d'Ascq, France ; ²Université de Yale, New Haven, Connecticut, USA

La Terre évacue sa chaleur interne au travers de vastes mouvements de convection qui brassent le manteau terrestre. Cette enveloppe, constituée de roches solides sous très hautes pressions s'étend jusqu'au noyau à 2900 km de profondeur. Le manteau inférieur qui commence à 670 km de profondeur est principalement constitué d'un silicate de magnésium (contenant également un peu de fer et d'aluminium) de structure pérovskite appelé bridgmanite. Cette phase qui n'est stable qu'à hautes pressions constitue la moitié de la masse de la Terre. Elle est accompagnée d'un oxyde de magnésium et de fer : le ferropériclase. Les développements récents dans le domaine de l'expérimentation sous haute pression ont permis récemment de réaliser les premières expériences de déformation plastique, en torsion, d'assemblages de bridgmanite et de ferropériclase dans les conditions du manteau inférieur (Girard et al. 2016). L'échantillon analysé dans cette étude a ainsi été déformé à 27 GPa et 2130 K. La figure ci-dessous illustre la microstructure de cet échantillon telle que révélée au sein d'une des lames prélevée par faisceaux d'ions focalisés (FIB) dans l'échantillon déformé.

Etudes des mécanismes de fatigue des structures cellulaires en alliage de titane élaborées par fabrication additive

JA0011
mercredi
14h50
René Char

Persenot Théo¹ ; Buffière Jean-yves¹ ; Dendievel Rémy² ; Maire Eric¹ ; Martin Guilhem²

¹INSA Lyon, MATEIS, Villeurbanne, France ; ²Université Grenoble Alpes, SIMAP, Villeurbanne, France

L'objet de cette thèse est d'étudier les performances et le comportement en fatigue de l'alliage Ti-6Al-4V élaboré par fabrication additive par faisceau d'électrons (EBM : Electron Beam Melting). Les mécanismes de fatigue sont dans un premier temps identifiés à partir d'essais de fatigue réalisés sur des éprouvettes massives brutes de fabrication. Ces échantillons ont auparavant été caractérisés par tomographie rayons X, MEB et EBSD. Les mécanismes de fatigue sont ensuite analysés en considérant les mécanismes de rupture, les défauts internes, les aspects de surface, la microstructure ainsi que les paramètres de fabrication. L'effet de différents post-traitements sur les performances en fatigue a ensuite été évalué. Enfin, des essais de fatigue similaires seront menés sur des structures cellulaires. Les résultats obtenus seront alors étudiés en se basant sur les mécanismes identifiés précédemment sur les échantillons massifs.

Copper-Carbon and Aluminum-Carbon Composites Fabricated by powder metallurgy processes

Silvain Jean-françois^{1,2} ; Veillere Amélie¹ ; Heintz Jean-marc¹ ; Lu Yongfeng²

¹ICMCB-CNRS, Pessac, France ; ²University of Nebraska- Lincoln, Lincoln, USA

JA0012
mardi
9h20
René Char

The increase in both power and packing densities in power electronic devices has led to an increase in the market demand for effective heat-dissipating materials, with high thermal conductivity and thermal- expansion coefficient compatible with chip materials still ensuring the reliability of the power modules. In this context, metal matrix composites : carbon fibres and diamond-reinforced copper and aluminum matrix composites among them are considered very promising as a next generation of thermal-management materials in power electronic packages. These composites exhibit enhanced thermal properties compared to pure copper combined with lower density. This article presents the fabrication techniques of copper/carbon fibres and copper/diamond and aluminum/carbon fibres composite films by powder metallurgy and hot pressing. The thermal analyses clearly indicate that interfacial treatments are required in these composites to achieve high thermomechanical properties. Interfaces (through novel chemical and processing methods), when selected carefully and processed properly will form the right chemical/mechanical link between metal and carbon, enhancing all the desired thermal properties while minimizing the deleterious effect.

Effect of flake powder metallurgy on thermal conductivity of graphite flakes reinforced aluminum matrix composites

Chamroune Nabil¹ ; Grosseau-poussard Jean-luc² ; Silvain Jean-françois^{1,3}

¹ICMCB-CNRS, PESSAC, France ; ²Université de La Rochelle, La Rochelle, France ; ³University of Nebraska-Lincoln, Nebraska-Lincoln, USA

JA0013
mardi
9h40
René Char

Many carbon/metal composites are currently used in several applications. One of them concerns their use as heat sinks in microelectronics. Concerning this application, two conditions are required : a high thermal conductivity (TC) and a coefficient of thermal expansion (CTE) like the used material type of the electronic device.

JA0014
mercredi
12h10
BU

Mouillage du carbone vitreux par un alliage réactif Ag-Cu-In-Ti

Tazi Meryem^{1,2} ; Chaumat Valérie¹ ; Hodaj Fiqiri²

¹Univ. Grenoble Alpes, CEA, LITEN, DTBH, LCA, Grenoble, France ; ²Univ. Grenoble Alpes, SIMAP, Grenoble, France

Le mouillage du carbone vitreux par un alliage réactif Ag-Cu-In-Ti a été étudié à différentes températures. La morphologie et la composition de la couche de réaction formée à l'interface ont été examinées et la cinétique d'étalement réactif a été déterminée. Un angle de contact très faible est obtenu à partir de 770°C, mais aucun mouillage n'a été obtenu en dessous de cette température. La cinétique d'étalement est limitée par la réaction chimique à la ligne triple et elle augmente de façon significative avec la température. Une couche réactionnelle de composition Ti₂InC d'environ 10µm a été observée à l'interface et peut avoir un rôle dans le mouillage du carbone par cet alliage.

JA0015
mercredi
14h50
rotonde

How to play with grain size and texture to tune mechanical properties of architected materials : the case of Cu-Nb (nano)composite wires

Medy Jean Rony¹ ; Villechaise Patrick¹ ; Klosek Vincent² ; Renault Pierre-olivier¹ ; Lecouturier Florence³ ; Thilly Ludovic¹

¹University of Poitiers, Futuroscope, France ; ²CEA-LLB, Gif sur Yvette, France ; ³LNCMI, Toulouse, France

We study architected metallic wires fabricated by Severe Plastic Deformation (Accumulative Drawing and Bundling), consisting of a multiscale copper matrix embedding 85n (n=2 or 3) continuous niobium filaments. After assessing the macroscopic mechanical tensile properties of the wires, their local texture (in multiscale Cu channels and Nb filaments) is characterized using Electron Back Scatter Diffraction (EBSD). Then, the microscopic mechanical behavior of each main grain families in the two phases is studied via in-situ tensile test combined with neutron diffraction. From this, we correlate the EBSD and in-situ neutron diffraction results to evaluate the impact of size and architecture on the microscopic and macroscopic mechanical properties. The demonstrated synergy between microstructure and architecture may thus serve as an additional degree of liberty to tune materials macroscopic mechanical response.

In-situ creation of carbide interphases in Cu/C composites using the solid-liquid co-existent phase process.

Azina Clio¹ ; Joulain Anne³ ; Lu Yong Fang² ; Silvain Jean-françois¹

¹Université Bordeaux - ICMCB-CNRS, Bordeaux, France ; ²Department of Electrical and Computer Engineering, University of Nebraska-Lincoln, Lincoln - Nebraska, USA ; ³INSTITUT P' – Université de Poitiers – CNRS – ENSMA, Poitiers, France

JA0016
lundi
17h30
René Char

Heat sink materials are currently under investigation as they allow increasing power densities in microelectronic components as well as promote the miniaturization of such devices. Materials with high thermal conductivities and low coefficients of thermal expansion (CTE) are suitable for this type of application. Currently Cu or Al heat sinks are being used, however, they are not suitable because of the large CTE mismatch between them and the ceramic and silicon parts of the component. Such differences in CTEs cause thermo-mechanical stresses at the interfaces and result in the components failure after several ON/OFF cycles. To overcome this issue, we offer to replace the Cu and Al heat sinks by metal matrix composites, more particularly Cu matrix composites reinforced with carbon. By combining the high thermal conductivities of both entities and their drastically different CTEs, one can expect to obtain a thermally effective material with adaptive properties. Ti-alloyed Cu (Cu-Ti) powder is introduced in a Cu/C powder mixture and sintered under load at a temperature at which the Cu-Ti powder becomes liquid, while the rest of the Cu and C remain under solid form. Fully dense materials were obtained (porosity inferior to 5 %). SEM micrographs have shown the creation of regular and homogeneous interphases. EDX and XRD analyses have shown that all the Ti has reacted with carbon and the matrix is composed of pure Cu. Thermal conductivities have been enhanced with respect to Cu/C composites with no interphase.

Rôle de la vapeur d'eau sur l'oxydation du Zircaloy-4. Détermination des contraintes de croissance par diffraction des rayons X in situ.

Buscail Henri¹ ; Rolland Raphaël¹ ; Issartel Christophe¹ ; Poble Olivier¹ ; Rabaste Françoise¹ ; Perrier Sébastien¹

¹Université Clermont Auvergne, Le Puy en Velay, France

JA0017
lundi
15h40
rotonde

La détermination du niveau de contrainte dans la couche de zircone et dans le substrat Zircaloy-4 (Zy-4) à la température de fonctionnement est un paramètre important pour la compréhension de l'effet de la vapeur d'eau sur le mécanisme d'oxydation. La diffraction des rayons X (DRX) in situ dans des environnements oxydants secs et humides à haute température sur les échantillons de Zy-4 a été utilisée afin de fournir une description précise de la structure et de la microstructure des couches d'oxyde. Le but de ce travail est de montrer l'influence de la vapeur d'eau sur les contraintes de croissance développées à haute température dans la couche d'oxyde.

Full field simulation of dynamic and post-dynamic recrystallization in 304L steel

JA0018
mercredi
9h40
René Char

Maire Ludovic¹ ; Moussa Charbel¹ ; Bozzolo Nathalie¹ ; Pino Muñoz Daniel¹ ; Bernacki Marc¹

¹CEMEF Mines ParisTech, Sophia Antipolis, France

This paper describes a level-set framework for the full field modeling of dynamic and post-dynamic recrystallization in a 3D polycrystalline material submitted to large deformation. Topological evolutions are simulated based on a kinetic law linking the velocity of grain boundaries to the thermodynamic driving forces. Recrystallization is modeled by coupling a level-set approach to phenomenological laws describing strain hardening and nucleation. The proposed formalism enables to reach outstanding dynamic recrystallization computations in a front-capturing finite element framework comparatively to the state of art.

Étude de l'impact de la microstructure sur les propriétés électriques des batteries lithium-ion ; simulations de microstructures réelles et génération d'architectures numériques

JA0019
mercredi
15h10
rotonde

Cadiou François¹ ; Willot François² ; Lestriez Bernard³ ; Adrien Jérôme¹ ; Douillard Thierry¹ ; Maire Eric¹

¹INSA Lyon, Laboratoire MATEIS, Villeurbanne, France ; ²Mines Paris, Laboratoire CMM, Fontainebleau, France ; ³Université de Nantes, Laboratoire IMN, Nantes, France

Cette étude financée par l'ANR (projet Pepite), porte sur la compréhension du lien existant entre l'architecture microstructurale et les propriétés effectives comme la conductivité (électrique et ionique) dans les cathodes des batteries Li-ion. Les matériaux considérés pour ces électrodes sont un mélange de NMC avec du liant polymère (PVDF) additionné de noir de carbone. Pour cela, des méthodes comme la tomographie à rayons X (RX) et la tomographie sériée par faisceau d'ions focalisés et MEB (FIB/SEM) sont utilisées pour obtenir des microstructures en 3D qui sont ensuite analysées et utilisées comme base pour des simulations numériques.

Evolutions des plages non recristallisées des billettes de superalliage base Nickel AD730TM pendant une séquence de forgeage industriel

JA0020
mercredi
12h30
René Char

Vernier Suzanne^{1,2} ; Franchet Jean-michel² ; Rouffié Anne-laure² ; Dumont Christian³ ; Bozzolo Nathalie¹

¹MINES ParisTech, PSL – Research University, CEMEF – Centre de mise en forme des matériaux, Sophia Antipolis, France ; ²Safran SA, SafranTech – Materials & Process Department, Magny-Les-Hameaux, France ; ³Aubert & Duval, Département R&D transformations, Les Ancizes, France

Dans les billettes en superalliage base nickel AD730TM, comme dans les autres nuances de la même famille (René 65, Udimet 720), la présence de plages non recristallisées forme des hétérogénéités qui contrastent singulièrement avec la matrice environnante. Ces plages se présentent sous la forme de longs grains restaurés aux caractéristiques microstructurales bien différentes de celles des grains équiaxes situés autour. En particulier, ces grains comportent une précipitation intragranulaire dense et cohérente avec la matrice qui rend leur recristallisation difficile au cours du forgeage.

Elaboration d'acier ODS par fusion laser sélective sur lit de poudre

Vasquez Elodie¹ ; Giroux Pierre-françois¹ ; Lomello Fernando² ; Maskrot Hicham² ;
Castany Philippe³

JA0021
mercredi
11h30
rotonde

¹DEN-Service de Recherches Métallurgiques Appliquées, CEA, Université Paris-Saclay, F-91191, Gif sur-Yvette, France ; ²DEN-Service d'Etudes Analytiques et de Réactivité des Surfaces, CEA, Université Paris-Saclay, F-91191, Gif sur-Yvette, France ; ³INSA Rennes, ISCR/CM-INSA, 35708 Rennes, France

Des aciers ODS Fe-14Cr ont été élaborés par fusion laser sélective sur lit de poudres. L'influence des paramètres opératoires et celle de la granulométrie de la poudre sur la densité et la microstructure des matériaux ont été étudiées. Les premières expériences réalisées montrent que les matériaux sont plus denses à puissance laser élevée (> 150 W) et à vitesse de balayage du laser faible (< 300 mm/s). Les premières observations microstructurales ont également révélé la présence d'une répartition fine (< 200 nm) et homogène de nano-précipités, riches en titane et en yttrium, au sein des matériaux consolidés.

Mécanismes de déformation des alliages de titane β -métastable superélastiques

Castany Philippe¹ ; Laillé Denis¹ ; Gordin Doïna¹ ; Gloriant Thierry¹

¹INSA Rennes, Rennes, France

JA0022
mardi
9h
rotonde

Les alliages de titane β -métastable sont des matériaux prometteurs pour les applications biomédicales de part leur excellente biocompatibilité chimique et mécanique. Parmi ces alliages, nous nous intéresserons plus particulièrement aux alliages superélastiques et à leurs mécanismes de déformation. La transformation martensitique réversible induite sous contrainte sera étudiée par des essais de traction cyclique in situ sous rayonnement synchrotron et le maclage sera étudié par EBSD et MET sur deux alliages originaux.

JA0023
mercredi
10h
BU

Composites Bimétalliques Architecturés obtenus par un procédé hybride : fabrication additive - fonderie - métallurgie des poudres

Balloy David^{1,2} ; Astori Rodolphe² ; Quaegebeur Philippe³ ; Le Picart Denis³ ; Béclin Franck¹ ; Touzin Matthieu¹

¹UMET - UMR 8207, Villeneuve d'Ascq, France ; ²Polytech Lille, Villeneuve d'Ascq, France ;
³Centrale Lille, Villeneuve d'Ascq, France

Cette communication présente un procédé hybride permettant de réaliser un matériau Composite Bimétallique Architecturé (CBA). Il est constitué par une structure réalisée par voie de fonderie remplie par un autre métal, de température de fusion supérieure à celle du métal de la structure, par métallurgie des poudres. Le moule de la structure est obtenue par impression 3D d'un modèle perdu en résine dite « castable ». Les microstructures aux interfaces montrent des phénomènes d'inter diffusion et de réaction entre les éléments métalliques et les oxydes.

JA0024
lundi
14h
rotonde

Modélisation à l'échelle atomique de l'alliage Fe-Al-Mn-C

Dequeker Jérôme¹ ; Besson Rémy¹ ; Legris Alexandre¹ ; Thuinet Ludovic¹ ; Zuazo Ian²

¹Univ. Lille, CNRS, INRA, ENSCL, UMR 8207 - UMET - Unité Matériaux et Transformations, F-59000 Lille, France ; ²ArcelorMittal Maizières Research, Maizières-lès-Metz, 57283, France

Le système Fe-Al-Mn-C est très étudié car, dans le domaine biphasé ferrite-austénite, il possède, pour une densité relativement faible, des propriétés mécaniques intéressantes pour l'industrie automobile, ce qui pourrait induire une diminution de la consommation en carburant des véhicules. En raison de transformations de phases dues à la plasticité (effet TRIP), des alliages austéno-ferritiques contenant une composition moyenne en Mn et Al (autour de 10%) présentent des propriétés singulières en termes de déformabilité et de résistance mécanique, ce qui en fait des alliages d'avenir qui concentrent un intérêt scientifique et technologique. Le caractère biphasé confère à ces alliages une complexité particulière, et les bonnes propriétés d'usage résultent d'une maîtrise la plus fine possible de la microstructure : taille de grains, proportions et compositions des phases. Une étude globale, alliant expériences et modélisation mécanique et thermocinétique, de cette famille d'alliages a été entreprise dans le cadre du projet ANR MeMnAl Steels, auquel a contribué l'étude présentée ici.

Elaboration *in situ* de FeCr nanoporeux préparé par désalliage dans un bain de Mg liquide

Mokhtari Morgane^{1,3}; Le Bourlot Christophe¹; Adrien Jérôme¹; Bonnin Anne⁴; Wada Takeshi³; Duchet-rumeau Jannick²; Kato Hidemi³; Maire Eric¹

¹Univ. Lyon, Matéis, Insa Lyon, Villeurbanne, France; ²Univ. Lyon, IMP, Insa Lyon, Villeurbanne, France; ³Tohoku Univ., IMR, Sendai, Japan; ⁴SLS, PSI, Villigen, Switzerland

JA0025
lundi
16h30
BU

L'élaboration de FeCr nanoporeux a été réalisé par un désalliage d'un précurseur de FeCr-Ni dans un bain de Mg liquide pour donner un composite bicontinu FeCr-MgNi. La phase de MgNi a ensuite été dissoute par une attaque chimique de HNO₃ en solution aqueuse. L'élaboration a été suivie *in situ* par tomographie aux rayons X en synchrotron ce qui a permis d'avoir une observation directe du désalliage et d'analyser l'effet de la dissolution de la phase MgNi sur le FeCr poreux.

Microstructures et propriétés mécaniques de composites Al/Al-Cu-Fe

Joseph Aurélie¹; Joulain Anne¹; Gauthier-brunet Véronique¹; Monchoux Jean-pierre²; Tromas Christophe¹; Bonneville Joël¹; Dubois Sylvain¹

¹Institut Pprime, Poitiers, France; ²CEMES, Toulouse, France

JA0026
lundi
11h
BU

Des matériaux composites à matrice Al renforcée par des particules d'alliage ω – Al_7Cu_2Fe ont été synthétisés par frittage flash et par compaction à chaud à partir de poudre icosaédrique i-Al-Cu-Fe et de poudre d'aluminium. L'évolution de la contrainte d'écoulement avec la température des composites met en évidence deux régimes de déformation plastique. Les microstructures sont analysées par microscopie électronique en transmission. Une caractérisation locale des propriétés mécaniques de cette matrice a également été réalisée par nano indentation. Ces derniers résultats sont analysés dans le cadre d'interactions entre dislocations et solutés mobiles. L'évolution de l'ensemble des propriétés mécaniques avec la température est discutée en corrélation avec celle des microstructures.

Mécanique des nanoparticules : études par microscopie électronique

JA0027
lundi
11h20
rotonde

Joly-pottuz Lucile¹ ; Issa Inas^{1,2} ; Epicier Thierry¹ ; Réthoré Julien² ; Esnouf Claude¹ ; Jenei Istvan³ ; Garnier Vincent¹ ; Amodeo Jonathan¹ ; Stauffer Douglas⁴ ; Masenelli-varlot Karine¹

¹INSA-Lyon, MATEIS CNRS UMR5510, Villeurbanne, France ; ²INSA-Lyon, LaMCoS CNRS UMR5259, Villeurbanne, France ; ³Ecole Centrale de Lyon, LTDS CNRS UMR5513, Villeurbanne, France ; ⁴Hysitron Inc, Minneapolis, France

Les essais de nanocompression in situ dans un microscope électronique en transmission (MET) permettent d'étudier le comportement des matériaux aux échelles micro-et nanométriques. Ils ont ainsi permis de mettre en évidence une transition fragile-ductile dans plusieurs oxydes traditionnellement fragiles à l'échelle macroscopique, ce qui présente des perspectives intéressantes, par exemple pour l'élaboration de céramiques nano-polycristallines. Ces essais peuvent maintenant être développés sous gaz afin d'observer l'effet de l'environnement sur les propriétés mécaniques et ainsi se rapprocher des conditions réelles d'utilisation des matériaux.

Effet du silicium sur l'endommagement d'un acier 304L oxydé

JA0028
lundi
17h10
rotonde

Parry Valérie¹ ; Braccini Muriel¹ ; Pascal Céline¹ ; Fedorova Elena² ; Mantel Marc³ ; Oquab Djar⁴ ; Monceau Daniel⁴ ; Parry Guillaume¹

¹Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble-INP, SIMaP, Grenoble, France ; ²Polytechnic Institute of Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia ; ³Ugitech SA, Ugine, France ; ⁴CIRIMAT, Université de Toulouse, CNRS, INPT, UPS, ENSIACET, Toulouse, France

La majorité des aciers inoxydables contiennent du silicium en élément mineur. A haute température, la formation de silice amorphe aide à réduire la vitesse d'oxydation du métal mais diminue également la ténacité de l'interface métal/oxyde. Des essais de traction in-situ sous MEB réalisés sur un acier 304L préalablement oxydé à 900 °C et à 1000 °C montre l'influence de cette silice interne sur le comportement à l'endommagement. Un modèle micro-mécanique intégrant des zones cohésives permet de mettre en évidence différents paramètres contrôlant l'endommagement : morphologie et propriétés d'interface.

The elaboration of titanium laminated material using flakes powder metallurgy

Mereib Diaa^{1,2} ; Zakhour Mirvat² ; Nahkl Michel² ; Bobet Jean-louis¹ ; Silvain Jean-françois¹

¹Université de Bordeaux, ICMCB-CNRS, Bordeaux, France ; ²Université libanaise, Laboratoire de Chimie Physique des Matériaux (LCPM)/PR2N, Fanar, Lebanon

JA0029
lundi
16h50
BU

Inspiring from the lamellar microstructure of natural materials, that showed attractive mechanical properties, fabrication and characterization of titanium based biomimetic nacre's laminated structures have been performed. For this purpose, powder metallurgy process called flakes powder metallurgy, based on the use of flake-shaped metal powders, is used. Fully dense laminar material with anisotropic microstructure and improved mechanical properties has been fabricated. We demonstrate that the titanium lamellar architecture can be associated with increase of 6% on Young's modulus and 15 % on hardness. The strengthening was attributed density and the refinement microstructure of the Ti lamellar material.

Bimodal grain size distribution alloys : experimental and numerical mechanical characterization based on microstructure

Flipon Baptiste¹ ; Keller Clément¹ ; Barbe Fabrice¹

¹Normandie Univ, INSA Rouen, UNIROUEN, CNRS, GPM, 76000 Rouen, France

JA0031
lundi
11h20
BU

This study addresses the question of the role of coarse grains embedded in a matrix of ultrafine grains of a metal alloy, not only from the standpoint of volume fractions but also considering the way these two populations are spatially arranged. This is performed with an approach coupling full-field modeling and experimental characterization. Bimodal alloys are elaborated by two routes –spark plasma sintering and strain induced phase transformation followed by heat treatment. Experimental samples are characterized by tensile tests and microstructural analyses. Virtual microstructures reproducing various features of bimodality are used to analyze morphological effects and to guide the development of bimodal alloys.

Influence des éléments de microalliage Ti, Nb et Mo sur la recristallisation de la ferrite lors du recuit des aciers à très haute résistance

JA0034
lundi
14h40
rotonde

Bellavoine Marion^{1,2} ; Dumont Myriam¹ ; Drillet Josée² ; Hebert Véronique² ; Maugis Philippe¹

¹Aix-Marseille Université, CNRS, IM2NP, Marseille, France ; ²ArcelorMittal Research SA, Maizières-les-Metz, France

Le mécanisme de recristallisation de la ferrite lors du recuit est déterminant pour la formation de la microstructure finale des aciers à très haute résistance (THR) destinés au secteur automobile. Ajuster la cinétique de recristallisation se révèle ainsi particulièrement intéressant dans le cadre du développement des aciers THR. Les éléments de microalliage, en solution solide ou sous forme de précipités, sont susceptibles de modifier cette cinétique. La présente étude clarifie l'influence respective des éléments de microalliage Ti, Nb et Mo sur la cinétique de recristallisation lors de la chauffe de différentes nuances d'aciers Dual-Phase. Les résultats obtenus permettent de conclure que l'effet prépondérant des éléments de microalliage sur la recristallisation dans le cas présent est l'effet de trainage des éléments en solution solide, et que les atomes de Nb exercent un effet de trainage en solution solide plus important que les atomes de Mo et les atomes de Ti.

Etude de la déformation locale de films minces de verres métalliques par nano-diffraction de rayons X synchrotron

JA0035
mardi
9h20
rotonde

Daudin Rémi¹ ; Coulombier Michaël¹ ; Schüllli Tobias³ ; Zhou Tao³ ; Idrissi Hosni¹ ; Raskin Jean-pierre² ; Pardo Thomas¹

¹Institute of Mechanics, Materials and Civil Engineering, Université Catholique de Louvain, Louvain La Neuve, Belgium ; ²Institute of Information and Communication Technologies, Electronics and Applied Mathematics, Université Catholique de Louvain, Louvain La Neuve, Belgium ; ³European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble, France

La réponse mécanique de films minces de verres métalliques (VM) de Zr65Ni35 a été étudiée en traction uni-axiale par une technique de pointe dite 'auto-actué'. Ces films minces, aux propriétés mécaniques remarquables, ont été caractérisés par diffraction de rayons X synchrotron nano-focalisés permettant de révéler des variations de répartition de la déformation élastique locale au sein du matériau, en fonction de la déformation macroscopique.

Evolution microstructurale et équilibres de phases dans le système quaternaire Fe-Mn-Al-C (Mn < 8, Al < 8, C < 2 %mass)

Mestrallet Aurore¹ ; Antoni-zdziobek Annie¹ ; Emo Jonathan² ; Maugis Philippe² ; Hallstedt Bengt³

¹Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, SIMaP, Grenoble, France ; ²Aix Marseille Université, UTLN, CNRS, IM2NP, Marseille, France ; ³RWTH Aachen University, IWM, Aachen, Germany

JA0036
lundi
14h20
rotonde

Les alliages du système Fe-Mn-Al-C à teneurs en Mn et Al inférieures à 8 %mass sont étudiés comme une 3e génération d'aciers duplex, candidats potentiels pour l'allègement des structures automobiles. Le côté riche en Fe du système quaternaire pour des teneurs en Mn et Al inférieures à 8 %mass a été étudié dans ce travail. Un ensemble de données sur les équilibres entre les phases ferrite, austénite, cémentite et carbure kappa (Fe,Mn)₃AlC, a été établi par une approche couplée d'expériences ciblées et de modélisation thermodynamique. Pour appuyer l'évolution expérimentale des fractions de phases et des compositions, une modélisation cinétique est proposée.

Alliages métalliques à haute entropie : vers une architecturation et un durcissement multi-échelle

Laurent-brocq Mathilde¹ ; Goujon Pierre-andré¹ ; Monnier Judith¹ ; Perrière Loïc¹ ; Villeroy Benjamin¹

¹Université Paris Est Créteil, ICMPE (UMR 7182), CNRS, UPEC, Thiais, France

JA0037
lundi
17h10
BU

En nous inspirant des matériaux naturels, des alliages à haute entropie (AHE) avec une architecturation multi-échelle ont été élaborés et caractérisés. Les AHE étant des matériaux ductiles, même à température cryogénique, l'obtention de poudres micrométriques et isotropes est problématique. Pour surmonter cette difficulté, plusieurs conditions de broyage puis de frittage ont été testées. Pour finir, le durcissement multi-échelle de ces AHE architecturés a été évalué.

Maîtrise du grossissement de grain lors du soudage diffusion homogène de l'acier X2CrNiMo17-12-2 : problématique et apports de la simulation

Rigal Emmanuel¹ ; Bernacki Marc² ; Bouquet Nicolas³ ; Tresallet Damien⁴

¹CEA/Liten, Grenoble, France ; ²Mines ParisTech, Sophia Antipolis, France ; ³Atmostat, Villejuif, France ; ⁴SIMaP, St Martin d'Hères, France

JA0038
lundi
15h
rotonde

Le soudage diffusion permet la fabrication d'échangeurs de chaleur compacts dans lesquels les circuits de fluide sont séparés par des parois fines. On présente et on illustre ici l'intérêt de la simulation du grossissement de grain lors du soudage diffusion en tant qu'outil permettant la maîtrise de la microstructure.

Etude de l'oxydation à haute température d'aciers Fe-18Cr-8Ni, du stade protecteur à l'oxydation catastrophique

JA0039
lundi
17h30
rotonde

Pascal Céline¹ ; Col Audrey¹ ; Braccini Muriel¹ ; Parry Valérie¹

¹Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, SIMaP, Grenoble, France

L'évolution de la couche d'oxydes formée sur l'acier austénitique AISI 304L (Fe-18Cr-8Ni) à 850 °C sous un flux de O₂ a été étudiée jusqu'à un stade avancé d'oxydation catastrophique. Des cartographies spectrales Raman ainsi que des cartographies MET et EBSD ont permis de décrire les mécanismes de progression de l'oxydation catastrophique qui reposent sur la conversion en oxyde non protecteur d'un oxyde formé le long des joints de grains de l'acier sous-jacent.

Influence de la nano-précipitation et de l'érouissage à froid sur les mécanismes de recristallisation dans les aciers ODS ferritiques

JA0041
mercredi
12h10
René Char

Hary Benjamin¹ ; Baudin Thierry² ; Logé Roland³ ; De Carlan Yann¹

¹CEA, Gif-sur-Yvette, France ; ²ICCMO, Université Paris-Sud, Orsay, France ; ³Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Neuchâtel, Switzerland

Cette étude traite des mécanismes de recristallisation statique après consolidation dans les aciers ODS. Deux nuances avec des taux de renforts différents ont été élaborées. Des recuits ont été effectués sur les microstructures à l'état de réception (après filage) et après compression à froid. Il apparaît qu'une restauration par croissance des sous-grains, assimilable à une recristallisation continue, est observée à l'état de réception dans la nuance faiblement renforcée suite à une coalescence des particules. Dans la nuance plus renforcée, la microstructure est très stable et n'évolue pas, même à 1300°C. Après déformation à froid, l'augmentation de l'énergie stockée conduit à une recristallisation statique discontinue dans les deux nuances dès 1150°C. La texture de recristallisation est alors peu marquée.

Assessment of mechanical property gradients after impact-based surface treatments using nano-compression testing.

JA0046
lundi
12h
René Char

Tumbajoy David^{1,4} ; Guillonau Gaylord² ; Bergheau Jean-michel³ ; Descartes Sylvie⁴ ; Michler Johann⁵ ; Lacaille Victor⁶ ; Langlade Cécile⁷ ; Kermouche Guillaume¹

¹Ecole des Mines de Saint Etienne, Saint-Etienne, France ; ²Ecole Centrale de Lyon, Ecully, France ; ³Ecole Nationale d'Ingénieurs de Saint Etienne, Saint-Etienne, France ; ⁴Institut National des Sciences Appliquées, Villeurbanne, France ; ⁵Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology, Thoun, Switzerland ; ⁶Winoa, Le Cheylas, France ; ⁷Université Technologique de Belfort-Montbéliard, Belfort, France

Cet article a pour objet de présenter une méthodologie permettant de discriminer les effets des traitements mécaniques de surfaces en termes de gradients de microstructure et de propriétés mécaniques. Celle-ci repose sur l'utilisation combinée de mesures

EBSO et d'essais de compression de nano-piliers permettant de mesurer très localement les courbes contrainte-déformation et les informations microstructurales associées à l'échelle des gradients induits par ces procédés. Ainsi il est possible de montrer que le traitement mécanique de surface de micro-percussion répétée est comparable au grenage intensif.

Experimental analysis and numerical simulation of sintered micro-fluidic devices

Barrière Thierry¹ ; Sahli Sofiane^{1,2} ; Gelin Jean-claude¹

¹Femto-ST, Besançon, Franche-Comté, France ; ²University Mentouri, Constantine, Algeria

JA0047
mercredi
14h30
René Char

This paper investigates the use of numerical simulations to describe solid state diffusion of a sintering stage during a Powder Hot Embossing (PHE) process for micro-fluidic components. Finite element analysis based on a thermo-elasto-viscoplastic model was established to describe the densification process of a PHE stainless steel porous component during sintering. The corresponding parameters such as the bulk viscosity, shearing viscosity and sintering stress are identified from dilatometer experimental data. The numerical analyses, which were performed on a 3D micro-structured component, allowed comparison between the numerical predictions and experimental results of during a sintering stage. This comparison demonstrates that the FE simulation results are in better agreement with the experimental results at high temperatures.

Remplacement des amines par des liquides ioniques dans des revêtements époxydes : évaluation des performances anticorrosion

Marcelin Sabrina¹ ; Livi Sébastien² ; Ter-ovanessian Benoît¹ ; Mary Nicolas³ ; Normand Bernard¹

¹INSA-LYON, MATEIS UMR CNRS 5510, VILLEURBANNE, France ; ²INSA-LYON, IMP UMR CNRS 5223, VILLEURBANNE, France ; ³ElytMax UMI CNRS 5737, SENDAI, Japan

JA0049
lundi
18h10
René Char

Les revêtements époxy-amines sont intéressants du point de vue de la protection des systèmes vis-à-vis de la corrosion. Pour autant d'un point de vue strictement normatif, les amines nécessaires à la réticulation et l'adhésion des revêtements, sont considérées comme des substances qu'il convient de remplacer par des composés plus respectueux de l'environnement. Nguyen et al. ont montré que les résines époxydiques-liquide ionique avaient des propriétés aussi bonnes, voire meilleures, nous nous sommes intéressés au liquide ionique (LI) en tant que solution de substitution des amines dans des revêtements époxydes et, par voie de conséquence, nous avons entrepris d'évaluer leur performance anticorrosion.

Influence de la prise en compte de la microstructure des métaux lors d'un calcul de fatigue de contact

JA0050
mardi
9h40
rotonde

Vouaillat Guillaume^{1,3} ; Bossy Etienne^{1,3} ; Noyel Jean-philippe³ ; Ville Fabrice¹ ; Kleber Xavier² ; Changenet Christophe³

¹Univ Lyon, INSA-Lyon, CNRS UMR5259, LaMCoS, F-69621, Villeurbanne, France ; ²Univ Lyon, INSA-Lyon, UMR CNRS 5510, MATEIS, Villeurbanne, France ; ³Univ Lyon, ECAM-Lyon, INSA-Lyon LabECAM, F-69005, Lyon, France

Le but de cette étude est de développer un modèle de fatigue de contact à l'échelle de la microstructure. Différentes simulations avec différentes hypothèses pour la modélisation de la microstructure sont comparées. La première prend en considération un massif semi-infini tandis que la seconde travaille à l'échelle de la microstructure en modélisant les grains un à un.

Primary recrystallization affected by Sn addition in a ternary Fe-Si-Sn alloy

JA0052
mercredi
10h
René Char

Mavrikakis Nikolaos^{1,2} ; Dumont Myriam¹ ; Mangelinck Dominique¹ ; Descoins Marion¹ ; Saikaly Wahib³

¹Aix-Marseille Université, CNRS, IM2NP UMR 7334, Marseille, France ; ²ArcelorMittal Research SA, Maizières-lès-Metz, France ; ³ArcelorMittal Global R&D, Gent, Belgium

The effect of Sn addition on the primary recrystallization of cold rolled Fe-3% Si alloys is investigated. Texture evolution and misorientation distributions are analyzed on partially recrystallized samples using the electron backscatter diffraction technique. Sn was found to affect the microstructure, throughout the thermal treatment of the materials, by refining the grains and altering the texture. In the presence of Sn, the intensity of $\{111\}_{uvw}$ grains is reduced through all stages of recrystallization, while that of $\{100\}_{uvw}$ and $\{hkl\}_{100}$ grains is increased. The favored growth of these latter grains is most likely due to a combination of mechanisms that involve the presence of some high mobility grain boundaries (with low Σ). Indeed, the $\Sigma 5$ boundaries were observed to increase in frequency with Sn through all stages of recrystallization. Additionally $\{100\}$ grains were found to be most frequently correlated with $\Sigma 5$ interfaces, which might be due to geometrical considerations. The most probable explanation for the increase of $\Sigma 5$ is that Sn segregates to random high-angle grain boundaries and retards their migration, whereas little segregation takes place to the $\Sigma 5$ boundaries, favoring the growth of grains that are bounded by this boundary. Site-specific grain boundary Sn segregation analysis was conducted with atom probe tomography to confirm the proposed mechanism.

Essai de relaxation à hautes températures en indentation

Baral Paul¹ ; Bracq Guillaume² ; Laurent-brocq Mathilde² ; Guillonnet Gaylord¹ ;
Kermouche Guillaume³ ; Bergheau Jean-michel⁴ ; Loubet Jean-luc¹

¹Université de Lyon, Ecole Centrale de Lyon, LTDS UMR CNRS 5513, Ecully, France ;
²Université Paris Est, ICMPE UMR 7182, CNRS, UPEC, Thiais, France ; ³Ecole des Mines de Saint
Etienne, Centre SMS, Laboratoire LGF UMR 5307, Saint Etienne, France ; ⁴Université de Lyon,
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Saint Etienne, LTDS UMR CNRS 5513, Saint Etienne, France

Le but de ce travail est d'évaluer les méthodes et procédures permettant de mesurer en indentation et de comprendre la relaxation mécanique des matériaux solides proche de leur surface. Dans un premier temps, la relaxation du Poly(Méthacrylate de Méthyle) – PMMA – a été étudiée par indentation à température ambiante. L'effet, sur les mesures, de la vitesse de déformation au cours de la montée en charge ainsi que l'effet de l'asservissement sont présentés. Dans un deuxième temps, la méthode de relaxation par indentation est employée à haute température sur de la silice fondue, jusqu'à 400 °C.

JA0053
mercredi
14h30
BU

Evolution de nanostructures plasmoniques sous l'effet de l'exposition d'un plasma d'argon de faible énergie

Simonot Lionel¹ ; Chabanais Florian¹ ; Rousselet Sophie¹ ; Babonneau David¹

¹Institut Pprime, Poitiers, France

Les propriétés optiques – et par conséquent la couleur – de films nanocomposites constitués d'un métal noble (Ag) et d'une matrice diélectrique (Si₃N₄) dépendent fortement de la nanostructure métallique. Celle-ci peut être modifiée en appliquant à proximité un plasma d'Ar de faible énergie (80eV). Trois nanostructures initiales d'Ag sont étudiées : un ensemble de nanoparticules métalliques, un film percolé et une couche pratiquement continue. L'exposition au plasma permet d'obtenir de nouvelles structures et ainsi d'atteindre une gamme de couleurs plus grande.

JA0054
lundi
17h30
BU

Développement en amas de la matrice d'Onsager pour les systèmes dilués : application au couplage défauts ponctuels / impuretés interstitielles

Schuler Thomas^{1,2} ; Messina Luca² ; Nastar Maylise²

¹Univ. Lyon, IMT Mines Saint-Etienne, Centre SMS, CNRS, LGF, Saint-Etienne, France ; ²DEN
-Service de Recherches de Métallurgie Physique, CEA, Université Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette,
France

Nous avons développé une méthode pour calculer les coefficients de transport d'une solution solide diluée en s'appuyant sur le concept de développement en amas. Nous introduisons une nouvelle quantité physique, les coefficients de transport d'amas, qui sont des propriétés intrinsèques de chaque amas, permettant ainsi de découpler les contributions thermodynamiques et cinétiques de chaque amas. Nous avons écrit un code,

JA0055
mercredi
9h40
rotonde

KineCluE, qui automatise le calcul de ces coefficients et permet de l'étendre à des systèmes complexes. Les données ainsi obtenues peuvent être couplées à des simulations de dynamique d'amas ou de champ de phase pour obtenir des flux d'espèces directement depuis l'échelle atomique.

Comportement thermomécanique d'un polyéthylène 2.5 furandicarboxylate pris dans un état caoutchoutique ; développements microstructuraux associés.

JA0056
mardi
10h30
rotonde

Combeaud Christelle¹ ; Boyer Séverine A.e.¹ ; Guigo Nathanaël² ; Visser Roy³ ; Forestier Emilie^{1,2} ; Billon Noëlle¹ ; Sbirrazzuoli Nicolas²

¹MinesParistech, Sophia Antipolis, France ; ²Université de Nice, Nice, France ; ³Synvina, Amsterdam, The Netherlands

Une collaboration entre l'ICN, le CEMEF et l'entreprise néerlandaise Synvina a permis l'étude d'un polyester entièrement biosourcé, le polyéthylène 2,5 furandicarboxylate, plus communément appelé « PEF » (1). L'étude proposée vise à la compréhension du comportement thermo-mécanique du PEF et des mécanismes microstructuraux sous-jacents, au-delà de sa transition vitreuse et dans des conditions d'étirage uni-axial. La formabilité du matériau est ainsi caractérisée pour différentes conditions de température et de vitesses de déformation, sur le plateau caoutchoutique du polymère, proche de sa transition alpha. En outre, il s'agit d'un matériau qui possède la particularité de cristalliser sous étirage, au même titre que le PET, ce qui lui confère de très bonnes propriétés mécaniques et barrières. La cristallisation induite par la déformation (ou étirage) est un mécanisme qui permet d'expliquer la future tenue mécanique du matériau texturé, son vieillissement physique ainsi que sa stabilité dimensionnelle. C'est à travers ces différents aspects que les matériaux étirés sous diverses conditions ont pu être analysés, mettant ainsi en lumière des scénarios d'étirage plus ou moins favorables au développement d'une microstructure plus ou moins bien organisée. (1) Pour information, la polymérisation du PEF est rendue possible par l'utilisation de l'acide 2,5- furandicarboxylique (ou FDCA). Ce dernier est obtenu à partir de l'hydroxyméthylfurfural qui provient du fructose des plantes. Cet acide biosourcé possède une analogie structurale avec l'acide téréphtalique, un monomère pétro-sourcé très largement utilisé pour synthétiser le PET.

Étude de l'impact du procédé de friction malaxage sur la rupture ductile dans les alliages d'aluminium.

Hannard Florent¹ ; Simar Aude¹ ; Maire Eric² ; Le Bourlot Christophe² ; Pardoën Thomas¹

JA0057
mardi
10h50
rotonde

¹Université catholique de Louvain, Louvain-La-Neuve, Belgium ; ²INSA-Lyon, Lyon, France

La ductilité des alliages d'aluminium est gouvernée par la germination, croissance et coalescence de petites cavités internes associées à la rupture de particules intermétalliques et à la présence d'une porosité initiale. Une augmentation de la taille des particules intermétalliques et une distribution spatiale de ces particules concentrées en amas entraînent une diminution de la ductilité. La technique de friction malaxage (Friction Stir Processing – FSP) est appliquée à l'alliage Al 6056 et permet d'augmenter significativement la déformation à rupture du matériau ainsi que de le rendre plus isotrope. Une caractérisation microstructurale par microtomographie 3D indique que la ductilisation de cet alliage s'explique par trois raisons : (i) le FSP casse les grosses particules intermétalliques en plus petits fragments, qui sont plus résistants, (ii) le FSP diminue la porosité initiale, (iii) le FSP homogénéise la distribution des particules. L'utilisation d'essais de traction ex situ et in situ en tomographie X couplée à un algorithme de suivi des cavités permettent de déconvoluer les différentes contributions des mécanismes d'endommagement (germination, croissance, coalescence) et ainsi quantifier l'effet du FSP sur ces mécanismes.

Quelques exemples d'activités pédagogiques dans le domaine des matériaux

Gourgues-lorenzon Anne-françoise¹ ; Bellet Michel²

¹MINES ParisTech, Evry, France ; ²MINES ParisTech, Sophia Antipolis, France

JA0058
mardi
10h30
BU

Quelques-unes des activités pédagogiques originales mises en place dans le cycle ingénieur de MINES ParisTech sont illustrées dans le domaine des sciences des matériaux : « travaux pratiques à risques » en tronc commun, groupes de travail de courte durée en entreprise en enseignement d'option. Une ouverture vers un public plus large est également donnée à travers l'exemple d'un jeu sérieux sur le thème de la rupture.

Strain Rate Effects on Transformation-induced Plasticity in Medium Mn Steels via in-situ Magnetization Measurements

JA0059
lundi
16h30
rotonde

Callahan Michael¹ ; Perlade Astrid² ; Schmitt Jean-hubert¹

¹CentraleSupélec, Chatenay-Malabry, France ; ²ArcelorMittal Global R&D - Automotive Products, Maizieres-les-Metz, France

Third generation Advanced High-Strength Steels (AHSS) are complex in that several different phases are present in their microstructures. This poses a developmental challenge because the mechanical behavior of each individual phase must be understood in order to accurately predict the properties of a given alloy. Further complicating the matter is the fact that the retained austenite phase that is obtained at room temperature is metastable and can transform to martensite when it undergoes plastic strain, much like one can observe in TRIP steels. This study seeks to evaluate the microstructural evolution of a Medium Mn TRIP alloy by using magnetization measurements to quantify the kinetics of the TRIP phenomenon. These measurements are performed in-situ during unidirectional tension. This method permitted the measurement of the retained austenite volume fraction at a sampling rate of 10 s⁻¹. It is shown that the TRIP effect coincides with strain localizations sometimes present in Medium Mn steels. Particular focus is given to the effect of strain rate on the kinetics of the martensite transformation.

eCHORD : une alternative à l'EBSD ?

JA0060
lundi
1h40
rotonde

Lafond Clément¹ ; Cazottes Sophie¹ ; Douillard Thierry¹ ; Delobbe Anne² ; Silvent Jérémie² ; Lesné Maxime² ; Steyer Phillippe¹ ; Langlois Cyril¹

¹Université de Lyon - INSA de Lyon - CNRS, MATEIS, Lyon, France ; ²TESCAN ORSAY HOLDING, 13710 Fuveau, France

Une nouvelle approche, nommée electron CHanneling ORientation Determination (eCHORD), est décrite pour obtenir des cartographies d'orientation cristalline sur des polycristaux grâce au contraste de canalisation des électrons. La méthode eCHORD exploite la dépendance entre le contraste des grains et l'angle du faisceau d'électrons incident. L'échantillon est positionné dans la chambre avec un angle d'inclinaison par rapport au faisceau d'électrons, puis une série d'image est constituée pour différents angles de rotation de l'échantillon. Après post-traitement de la série d'images, des profils d'intensités en fonction de l'angle de rotation sont obtenus en chaque position de la région d'intérêt. Ces profils sont ensuite comparés à une base de données et le triplet d'Euler associé au profil théorique le plus similaire permet d'obtenir l'orientation en chaque position. La preuve de concept sera présentée sur un échantillon polycristallin de nickel. Le potentiel d'eCHORD comme alternative à l'EBSD sera également discuté.

Microstructure, comportement plastique et transition ductile-fragile d'un acier medium Mn dit "à basse densité" pour application automobile

Tonizzo Quentin¹ ; Gourgues-lorenzon Anne-françoise¹ ; Mazière Matthieu¹ ; Perlade Astrid² ; Zuazo Ian²

¹Mines ParisTech, Paris, France ; ²ArcelorMittal Maizières, Maizières-lès-Metz, France

JA0063
lundi
16h50
rotonde

Cette étude s'intéresse au lien entre la microstructure et les propriétés mécaniques et à rupture d'aciers medium Mn enrichis en aluminium, issus de coulées de laboratoire. Après laminage à froid et recuit dans le domaine intercritique, ces aciers présentent une inhabituelle microstructure bimodale, mêlant de gros grains de ferrite δ et de régions à fins grains duplex $\alpha + \gamma$. Les propriétés mécaniques à température ambiante ne dépendent que peu de la température de recuit. A plus basse température, le comportement plastique, les modes de rupture et la sensibilité à la rupture fragile ont été étudiés et reliés à la microstructure.

New Metallurgical Tools for optimum design of modern Ultra High Strength Low Carbon Martensitic Steels

Collet Jean-louis¹ ; Caruso Matteo¹ ; Tolleneer Isabelle¹ ; Georges Cédric¹ ; Cobo Sebastian² ; Bracke Lieven³ ; Van Bohemen Stefan⁴ ; Morsdorf Lutz⁵

¹CRM Group, Liège, Belgium ; ²AM Maizières Global R&D, Maizières-les-Metz, France ; ³AM R&D Ghent, Ghent, Belgium ; ⁴Tata Steel BV, IJmuiden, The Netherlands ; ⁵MPIE, Düsseldorf, Germany

JA0064
lundi
15h20
rotonde

The metallurgical design of modern UHSS that satisfy customer requirements has become a challenging task for which no fully adapted and reliable tools are currently available such as : a) Prediction of martensite transformation temperatures, kinetics and critical cooling rates b) Description of microstructural evolution and quantification of microstructural changes during autotempering and low temperature tempering c) Complete and accurate characterization of martensite microstructures d) Identification and quantification of critical parameters for strength, damage, toughness and hydrogen absorption. In the frame of the RFCS project ToolMart, coordinated by CRM Group and with key partners ArcelorMittal, Tatasteel and Max Planck Institute, a new approach using advanced characterization techniques adapted to low carbon martensite such as SEM/EBSD, TEM, Atom Probe Tomography, neutron small angle scattering and synchrotron high-resolution diffraction was developed to support product design of modern low carbon grades for full martensitic products. The description of different phenomena like the impact of prior austenite state and inhomogeneous carbon distribution is correlated to several in-use properties of key importance to the extended application of these grades.

Caractérisation et modélisation de la séquence de précipitation d'un alliage d'aluminium Al-Mg-Si avec excès de Silicium

JA0065
lundi
12h
rotonde

Meyruey Gwenaelle¹ ; Massardier Véronique¹ ; Perez Michel¹

¹MATEIS - INSA de Lyon, Villeurbanne, France

De nombreuses études portant sur les alliages d'aluminium de la série 6000 présentant un excès de Silicium montrent une séquence de précipitation complexe. Dans ce travail, une étude microstructurale fine a été menée grâce à la mise en oeuvre conjointe de plusieurs techniques de caractérisation globales et locales (Pouvoir ThermoElectrique, Microscopies à balayage et transmission, Sonde Atomique Tomographique). Cette étude a été couplée à un suivi de l'évolution de la résistance mécanique (Dureté, Traction) lors de vieillissements thermiques. Les résultats expérimentaux ont permis d'adapter un modèle de précipitation de type KWN afin qu'il prenne en compte les évolutions simultanées des différents types de précipités intervenant dans ces alliages et qu'il prédise leurs propriétés de résistance mécanique.

Caractérisation de la dynamique des dislocations par essais combinés d'émission acoustique et d'imagerie électronique.

JA0066
mardi
11h10
rotonde

L'hôte Gabriel¹ ; Cazottes Sophie¹ ; Montagnat Maurine² ; Deschanel Stéphanie¹

¹INSA-Lyon, MATEIS CNRS UMR5510, Lyon, France ; ²IGE. Université Grenoble Alpes / CNRS F-38041, Grenoble, France

Matériaux et méthodes La dynamique des dislocations est à la base de la grande déformabilité des matériaux métalliques. La technique d'émission acoustique (EA) a permis de montrer et valider l'existence de deux types de plasticité. L'une associée à de nombreux mouvements de dislocations non corrélés et l'autre liée à des avalanches de dislocations présentant un mouvement collaboratif. L'importance de ces dernières dans l'évolution des structures de dislocation est encore peu décrite dans la littérature. Cette étude présente une caractérisation de l'évolution de la microstructure de dislocations d'un monocristal de cuivre, sous sollicitations monotones et cycliques, à l'aide d'un suivi combiné EA et imagerie électronique. L'étude porte sur des monocristaux de cuivre pur (99.999%) élaborés par la méthode de Bridgman et usinés par électroérosion. Le choix d'un monocristal pur permet de limiter les sources d'EA aux mouvements de dislocations et aux microfissurations et éviter des effets dus aux inclusions et aux joints de grains. L'étude se base sur deux orientations cristallographiques différentes, favorisant toutes deux le glissement multiple (tableau 1).

Membrane silicone architecturée aux propriétés viscoélastiques contrôlées

Gallo Marta^{1,2} ; Rinaldi Renaud¹ ; Chenal Jean-marc¹ ; Chazeau Laurent¹ ; Ganachaud François²

¹MATEIS - INSA de Lyon, Villeurbanne, France ; ²IMP - INSA de Lyon, Villeurbanne, France

JA0067
mardi
12h10
René Char

Pour faire face aux enjeux climatiques actuels, de nouvelles normes plus exigeantes sont fixées aux constructeurs automobiles afin de diminuer les émissions de CO₂. Un des leviers explorés est la diminution du poids de leurs véhicules. Ainsi, des solutions matériaux qui associent rigidité, amortissement et légèreté sont recherchées, telles que l'utilisation de composites sandwichs métal/polymère. Le présent projet a pour ambition de permettre la réalisation de matériaux sandwichs minces dont les propriétés amortissantes sont optimisées « à façon ». Plus précisément, le degré de réticulation et de fait, les propriétés viscoélastiques de la couche polymère, sont modulés spatialement via une irradiation UV sélective. Les effets de l'irradiation sur les propriétés viscoélastiques du silicone sont évalués et des mesures couplées de champ sur des membranes architecturées sont réalisées. Ces essais illustrent la modularité et le potentiel du protocole développé en vue de réaliser des structures sandwichs.

Critical recrystallization during sub-solvus annealing in a polycrystalline Nickel-based superalloy

Charpagne Marie-agathe¹ ; Jacomet Suzanne² ; Thebault Julien³ ; Bozzolo Nathalie²

¹University of California, Santa Barbara, USA ; ²PSL Research University, MINES ParisTech, CEMEF Centre de mise en Forme des Matériaux, Sophia-Antipolis, France ; ³Safran Aircraft Engines, Gennevilliers, France

JA0071
mercredi
11h50
René Char

Selective and exaggerated growth of some grains is a phenomenon which is likely to occur during annealing following forging operations, in Nickel-based superalloys. It has been investigated in the Rene 65 alloy in terms of metallurgical characteristics of such grains, mechanisms and kinetics. The nature of this phenomenon, which is commonly reported as abnormal grain growth, is discussed based on the obtained results and appears to be a case of critical recrystallization.

A computational homogenization approach for effective elastic properties of open-cell foams

JA0072
mercredi
12h10
rotonde

Zhu Wenqi¹ ; Blal Nawfal¹ ; Baillis Dominique¹ ; Cunsolo Salvatore¹ ; Michaud Paul-marie²

¹LaMCoS, INSA de Lyon, VILLEURBANNE, France ; ²EC2 Modélisation, VILLEURBANNE, France

The aim of this study is to investigate the effective elastic properties of open-cell foams. To obtain realistic cell structure, a method based on Voronoi partition combined with Surface Evolver is developed with high control of a number of morphological parameters. The periodic computational homogenization approach is used to predict the elastic effective properties.

Lien entre microstructure et résistance à la compression de matériaux de construction allégés

JA0073
lundi
17h50
rotonde

Devillard Julie^{1,2} ; Marull Roxane¹ ; Brajer Xavier¹ ; Adrien Jérôme² ; Meille Sylvain² ; Maire Eric²

¹Saint-Gobain Recherche, Aubervilliers, France ; ²b Laboratoire MATEIS, UMR CNRS 5510, INSA de Lyon, Villeurbanne, France

Le comportement mécanique du gypse moussé constituant le cœur des plaques de plâtre allégées est étudié grâce à des tests d'indentation sphérique in situ. Le suivi de la cinématique de l'essai est effectué par corrélation d'images volumiques (CVI). Cela permet de déterminer une loi de comportement par simulation éléments finis sur chaque structure obtenue par tomographie rayons X.

Enseignement des alliages métalliques orienté compétences

JA0074
mardi
9h40
BU

Delaunois Fabienne¹ ; Vitry Véronique¹

¹UMONS, Mons, Belgium

En vue de susciter l'intérêt des étudiants pour la métallurgie, l'enseignement des alliages métalliques nécessite actuellement une pédagogie adaptée, non plus axée vers les connaissances strictes des phénomènes, mais tournée sur leur compréhension au moyen d'exemples concrets. Dans ce but, le cours dispensé à la Polytech de l'UMONS aux étudiants Ingénieurs Civils de Première Master en Chimie-Science des Matériaux mise sur une approche « applications » de l'usage des matériaux métalliques lors des séances de cours pour une moitié du temps, en répondant à des questions concrètes : avec quel(s) matériau(x) métallique(s) peut-on réaliser la carcasse d'une voiture, un pont suspendu, un bloc moteur, une casserole, un stent, ... L'autre moitié du temps est consacrée à l'analyse par les étudiants (seuls ou par groupes de 2) d'expertises industrielles issues de cas réels traités préalablement par le service de Métallurgie et proposées aux étudiants sous la forme de projet avec comme livrable un rapport d'expertise accessible à la compréhension par un client industriel non-métallurgiste. L'examen final a lieu à cours ouvert

avec préparation préalable au moyen d'un article scientifique en anglais traitant d'un sujet proche de la matière enseignée. L'objectif de la présentation sera de présenter ces approches et d'échanger avec l'audience sur leur impact sur l'enseignement.

Propriétés mécaniques d'un matériau monofilamentaire enchevêtré : de la microstructure réelle vers les éléments discrets.

Perez Michel¹ ; Courtois Loïc¹ ; Maire Eric¹

¹Univ. Lyon - INSA Lyon - MATEIS - UMR CNRS 5512, Villeurbanne, France

JA0077
lundi
10h40
BU

Manually produced monofilament entanglements materials were characterised with 3D in-situ tomography and their mechanical properties were measured in compression. Depending on their density, stiffness ranging from 20 to 200 MPa were obtained. Dynamical Mechanical Analysis revealed a surprisingly high loss factor of about 0.25. The compressive mechanical behaviour of the material was measured and successfully compared with an analytical "beam" model as well as a Discrete Element Method based on real microstructure.

X-Ray tomography based finite element and experimental analysis of thermal properties of highly porous metal foams

Amani Yasin¹ ; Chantrenne Patrice¹ ; Maire Eric¹ ; Takahashi Atsushi² ; Maruyama Shigenao³

¹INSA de Lyon, MATEIS CNRS UMR5510, Université de Lyon, Villeurbanne, Rhône-Alpes, France ; ²Graduate School of Engineering, Tohoku University, Sendai, Miyagi, Japan ; ³Institute of Fluid Science, Tohoku University, Sendai, Miyagi, Japan

JA0078
lundi
1h40
BU

X-ray tomography is used to produce three-dimensional images of an aluminium alloy foam having high porosity (>93%). These data allow describing the foam structure from which a finite element model is derived in order to predict the thermal conductivity of the foam. The results are compared to experimental values measured using a new guarded hot plate apparatus adapted for the range of thermal conductivity values of interest. Good agreement was observed between the two approaches that validate the finite element model to evaluate the thermal properties of any porous metallic foam with stochastic cell size and configuration.

Comportement mécanique d'aérogel de silice nanostructurés : élasticité, plasticité et fracture

Goncalves William^{1,2} ; Morthomas Julien^{1,2} ; Chantrenne Patrice^{1,2} ; Perez Michel^{1,2} ; Foray Geneviève^{1,2} ; Martin Christophe L.^{3,4}

¹INSA-Lyon, Villeurbanne, France ; ²MATEIS, Villeurbanne, France ; ³Université Grenoble Alpes, Grenoble, France ; ⁴SIMAP, Grenoble, France

JA0079
mercredi
9h20
BU

Fretting fatigue map by thermographic analysis of microplastic localization

JA0080
lundi
14h40
René Char

Berthel Bruno¹ ; Moustafa Abdel-rahman¹ ; Fouvry Siegfried⁰

¹Ecole Centrale de Lyon, LTDS UMR5513, Ecully, France

This paper presents results of an infrared image processing procedure that was developed to study calorific effects accompanying fretting loading under partial slip conditions. This method enables to separately estimate patterns of thermoelastic and dissipative sources. Dissipative sources was then used to analyse the fretting kinetic and to detect the earlier micro-plasticity.

Composites architecturés élaborés par couplage entre fabrication additive (EBM) et frittage rapide (SPS)

JA0081
mercredi
10h20
BU

Heraud Lorene¹ ; Martin Guilhem¹ ; Fabrègue Damien²

¹Université Grenoble Alpes, SIMAP, Grenoble, France ; ²MATEIS, INSA-Lyon, CNRS UMR5510, Lyon, France

Des composites architecturés en 3D ont été élaborés en combinant une technique de fabrication additive par faisceau d'électrons sur lit de poudre (EBM) et une technique de frittage rapide (SPS). Ces composites et leurs interfaces ont ensuite été caractérisés en 2D et en 3D par microscopie optique et électronique et tomographie aux rayons X.

Développement et application d'un nanoindenteur *in situ* MEB fonctionnalisé pour des mesures électriques

JA0082
lundi
12h20
rotonde

Comby Solène¹ ; Volpi Fabien¹ ; Verdier Marc¹

¹Université Grenoble Alpes / CNRS / SIMaP, Grenoble, France

Un nanoindenteur *in situ* MEB fonctionnalisé pour des mesures électriques fines (typiquement du pA-mA) a été développé au SIMaP. Les objectifs sont d'une part, d'enrichir les équations de la mécanique pour le suivi de l'aire de contact ; et d'autre part de caractériser le transport électronique en présence de couches d'oxydes nanométriques. Différents matériaux modèles sont étudiés, du métal noble (Au), à des métaux présentant des couches d'oxyde nanométriques de type ionique (Al) ou mixte (Cu). Nous montrons que le choix de la pointe d'indentation est crucial. Alors que le suivi électrique de l'aire de contact mécanique est a priori possible avec la pointe de diamant dopé au bore (BDD), l'indentation avec une pointe de carbure métallique (WC) suggère que le contact métal/pointe est le lieu d'importants phénomènes électrochimiques, qui perturbent le suivi électrique de l'aire de contact mécanique.

Spécificités du comportement mécanique en flexion des renforts de composites à fibres continues

Boisse Philippe¹

¹INSA, Lyon, France

JA0083
mardi
11h30
René Char

Les renforts 3D à fibres continues sont utilisés pour réaliser des préformes dans le procédé RTM (Resin Transfer Molding). Ces renforts fibreux peuvent être épais (jusqu'à quelques cm) et nécessitent des éléments finis 3D et des modèles de comportement 3D. Celui-ci est spécifique : l'absence de matrice pendant la phase de préformage permet un glissement relatif entre les fibres. Ceci a une influence importante sur le comportement mécanique, sa modélisation et les différentes rigidités. Il sera montré que les modèles 3D des comportements mécaniques construits dans le cadre de l'hypothèse de Cauchy ne peuvent pas décrire correctement certains aspects de la déformation des renforts 3D fibreux. En particulier l'absence de prise en compte de la rigidité de flexion des fibres dans les modèles conduit à des différences par rapports aux résultats expérimentaux. Ceci est mis en évidence pour une flexion trois points réalisés sur des renforts interlocks de forte épaisseur. Pour pallier ces difficultés, deux approches sont présentées. Tout d'abord un modèle de comportement 3D de second gradient est proposé. Dans la seconde approche une courbure locale est déterminée à partir de la position des éléments voisins.

Effet des particules renforts sur la réponse tribologique de revêtements base Cu déposés par projection à froid

Zhang Yinyin¹ ; Chromik Richard¹ ; Descartes Sylvie²

¹McGill University, Montréal, QC, Canada ; ²INSA de Lyon, LaMCoS, Villeurbanne, France

JA0084
lundi
15h
René Char

Le travail présente l'étude du comportement en fretting de deux revêtements composites à matrice métallique cuivre déposés par projection à froid (Cu-MoS₂ et Cu-MoS₂-CW). Les essais réalisés à une charge de 150N, en glissement total, sont interprétés à partir des concepts tribologiques de troisième corps. La présence de particules CW permet de localiser la déformation ayant pour conséquence une déformation plastique intense de la matrice métallique, tout en réduisant son endommagement par une pression hydrostatique locale suffisante, donc favorisant son écoulement. Cette situation permet de générer une microstructure extrêmement raffinée sur une épaisseur de l'ordre d'une dizaine de micromètres. La microstructure extrêmement raffinée des TTS assure un débit source de troisième corps minimum. En régime stabilisé, la stabilité du coefficient de frottement, dans les conditions de fretting testées, dépend principalement de l'activation ou non du débit interne de troisième corps.

Effect of Microstructure Features on DLC Delamination and Blistering

JA0085
lundi
15h20
René Char

Choleridis Antonios¹ ; Sao Joao Sergio¹ ; Barnier Vincent¹ ; Donnet Christophe² ; Heau Christophe³ ; Leroy Marie Alix³ ; Fontaine Julien⁴ ; Descartes Sylvie⁵ ; Klocker Helmut¹

¹Laboratoire Georges Friedel, UMR 5307, Ecole Nationale Supérieure des Mines de St-Etienne, SAINT ETIENNE, France ; ²Laboratoire Hubert Curien, UMR 5516, Université Jean Monnet, SAINT ETIENNE, France ; ³Institut de Recherche en Ingénierie des Surfaces, Groupe HEF, Andrézieux-Bouthéon, France ; ⁴Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes, UMR 5513, Ecole Centrale de Lyon, ECULLY, France ; ⁵Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Structures, UMR 5259, INSA Lyon, VILLEURBANNE, France

Evaluation des contraintes résiduelles par usinage FIB contrôlé : Application aux dépôts DLC/Acier

JA0086
mercredi
14h10
BU

Benmohammed Jihane¹ ; Sao Joao Sergio¹ ; Heau Christophe² ; Donnet Christophe³ ; Kermouche Guillaume¹ ; Klocker Helmut¹

¹Laboratoire Georges Friedel, UMR 5307, Ecole Nationale Supérieure des Mines de St-Etienne, SAINT ETIENNE, France ; ²Institut de Recherche en Ingénierie des Surfaces, HEF Groupe, ADREZIEUX-BOUTTHEON, France ; ³Laboratoire Hubert Curien, UMR 5516, Université Jean Monnet, SAINT ETIENNE, France

Dans ce travail, nous présentons une méthode de mesure de contraintes résiduelles à l'échelle locale. Cette méthode consiste à utiliser un faisceau d'ions focalisé pour construire une micro-poutre afin d'en observer le fléchissement par relaxation. La combinaison de l'observation au MEB et de simulations par éléments finis permet de remonter aux contraintes résiduelles en surface. Cette technique a notamment été testée pour le cas de dépôt DLC sur Acier.

Une approche cristallographique continue pour générer des structures lattices cubiques et pour étudier leurs propriétés élastiques

JA0087
mercredi
13h50
René Char

Favre Julien¹ ; Lohmuller Paul^{1,2} ; Piotrowski Boris¹ ; Kenzari Samuel² ; Laheurte Pascal¹

¹Laboratoire LEM3, Metz, France ; ²Institut Jean Lamour, Nancy, France

Cette étude explore les possibilités offertes par la transposition des règles de cristallographie dans le cas des matériaux architecturés lattices. L'application des règles de symétrie propres à un système cristallin constitue une méthode simple et robuste pour générer et configurer des architectures poreuses avec seulement deux paramètres. Le module spécifique des matériaux architecturés obtenus a été déterminé par simulation par éléments finis. Des architectures permettant un module spécifique élevé ont été mises en évidence, et constituent une piste intéressante pour permettre un allègement de structure optimal. L'étude fournit une grande quantité de données sur les propriétés élastiques des structures lattices, et propose de nouvelles alternatives aux matériaux massifs pour la conception mécanique.

Durabilité tribologique en fretting de revêtements de DLC déposés sur Ti-6Al-4V

Ding Haohao¹ ; Fridrici Vincent¹ ; Kapsa Philippe¹ ; Geringer Jean²

¹Ecole Centrale de Lyon - LTDS, Ecully, France ; ²Mines de St-Etienne, Saint-Etienne, France

JA0088
lundi
15h40
René Char

L'utilisation de revêtements DLC peut se révéler intéressante pour limiter le frottement et l'endommagement tribologique d'un contact entre deux pièces en alliages de titane dans les cols modulaires de prothèses totales de hanches. Les présents travaux étudient l'effet de la nature du DLC et de la topographie de surface sur les propriétés tribologiques en fretting d'une interface Ti-6Al-4V / Ti-6Al-4V, pour différentes valeurs de force normale et d'amplitude de débattement. Des cartes de réponse du revêtement sont définies et le mécanisme d'usure du DLC est analysé.

Texturation de surface par procédé de moletage pour optimiser la tenue mécanique des assemblages collés.

Divin Synthia^{2,5} ; Decrozant Justine^{3,4} ; Chalandon Pierre⁴ ; Kermouche Guillaume⁶ ; Valette Stéphane^{2,5} ; Valiorgue Frédéric^{3,5}

¹Université de Lyon, LYON, France ; ²Ecole Centrale de Lyon, LYON, France ; ³Ecole Nationale d'ingénieurs de Saint-Etienne, Saint-Etienne, France ; ⁴CETIM, Saint-Etienne, France ; ⁵LTDS, Saint-Etienne, France ; ⁶Ecole des Mines, Saint-Etienne, France ; ⁷Laboratoire LFG, Saint-Etienne, France

JA0089
mercredi
12h30
BU

Premièrement la texturation par voie mécanique sur des échantillons de type Alu1050 est mise en évidence. Le procédé de moletage et plus particulièrement la molette utilisée et le contrôle des niveaux de forces à appliquer pour les textures voulues sont explicités. Enfin l'application de ces textures au mouillage est présentée.

Electron Channelling Contrast Imaging : influence of diffraction conditions on dislocation contrast

Kriaa Hana¹ ; Guitton Antoine¹ ; Maloufi Nabila¹

¹Laboratoire d'Étude des Microstructures et de Mécanique des Matériaux (LEM3) – UMR CNRS 7239, University of Lorraine, METZ, France

JA0090
mercredi
9h20
ronde

Electron Channeling Contrast Imaging (ECCI) is a non-destructive diffraction-based SEM technique that allows direct observations and comprehensive characterization of crystalline defects in the near-surface region (≈ 150 nm) of bulk materials. This technique takes advantage from the strong dependence between the backscattered electrons yield and the crystal orientation relative to the incident electron beam. Dislocations for example can be characterized by ECCI using the well-known transmission electron microscopy $g \cdot b = 0$ and $g \cdot b \times u = 0$ extinction criteria where g is the diffraction vector and b the Burgers vector. In this study, fundamental and experimental aspects of electron diffraction for characterizing dislocation by ECCI in SEM are reported. The method is explored on several dislocation configurations in an Interstitial-Free steel sample. Moreover, a detailed characterization of a dislocation dipole by ECCI is presented.

Maximisation à taux de fibres global constant de la perméabilité de renforts fibreux à porosité bidisperse

JA0091
lundi
15h20
BU

Syerko Elena¹ ; Binetruy Christophe¹ ; Leygue Adrien¹ ; Comas-cardona Sébastien¹

¹Ecole Centrale de Nantes, GeM, UMR CNRS 6183, Nantes, France

Ce travail présente une étude portant sur la structuration de l'espace poral de renforts fibreux à porosité bidisperse pour maximiser la perméabilité à taux de fibre global constant. Le maintien du taux de fibre constant est la traduction de la contrainte de maintien des propriétés mécaniques du composite. Ce travail a nécessité l'adaptation d'un outil numérique permettant l'étude paramétrique des écoulements 3D. Les principales fonctionnalités de cet outil sont également présentées.

Coloration et contrôle d'apparence de supports transparents par texturation laser de films minces nanocomposites à base de nanoparticules métalliques

JA0093
lundi
10h40
René Char

Destouches Nathalie¹ ; Vangheluwe Marie¹ ; Sharma Nipun¹ ; Liu Zeming¹ ; Lefkir Yaya¹ ; Vocanson Francis¹ ; Hébert Mathieu¹

¹Univ Lyon, UJM Saint-Etienne, Saint-Etienne, France

Cet article présente une technique de nanostructuration par laser de couches nanocomposites qui permet de créer des surfaces dont la perception colorée peut être contrôlée dans différentes conditions d'illumination et d'observation pour produire des images au contenu augmenté. Il montre différents types de nanostructures qui donnent lieu à ces propriétés optiques singulières et explique les mécanismes d'interaction laser-matière qui en sont à l'origine en distinguant le cas de lasers continus et celui de lasers ultra brefs.

Caractérisation microstructurale de l'acier inoxydable 17-4PH obtenu par fabrication additive SLM

JA0094
mercredi
11h50
rotonde

Alnajjar Michella¹ ; Christien Frédéric¹ ; Bosch Cédric¹ ; Wolski Krzysztof¹

¹Mines Saint Etienne IMT, Centre SMS / LGF UMR CNRS 5307, Université de Lyon, Saint-Etienne, France

La microstructure de l'acier inoxydable 17-4PH issue de la fusion laser sélective de lit de poudres métalliques (Selective Laser Melting, SLM), une des techniques de fabrication additive, a été étudiée. La caractérisation a été menée par microscopie optique et diffraction d'électrons rétrodiffusés (EBSD) sur des pièces brutes de fabrication. Les résultats montrent une structure ferritique contrairement à la martensite normalement observée dans le matériau conventionnel. De plus, la microstructure est colonnaire, orienté dans la direction de construction. On observe une croissance épitaxiale des grains d'une passe laser à l'autre. Ces résultats sont une conséquence directe des vitesses de chauffage et de refroidissement très élevées, et des gradients thermiques très importantes atteints dans le procédé SLM.

Le Cercle d'Etude des Métaux : 80 ans au service de la Métallurgie en Rhône Alpes.

Dhers Jean¹ ; Leveque Robert¹ ; Saleil Jean¹ ; Blondeau Régis¹

¹CEM, Saint Etienne, France

JA0095
mardi
11h30
BU

Le CEM, qui a fêté en 2016 ses 80 ans d'existence, est une association dont le siège est à l'Ecole des Mines de Saint Etienne. Ses activités sont réparties dans trois secteurs, l'organisation de colloques scientifiques et de journées techniques, l'assistance aux entreprises des secteurs mécaniques et métallurgie et la formation dans le domaine métallurgique. Cette activité de formation professionnelle est enregistrée auprès du Préfet de la Région Auvergne-Rhône-Alpes. Elle se fait en entreprise ou en liaison avec d'autres organismes agréés, dans les domaines suivants : Les matériaux métalliques (définitions, classifications, normes) ; Les propriétés de mise en œuvre (élaboration et coulée, transformation à chaud et à froid, traitement thermique et de surface) ; Les propriétés d'emploi (caractéristiques mécaniques, tenue à la fatigue et au fluage, tenue à la corrosion et à l'oxydation, fragilisation par H₂, contrôle et qualité), en association avec les structures métallurgiques.

Élasticité et symétrie des matériaux lattice triangulaires

François Marc¹ ; Chen Letian^{1,2} ; Coret Michel²

¹Université de Nantes, Nantes, France ; ²École Centrale de Nantes, Nantes, France

JA0096
mercredi
14h10
René Char

Le tenseur d'élasticité 2D d'un matériau microstructuré à motif triangulaire est donné en fonction des caractéristiques géométriques et mécaniques des mailles. Leur groupe de symétrie est précisé. On distingue les treillis de tension (barre), de flexion, et la combinaison des deux (poutres). Les cas auxétiques et le cas d'élasticité isotrope mais fracture anisotrope sont montrés.

Imagerie 3D aux rayons X couplée à la simulation par éléments finis en plasticité cristalline pour l'analyse de l'endommagement ductile

Dancette Sylvain¹ ; Maire Eric¹ ; Le Bourlot Christophe¹ ; Ludwig Wolfgang¹

¹MATEIS, INSA Lyon, Villeurbanne, France

JA0097
mardi
8h20
rotonde

Ce travail présente une étude couplée expérimentale et numérique de l'endommagement ductile en traction dans un alliage d'aluminium. La tomographie en contraste de diffraction (DCT) a permis d'imager le polycristal dans son état initial et dans les premiers instants de la déformation plastique, in situ. La tomographie en contraste de phase a permis de suivre l'amorçage, la croissance et la coalescence des cavités. La technique de tracking utilisée permet de suivre individuellement les cavités et d'analyser leur croissance dans leur environnement microstructural local. Enfin, la simulation numérique par éléments finis en plasticité cristalline, basée sur les volumes expérimentaux, permet d'éclaircir la cause des hétérogénéités de contrainte et de déformation locales, pilotant la croissance hétérogène des cavités.

De la microstructure d'une mousse au modèle de propriétés mécaniques macroscopiques

JA0098
lundi
12h
BU

Michaud Paul-marie¹ ; Baillis Dominique²

¹EC2-Modélisation, Villeurbanne, France ; ²LaMCos Insa-Lyon, Villeurbanne, France

L'allègement des structures et les économies de matière conduisent à chercher des matériaux aux propriétés (mécaniques, thermiques, acoustiques, etc.) optimisées. Une approche de modélisation multi-échelle est proposée pour prédire le comportement mécanique de mousses polymère. Un modèle macroscopique élasto-plastique avec une dépendance à la température est proposé. La méthodologie peut être étendue à d'autres types de mousse, elle présente un fort potentiel pour le développement et l'optimisation de nouveaux matériaux.

Modélisation semi-analytique du frottement sec à grandes vitesses de glissement

JA0099
lundi
14h
René Char

Coulibaly Mamadou¹ ; Chassaing Guillaume²

¹Laboratoire de mécanique, Biomécanique, Polymère, Structures, Metz, Grand Est, France ;

²Institut de Soudure, Yutz, Grand Est, France

Dans l'équipe thermomécanique du contact rapide (TCM) du Laboratoire de mécanique Biomécanique, Polymère, Structures (LaBPS) de Metz, un véritable projet de travaux de modélisation a été entrepris parallèlement à la recherche expérimentale, afin de compléter et d'approfondir ses études scientifiques en tribologie. Ainsi, dès le début de l'année 2014, un modèle analytique du frottement sec a été mis en œuvre et ses résultats ont laissé entrevoir un avenir prometteur dans cette nouvelle activité. En 2015, une application semi-analytique du modèle au contact Ti6Al4V-Ti6Al4V du pied d'aube des rotors de turboréacteur d'avion est réalisée et confirme la fiabilité et la bonne tenue prédictive du modèle élaboré. Actuellement, le travail de modélisation se poursuit notamment par le biais d'une thèse, en collaboration avec l'Institut Jean Lamour de Nancy, dont l'objectif est d'approfondir notre compréhension sur les phénomènes d'interactions thermomécaniques des aspérités de contact et de leur effet sur le frottement sec d'un couple d'alliages d'acier léger.

Effect of Phosphating Process on Hydrogen Permeation in High Strength Steels

Mallick Dwaipayan¹ ; Raja V.s.² ; Mary Nicolas¹ ; Normand Bernard¹

¹INSA Lyon, Villeurbanne, Rhone-Alps, France ; ²Indian Institute of Technology, Bombay, Mumbai, Maharashtra, India

JA0101
lundi
11h
René Char

Surface treatments are applied on Body In White (BIW) components of automobiles in order to provide corrosion and wear resistance. Phosphating is an important step in the coating process where inorganic phosphates are precipitated on the substrate surface in order to enhance corrosion resistance and surface adhesion of subsequent coating layers. Since, the phosphating process is carried out under acidic media, the exposure of the substrate to hydrogen and subsequent Hydrogen Embrittlement (HE) remains a challenge. Though, phosphating is an important step in the automobile coating process and the effects of HE is well documented, there is little literature available with the effect of phosphating process on hydrogen entry into the substrate. This study aims to investigate the effect of phosphating process in high strength steels (HSS) in terms of hydrogen entry. Hydrogen permeation is carried out in DP1000 and DP800 steels, with and without galvanized layer, using modified Devanathan-Stachurski(DS) cell to investigate the contribution of phosphating process on hydrogen absorption in metal substrate. It was observed that when phosphate coatings were applied on bare substrate, the permeation current remained the same or marginally increased. However, when phosphate coating was applied on galvanized substrate, there was a sharp decrease in the permeation current. This is attributed to the different oxidation state of Zn present in galvanized and phosphate layer.

Biocompatible silica based magnesium composites

Bhat Panemangalore Devadas¹ ; Tingaud David² ; Touzin Matthieu¹ ; Gang Ji¹ ; Shabadi Rajashekhara¹

¹Univ. Lille - UMR CNRS 8207 - UMET, F-59000, Lille, Nord, France ; ²Univ. Paris 13 - IUT- St. Denis, Villetaneuse, France

JA0102
lundi
17h50
BU

High strength and inoxidable materials like titanium, Ti-6Al-4V and SS316L have been extensively used for bone fixation and as implants in orthopedic applications . However, a major disadvantage of these materials is their high elastic moduli which leads to stress-shielding problem. Therefore, development of next generation implant materials paved way for the quest of new materials that resembles the mechanical properties of the bones. In the past decade, research on biodegradable metals like magnesium and its alloys, composites are breaking the current paradigm in biomaterial science in successfully mitigating stress-shielding effects. Researchers are concerned about the degradability and poor oxidation behavior of Mg. To improve their oxidation behavior and to make it bio-compatible with controlled degradability, present research explores the possibilities of precipitating uniformly distributed Mg_2Si using nano-silica (SiO_2) based Mg composites. Nano silica was chosen because it is biocompatible and it shows no signs of toxicity in the human body fluids in moderate dosages. Further, corrosion

resistance of Mg_2Si is better than that of stainless steels as reported by Kondoh et.al. In the present work, it is expected that Mg dissociates SiO_2 into Mg_2Si and MgO at the sintering temperatures there by forming an in-situ composite. Here we summarize, our observations of this effort on the mechanical and general corrosion behavior properties targeting biomedical applications.

Critical LME Elongation : Un essai Gleeble pour évaluer la sensibilité au LME d'un acier revêtu soudé par points.

JA0104
lundi
16h30
René Char

Yacine Benlatreche ; Kaczynski Christine ; Dupuy Thomas ; Perlade Astrid

ArcelorMittal Research Maizières-lès-Metz, Maizières-lès-Metz, France

Le LME (Liquid Metal Embrittlement) peut apparaître sur certains aciers multiphasés à haute résistance revêtu de zinc après soudage par point. Afin d'étudier ce type de fissuration, un essai de traction à haute température effectué sur l'outil thermomécanique Gleeble a été mis au point. Le Critical LME Elongation correspondant au minimum de la dérivée de la contrainte a été trouvé comme étant la mesure la plus significative pour décrire le phénomène LME. Cette méthodologie appliquée au TRIP 800 a mis en évidence une sensibilité au LME entre 750°C et 900°C. Cette méthodologie a été corrélée avec le nombre et la profondeur des fissures mesurés sur points soudés.

Etude *in situ* des propriétés mécaniques de films métalliques minces PVD déposés sur substrat PET pour applications biomédicales

JA0108
mardi
11h30
rotonde

Etiemble Aurélien^{1,3} ; Nkou Bouala Galy Ingrid¹ ; Lopes Claudia⁴ ; Langlois Cyril¹ ; Rethoré Julien² ; Pierson Jean-François³ ; Vaz Filipe⁴ ; Steyer Philippe¹

¹INSA Lyon, Labo MATEIS, Villeurbanne, France ; ²INSA Lyon, Labo LaMCoS, Villeurbanne, France ; ³Univ. Lorraine, IJL, Nancy, France ; ⁴Univ. Minho, Centro de Fisica, Braga, Portugal

Cette étude traite de films minces métalliques Ti-Ag(0-55 at.%) déposés par pulvérisation cathodique magnétron sur substrat PET. Ces films sont développés comme capteurs de pression pour prothèses. A ce titre, ils se doivent d'être déformables et conducteurs électriques. L'étude consiste à déterminer le comportement à la fissuration des revêtements. Une approche originale par traction *in situ* sous MEB est proposée. Un lien fort entre métallurgie de la couche et sa capacité de déformation est démontré. Une influence favorable des composés intermétalliques est identifiée, révélée également pour ce qui concerne les propriétés électriques.

Modélisation des effets capillaires locaux dans la simulation macroscopique du procédé d'infusion de résine liquide des matériaux composites structuraux

Andriamananjara Koloïna¹ ; Bruchon Julien¹ ; Moulin Nicolas¹ ; Drapier Sylvain¹

¹Univ. Lyon, IMT Saint-Etienne, Centre SMS, CNRS, LGF, F-42023 Saint-Etienne, France

JA0109
lundi
15h40
BU

On propose dans cette étude de prendre en compte les effets capillaires locaux dans la simulation macroscopique du procédé d'infusion de résine liquide des matériaux composites structuraux destinés à l'industrie aéronautique. La préforme étant un milieu très peu perméable, elle est sujette aux effets capillaires. Ces derniers vont être représentés à l'échelle macroscopique par une pression capillaire appliquée à l'interface du front de fluide, qui est intégrée aux équations de Darcy résolues par une méthode éléments-finis. Cette stratégie va générer une discontinuité du champ de pression au niveau de cette interface et constitue ainsi une difficulté numérique. Des techniques mathématiques vont être utilisées afin d'obtenir un outil numérique fiable rendant compte de la physique.

Fonctionnalisation et durabilité de composites hybrides bio-sourcés élaborés par procédés directs

Gibaud Marianne¹ ; Liotier Pierre-jacques¹ ; Drapier Sylvain¹

¹Univ Lyon, IMT Mines Saint-Etienne, Centre SMS, CNRS, LGF, Saint-Etienne, France

JA0110
lundi
14h40
BU

L'hydrophilie des fibres de lin est un enjeu pour l'élaboration et la durabilité des matériaux composites. Dans cette étude, un modèle numérique est utilisé pour prédire l'apparition des contraintes hygroscopiques résiduelles en condition de service du matériau. L'impact de la fonctionnalisation et de l'hybridation des composites sur leur élaboration par infusion ainsi que leur durabilité est également étudié.

Structure and approach of the mechanical strength and deformation of nanoporous silver prepared by de-alloying.

Barsuk Daria¹ ; Moreira Jorge Junior Alberto^{1,2} ; Laurent Brocq Mathilde³ ;
Champion Yannick¹

¹Univ. Grenoble Alpes, CNRS, SIMaP, Grenoble, France ; ²Universidade Federal de Sao Carlos, DEMa, Sao Carlos, Brazil ; ³ICMPE-CNRC, Thiais, France

JA0112
lundi
12h20
BU

Nanoporous (NP) Ag was produced by dealloying technique. The NP material was characterized using FIB sectioning and computing 3D image reconstruction. The procedure allows analyzing local curvature of internal surfaces that we would intend to correlate to catalytic properties. Mechanical properties were then approached using nanoindentation. A depth-hardness dependence was analyzed and an analytical modelling was proposed to explain the observed trends. The results show that structural properties in terms of local ligament arrangement, local density and their variation with deformation can be approached and quantified.

Formations techniques et professionnalisantes aux matériaux composites

JA0113
mardi
11h50
BU

Martin Véronique¹

¹IPC, centre technique de la Plasturgie et des composites, LE BOURGET DU LAC, France

IPC est le Centre Technique Industriel de la Plasturgie et des Composites. Son expertise est liée à l'innovation plastique et composite en France et son objectif est d'améliorer la compétitivité de l'industrie nationale par l'innovation, la mise à disposition de moyens technologiques et le transfert des compétences aux industriels. IPC forme précisément aux métiers liés aux matériaux composites (formation matières, procédés de transformation et process transverses) et mise sur la professionnalisation et la proximité avec les besoins des industriels. En tant qu'organisme de formation privé, IPC dispense des formations par apprentissage de niveau II et V, et également des formations continues accessibles avec ou sans prérequis.

Quantification des ségrégations intergranulaires dans les métaux par spectrométrie de rayons X à dispersion de longueur d'onde

JA0114
lundi
18h10
rotonde

Christien Frédéric¹

¹Mines Saint-Etienne IMT, Saint-Etienne, France

La ségrégation désigne, de manière générale, des écarts locaux à la concentration nominale d'un soluté dans un solvant. On appelle ségrégation « intergranulaire » (Fig. 1) le regroupement d'atomes de solutés sur les joints de grains d'un matériau, généralement sous la forme d'une fraction de monocouche. Ce phénomène est à l'origine de formes d'endommagement bien connues dans les matériaux métalliques (Fig. 2) : augmentation de la température de transition ductile-fragile des aciers, perte de ductilité à chaud des alliages de nickel...

Etude de superalliages à base de Nickel contenant du Rhénium pour aubes monocristallines de turbine haute pression

JA0115
mardi
11h50
rotonde

Huleux Vincent^{1,2} ; Nazé Loïc² ; Esin Vladimir² ; Jaquet Virginie¹ ; Köster Alain² ; Rame Jérémy¹ ; Maurel Vincent²

¹Safran Tech, Magny-les-Hameaux, France ; ²MINES ParisTech, PSL Research University, Centre des Matériaux (CNRS UMR 7633), Evry, France

Différents superalliages monocristallins à base Ni à teneur en Re variée, sont étudiés et comparés à diverses échelles après des essais de fluage à rupture ou interrompus. Le but est de comprendre le rôle du Re sur les propriétés mécaniques sur une large gamme de températures (de 760 à 1150 °C). Les analyses sont axées sur les différentes évolutions microstructurales et les mécanismes de déformation mis en jeu au cours des essais.

Micromechanical simulations and analyses based on synchrotron 3D imaging for nodular cast iron tested under different stress states

Morgeneyer Thilo¹ ; Buljac Ante^{1,2} ; Shakoor Modesar³ ; Bernacki Marc³ ; Bouchard Pierre-olivier³ ; Neggers Jan² ; Helfen Lukas^{4,5} ; Hild Francois²

¹Mines ParisTech, Centre des Matériaux, Evry, France ; ²LMT, ENS Paris-Saclay, Cachan, France ; ³Mines ParisTech, CEMEF, Sophia-Antipolis, France ; ⁴KIT, IPS, Karlsruhe, Germany ; ⁵ESRF, Grenoble, France

JA0116
mercredi
14h30
rotonde

A combined computational–experimental framework is introduced herein to validate numerical simulations at the microscopic scale. It is exemplified for a flat specimen with central hole made of cast iron and imaged via in-situ synchrotron laminography at micrometer resolution during a tensile test. The region of interest in the reconstructed volume, which is close to the central hole, is analyzed by digital volume correlation (DVC) to measure kinematic fields. Finite element (FE) simulations, which account for the studied material microstructure, are driven by Dirichlet boundary conditions extracted from DVC measurements. Gray level residuals for DVC measurements and FE simulations are assessed for validation purposes. The influence of the used boundary conditions, from FE simulations or from DVC measurements, on the predicted void growth is assessed for a case with two small machined holes in the flat sample that localize strains in the ligament between them.

Mouillage dynamique de gouttes posées sur des substrats texturés

Contraires Elise¹ ; Guibert Matthieu¹ ; Valette Stéphane¹ ; Le Bot Alain¹ ; Benayoun Stéphane¹

¹Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes, Ecully, France

JA0117
mercredi
11h50
BU

Cette étude porte sur le contrôle du déplacement de gouttes sur des substrats texturés soumis à des vibrations mécaniques. Le mouvement de la goutte (balancier ou glissement) dépend de l'accélération fournie lors de chaque cycle d'oscillation, et le rôle de la texturation de surface sur cette transition est développé. Dans un second temps, les modes et fréquences propres de la goutte sont étudiés et comparés en fonction de la nature du contact goutte/substrat.

Une approche semi-topologique pour la modélisation en champs moyens des recristallisations dynamique et métadynamique

JA0120
mercredi
10h20
René Char

Piot David^{1,2} ; Smaghe Guillaume^{1,2} ; Montheillet Frank^{1,2} ; Kermouche Guillaume^{1,2} ; Bernacki Marc³ ; Montouchet Aurore⁴ ; Perrin Gilles⁴

¹Univ Lyon, IMT Mines Saint-Étienne, Lyon, Paris, Saint-Étienne, France ; ²Laboratoire Georges Friedel, UMR CNRS 5307, Saint-Étienne, France ; ³Mines ParisTech, CEMEF, UMR CNRS 7635, Sophia-Antipolis, France ; ⁴Areva NP, Paris, Le Creusot, France

La présente communication présente une partie de la thèse de Smaghe (2017). Elle se concentre sur le développement d'une approche originale semi-topologique pour la modélisation en champs moyens des recristallisations dynamique et métadynamique. Cette démarche générique, qui permet d'utiliser des modèles en champs moyens, chaînés entre eux dans les cas multipasses, pour une prévision précise des distributions de la taille des grains, est illustrée dans le cas particulier du forgeage libre de l'acier inoxydable austénitique AISI 304L pour de grosses pièces de chaudronnerie nucléaire.

Recristallisation métadynamique du Ti17 après forgeage β

JA0122
mercredi
11h30
René Char

Piot David^{1,2} ; Montheillet Frank^{1,2} ; Kabishi Terry^{1,3} ; Derrien Marion⁴ ; Schwartz Julien⁴ ; Millet Yvon⁵

¹Univ Lyon, IMT Mines Saint-Étienne, Lyon, Paris, Saint-Étienne, France ; ²Laboratoire Georges Friedel, UMR CNRS 5307, Saint-Étienne, France ; ³ISITV, Toulon, France ; ⁴Safran Aircraft Engines, Gennevilliers, France ; ⁵TIMET Savoie, Ugine, France

La présente étude a fait l'objet du stage de master de Terry Kabishi et s'inscrit dans un vaste programme de Safran et TIMET portant sur l'optimisation des gammes de transformation des alliages de titane, notamment les évolutions microstructurales lors des refroidissements après déformation à chaud qui sont ici appelées par commodité « recristallisation métadynamique ». La modélisation passe par l'intermédiaire de recuits isothermes obtenus par maintien à la température de déformation après cette dernière.

Matériau architecturé cuivre-Invar-cuivre produit par colaminage - Evolution de la microstructure au cours de la fabrication

JA0123
mardi
11h10
René Char

Fekiri Hiba¹ ; Bienvenu Yves¹ ; Esin Vladimir¹ ; Maurel Vincent¹ ; Koster Alain¹ ; Guinet David² ; Pierre Bertrand²

¹Mines ParisTech, Centre des Matériaux, Evry Essonne, France ; ²TG GRISET, Villers Saint Paul, France

Associer trois couches, deux externes en métal bon conducteur (Cu peu allié) et une interne en métal à faible coefficient de dilatation (FeNi36 ou invar) permet un certain degré d'optimisation entre conductibilité, résistance mécanique et dilatation. Une amélioration substantielle est obtenue avec l'introduction d'une percolation entre les deux couches externes. Les applications envisagées sont principalement dans le domaine du

packaging électronique pour répondre aux besoins en termes de tenue en cyclage thermique. Ce document présente une manière de réaliser des architectures compatibles avec les exigences de l'application et aussi celles du recyclage. Des présentations aux JA 2013 et des publications ont été consacrées aux applications et au compromis de propriétés liées à une architecture tricouche 3D [1].

Microstructuration sur surface cylindrique à base de sol-gel TiO₂ fonctionnel par photolithographie colloïdale

Koussi Erieta Katerina¹ ; Berthod Loïc^{1,2} ; Shavdina Olga^{1,2} ; Bichotte Maxime¹ ; Vocanson Francis¹ ; Dellea Olivier² ; Veillas Colette¹ ; Reynaud Stéphanie¹ ; Verrier Isabelle¹ ; Jourlin Yves¹

¹Laboratory Hubert Curien, Saint Etienne, France ; ²Laboratory for Energy Conversion Components, Grenoble, France

JA0124
lundi
11h20
René Char

Les surfaces micro-structurées sub-longueur d'onde sont souvent utilisées comme structures d'antireflet et piégeage de lumière. Les principales applications optiques concernent l'énergie solaire et l'augmentation de l'efficacité de composants (cellules photovoltaïques et modules, systèmes à concentration d'énergie solaire ...). La géométrie de la grande majorité des substrats ou sont réalisées les microstructures optiques diffractives est planaire. La microstructuration de surfaces courbes est beaucoup moins développée en particulier sur des cylindres. Les auteurs démontrent ici un processus unique à faible coût pour imprimer directement des réseaux TiO₂ sur des surfaces à géométrie cylindrique sans étape de gravure, mettant en œuvre la lithographie par nanosphère (Lithographie colloïdale).

Compactage dans la mise en forme des polymères semi-cristallins : critère de non écoulement et cinétique de cristallisation

Vincent Michel¹ ; Boyer Séverine A.e.¹ ; Hondros Vassilis¹ ; Freire Lionel¹ ; Haudin Jean-marc¹ ; Royer Vincent² ; François Guillaume² ; Ville Laurence²

¹Mines ParisTech, CEMEF, UMR CNRS 7635, Sophia Antipolis, France ; ²Transvalor SA, Sophia Antipolis - Mougins, France

JA0125
mercredi
12h30
rotonde

Lors de la cristallisation de thermoplastiques se produit un retrait du matériau qui, pour le procédé d'injection moulage, peut être contré en imposant un écoulement compressible sous pression. Cet écoulement est actif tant que le polymère n'est pas cristallisé. On se doit donc de s'intéresser aux couplages cristallisation-pression-thermique. Cette approche permet de corrélérer le critère de non-écoulement à un critère de cristallisation. Cette identification est testée avec succès avec le logiciel Rem3D.

Microtexturation de pièces polymères par injection : une histoire d'interfaces

JA0126
mercredi
13h50
BU

Benayoun Stephane¹ ; Vera Julie¹ ; Contraires Elise¹ ; Larochette Mathieu^{1,2} ;
Trannoy-orban Nathalie³ ; Pignon Maxime³ ; Valette Stéphane¹ ; Brulez
Anne-catherine^{2,1}

¹Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes, UMR CNRS 5513, Ecully, France ;

²Laboratoire de Génie de la Fonctionnalisation des Matériaux Polymères, ITECH, Ecully, France ; ³Université de Reims Champagne-Ardenne, GRESPI/CATHERM, EA4694, Reims, France

La fonctionnalisation de surface des matériaux et notamment des polymères fait l'objet de recherches intenses dans de nombreux secteurs telles que l'industrie du biomédical ou du transport afin de conférer aux pièces des propriétés spécifiques comme l'antibuée, la réduction du frottement ou le dégivrage... Dans le cas d'une production en grande série de pièces polymères fonctionnalisées, il est préférable, pour des questions de coûts, de générer des textures, au moyen d'une technique de reproduction d'empreinte comme l'injection plastique. Toutefois les fonctions requises nécessitent parfois la reproduction de dimensions microniques voire submicroniques poussant à ses limites la maîtrise du procédé conventionnel, avec les caractéristiques de l'injection de micro-pièces, mais aussi des spécificités propres à la micro-texturation. L'objet de cette communication est de montrer le rôle, sur la qualité de réplication, de différents paramètres « presse », mais aussi la nature des polymères et des revêtements sur l'outillage.

Germination et croissance latérale dans les films minces de siliciures de Ni

JA0127
mercredi
9h
rotonde

El Kousseifi Mike¹ ; Hoummada Khalid¹ ; Panciera Federico¹ ; Epicier Thierry² ;
Mangelinck Dominique¹

¹IM2NP-CNRS-AMU, Marseille, France ; ²Univ Lyon, INSA de Lyon, MATEIS, UMR 5510, Villeurbanne, France

Les premières étapes de formation des siliciures par réaction entre un film de Ni(10%Pt) et un substrat Si(100) ont été étudiées par diffraction de rayons X (DRX) in situ, sonde atomique (SAT) et MET. Nous montrons que la composition de la couche interfaciale change la formation de la première phase qui est soit $\theta - Ni_2Si$ soit $\delta - Ni_2Si$ suivant que Pt se trouve ou pas à l'interface. Ceci peut s'expliquer en considérant la germination. Nous avons également caractérisé la croissance latérale de NiSi par SAT et MET. La forme des précipités résultante de la croissance latérale de NiSi est confrontée à plusieurs modèles.

Changer de siècle : former des ingénieurs aux problématiques globales du XXI^{ème} siècle

Mege-revil Alexandre¹ ; Tandjaoui Amina¹

¹Ecole Centrale de Lille, Villeneuve d'Ascq, France

JA0128
mardi
12h10
BU

Tous nos étudiants sont sensibilisés aux grandes questions énergétiques du vingt-et-unième siècle avant d'arriver dans le supérieur. Ils n'ont d'ailleurs pas d'arguments en tête, mais sont tout de même nombreux à venir dans nos formations avec des envies de participer d'une façon ou d'une autre à la fameuse transition énergétique. Dans cet exposé, nous nous proposons de commencer par rappeler quelques impératifs du monde des matériaux que nos étudiants devront gérer dans les 50 prochaines années, et de mettre ce constat en parallèle de l'état des ressources pédagogiques dont nous disposons. Dans un deuxième temps, nous proposerons de réécrire les ressources pédagogiques et nous inviterons l'audience à débattre avec nous du fond et de la forme que prendront ces nouvelles ressources.

Performances de composites hybrides verre-polyamide 6 : influence des conditions de mise en œuvre et d'utilisation

Ourahmoune Reda¹ ; Salvia Michelle¹ ; Laborde Jérôme¹ ; Schwander Mathieu² ; Huguet Guillaume³

JA0129
mardi
11h50
René Char

¹Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes, Ecole Centrale de Lyon, Ecully, France ;
²Centre Technique Industriel de la Plasturgie et des composites, Bellignat, France ; ³Mecaplast Group, Izernore, France

Le besoin de développement de pièces structurelles pouvant être produites à haute cadence a amené au développement d'un procédé hybride associant estampage de composite à renfort continu et surmoulage par injection. L'objet des travaux était de caractériser les performances mécaniques du composite seul ainsi que l'adhésion entre le composite et le plastique. On a notamment étudié l'impact des paramètres de mise en œuvre et d'environnement, notamment température de pré-chauffage des composites et humidité, en liant propriétés sur éprouvettes et microstructure.

Elaboration de couches minces verres métalliques de type Zr-Cu-Ag ayant des propriétés antibactériennes

JA0130
lundi
12h20
René Char

Nkou Bouala Galy¹ ; Etiemble Aurélien¹ ; Der Loughian Christelle^{1,2} ; Pierson Jean-François² ; Steyer Philippe¹

¹MATEIS, LYON, France ; ²INSTITUT JEAN LAMOUR, NANCY, France

Les couches minces verres métalliques sont actuellement utilisées dans divers domaines industriels, grâce à leur caractère amorphe, qui confère à ces matériaux des propriétés uniques. Au cours de cette étude des revêtements verres métalliques de type Zr-CuAg (% Ag entre 0 et 25 %), de compositions variées, ont été élaborés par PVD puis caractérisés par DRX, MEB et MET afin de s'assurer de leur caractère amorphe et d'analyser leur état de surface. En parallèle, leurs propriétés mécaniques ainsi que leur stabilité thermique ont été étudiés en utilisant des procédures in situ (micro traction, DRX en température, MEB à haute température ...), ce qui a permis de comprendre leur évolution sous différentes contraintes. Enfin, des tests ont été réalisés sur des revêtements de différentes compositions afin de déterminer leur caractère antibactérien.

Modèle de champ de phase de la dynamique des dislocations dans un cristal CFC hétérogène

JA0133
mardi
12h10
rotonde

Ruffini Antoine¹ ; Le Bouar Yann¹ ; Finel Alphonse¹

¹LEM, CNRS/ONERA, Chatillon, France

Un axe de recherche en plein essor est le développement de méthodes de simulation permettant la prédiction de la formation et de l'évolution de la structure interne des matériaux. Nous proposons un modèle de champ de phase permettant l'étude, à l'échelle des dislocations, du comportement plastique d'un cristal hétérogène construit sur une structure cubique à face centrées (CFC). Un soin particulier est porté à la discrétisation du modèle de manière à incorporer naturellement la cristallographie CFC à toutes les échelles. Le modèle est testé sur des configurations simplifiées puis mis en œuvre dans l'étude du glissement de dislocations à proximité d'un pore de solidification.

Etude par radiographie ultrarapide des transformations et du rôle des matériaux lors du fonctionnement d'un fusible

JA0134
mercredi
10h
rotonde

Just Xavier¹ ; Olbinado Margie² ; Lhuissier Pierre² ; Gelet Jean-louis³ ; Rack Alexander² ; Bonnefoy Olivier⁴ ; Thomas Gérard⁴ ; Dendievel Rémy¹ ; Chaix Jean-marc¹

¹Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, SIMaP, Grenoble, France ; ²European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble, France ; ³MERSEN France, Saint-Bonnet-de-Mure, France ; ⁴Ecole des Mines, LGF, Saint Etienne, France

La radiographie RX ultrarapide, jusqu'à 5 106 images/sec, a été utilisée pour étudier in situ le comportement des éléments d'un fusible industriel, lame métallique et sable de remplissage, dans des conditions coupures ultrarapides (« grands di/dt »), pour lesquelles la coupure doit être assurée en quelques millisecondes. Ce travail a permis de visualiser les différentes étapes de la coupure dans ces conditions extrêmes, en particulier les premiers instants de la coupure, de mesurer la vitesse de phénomènes comme la consommation de la lame d'argent, et de mettre en évidence le rôle du sable de remplissage sur l'efficacité du fusible.

Étude microstructurale lors du frittage de la zircone cériée renforcée par dispersion d'alumine

JA0135
mercredi
9h40
BU

Cailliet Sophie^{1,2} ; Roumanie Marilyne^{1,2} ; Bernard-granger Guillaume^{1,3} ; Laucournet Richard^{1,2}

¹Université Grenoble-Alpes, Grenoble, France ; ²CEA, LITEN, DTNM, SERE, LRVM, Grenoble, France ; ³CEA, DEN, MAR, DRMV, SFMA, DIR, Bagnols-sur-Cèze, France

L'impression 3D par stéréolithographie de céramique connaît un essor, notamment dans le domaine dentaire, et requiert le développement de nouveaux matériaux. Le matériau composite Ce-TZP/Al₂O₃ semble posséder des propriétés mécaniques élevées et une bonne stabilité chimique, ce qui en fait un candidat intéressant pour ce type d'applications. Une nouvelle méthode de synthèse de ce matériau a été développée dans l'optique d'être mis en forme par impression 3D. Cette synthèse ainsi que les premiers résultats de l'étude microstructurale du composite Ce-TZP/Al₂O₃ lors du frittage seront présentés.

Analyse par EBSD de la distribution des joints de grains basaux et prismatiques dans les carbures cimentés WC-Co

JA0137
mercredi
10h20
rotonde

Missiaen Jean-michel¹ ; Lay Sabine¹ ; Pellan Maxime^{1,2}

¹Univ. Grenoble Alpes, Grenoble, France ; ²Sandvik Hyperion, Grenoble, France

Les propriétés mécaniques des carbures cimentés WC-Co sont le plus souvent représentées dans un diagramme taux de Co – taille de grains de WC. Même si ces diagrammes sont d'un grand intérêt pratique, ils masquent la complexité de la microstructure de ces matériaux. En particulier la distribution d'orientation et de structure des joints de grains joue probablement un rôle sur les propriétés. Une analyse par EBSD de la distribution des joints de grains dans les carbures cimentés WC-Co a été menée de manière systématique pour une gamme très large de compositions et pour différentes conditions de frittage. La fraction de joints de grains parallèles aux plans de base et aux plans prismatiques de la structure WC dépend peu de la composition et des conditions d'élaboration. Ce résultat important pour les propriétés mécaniques des matériaux est discuté à partir du mécanisme de formation des joints de grains entre particules facettées de WC.

L'enseignement d'un cours de techniques avancées de fabrication mécanique via des projets "hands-on" avec un support informatique

JA0138
mardi
10h50
BU

Simar Aude¹ ; Herman Benoit¹ ; Delroisse Pauline¹

¹Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium

Le cours de techniques avancées de fabrication mécanique à l'UCL se compose de 10 séances magistrales données en anglais (2h chacune) qui posent les bases théoriques et de trois projets par groupe de 3 à 5 étudiants avec un maximum de 5 groupes sur les trois dernières années. Ce cours d'approfondissement suit un cours de base qui explicite les diverses technologies de fabrication mécanique. Le cours concerne la sélection des procédés de fabrication, l'usinage assisté par ordinateur et la fabrication additive (polymère, Figure 1). A chacune de ces thématiques est associée un projet, pour permettre aux étudiants d'appréhender certains des aspects pratiques de ces thématiques. Chaque projet se termine par une présentation de leurs conclusions en anglais devant le reste des étudiants. Le reste de la classe est vivement encouragé à poser des questions au groupe qui présente. Très vite une dynamique se met en place et cet encouragement n'est plus nécessaire. En effet, le fait d'avoir eux-mêmes réfléchi au problème et l'avoir abordé d'une manière différente des autres groupes offre une richesse au débat qui s'établit entre les étudiants. Les enseignements se placent en fond de classe et n'intervient qu'en toute fin de débat pour rappeler quelques insuffisances notoires sur ce qui a été présenté ou débattu. Figure 1 : Photos d'un projet impression 3D polymère Le cours est également agrémenté de visites d'entreprises dans la thématique de l'usinage et une start-up dans l'impression 3D métal. Par ailleurs, une dernière partie du cours concerne la simulation numérique des procédés de fabrication, ou fabrication virtuelle. Ce sujet se prêtant moins à un court projet (2-3 semaines), un séminaire est donné par le chef du groupe de fabrication virtuelle dans un centre de recherche en simulation. Ceci permet aux étudiants

de voir les diverses applications que ce centre développe avec les clients industriels avec lesquels ils collaborent. Cela permet aussi aux étudiants d'entrevoir l'intérêt de ce type de simulations et les questions concrètes qui peuvent être répondues grâce à elles.

Lien entre les propriétés mécaniques et tribologiques d'une couche lubrifiante formée par essai de fretting haute température

Viat Ariane^{1,2} ; Guillonneau Gaylord¹ ; Fouvry Siegfried¹ ; Kermouche Guillaume³ ;
Michler Johann⁴

JA0140
mercredi
14h50
BU

¹Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes, Ecully, France ; ²Safran Ceramics, Le Haillan, France ; ³Ecole des Mines de Saint-Etienne, Saint Etienne, France ; ⁴EMPA, Thun, Switzerland

Des tests de fretting haute température (>450°C) entre un plan en céramique et un poinçon en HS25 (superalliage base Cobalt) ont montré la présence d'une couche lubrifiante nommée Glaze Layer, diminuant drastiquement l'usure au niveau du contact. Cette glaze layer est formée à partir des débris d'usure compactés et frittés dans l'interface. Pour mieux comprendre le fonctionnement de cette couche, les propriétés mécaniques de la Glaze Layer ont été mesurées par microcompression in-situ de piliers en fonction de la température. Il a été observé une transition de comportement mécanique de la Glaze Layer, passant d'un état fragile aux basses températures à un comportement 100% ductile pour les températures supérieures à 450°C, cette température de transition étant celle à partir de laquelle la Glaze Layer est performante.

Modélisation et simulation de la mise en forme d'un renfort sec pour structures primaires aéronautiques

Bouquerel Laure¹ ; Moulin Nicolas¹ ; Drapier Sylvain¹ ; Boisse Philippe²

¹Univ Lyon, IMT Mines Saint-Etienne, Centre SMS, CNRS, LGF, Saint-Etienne, France ; ²Univ Lyon, INSA-Lyon, LaMCoS, CNRS, Lyon, France

JA0141
lundi
15h
BU

L'objectif de l'étude est la simulation numérique de la mise en forme du renfort carbone sec unidirectionnel Hexcel HiTape®. Pour cela, un modèle continu hyperélastique orthotrope a été sélectionné. Les principaux modes de déformation du renfort ont été mis en évidence, i.e. la flexion hors-plan et le cisaillement inter-laminaire. Les fibres étant presque inextensibles, la tension dans le sens des fibres doit également être prise en compte. La flexion hors-plan a été caractérisée à l'aide d'un flexomètre modifié. La simulation numérique est réalisée dans le code éléments finis Zset.

Etude de l'usure par tribo-oxydation d'un contact céramique/métal soumis à des sollicitations de fretting

JA0142
lundi
17h10
René Char

Dréano Alixe¹ ; Fouvry Siegfried¹ ; Guillonneau Gaylord¹

¹Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes, Ecully, France

On s'intéresse dans cette étude au comportement tribologique d'un contact alumine / Haynes 25 soumis à des sollicitations de fretting usure. Les alliages de cobalt sont connus pour être de bons candidats à l'établissement à haute température d'une couche oxydée, protectrice et lubrifiante. Cette couche qui ne se forme qu'au-dessus d'une certaine température (température de transition) permet une diminution drastique de l'usure et des forces de frottement dès lors qu'elle est établie. Pour des températures trop faibles, l'usure est sévère et corrosive. Cette usure est ici découplée de l'usure mécanique et expliquée à travers le concept de cinétique d'oxydation. Une loi est construite à partir de ces considérations et permet de prédire l'usure pour des températures inférieures à la température de transition.

Influence du courant sur les phénomènes de recristallisation dans le cuivre pur et dans les aciers inoxydables

JA0143
mercredi
11h10
René Char

Fabregue Damien¹ ; Mercier Florian¹ ; Mouawad Bassem¹ ; Boulnat Xavier¹ ;

Hutchinson Christopher² ; Mithieux Jean-denis³

¹MATEIS INSA Lyon, Villeurbanne, France ; ²MONASH University, Melbourne, Australia ;

³APERAM, Isbergues, France

L'influence du courant électrique sur les phénomènes de recristallisation est étudiée ici au travers d'expériences menées sur le cuivre et sur les aciers inoxydables. Il est clairement démontré que le chauffage par effet Joule peut entraîner, dans certaines conditions, une accélération des phénomènes de recristallisation. Des premières hypothèses sont avancées pour expliquer ces résultats.

Mise en place de travaux pratiques : design et élaboration d'alliages

JA0144
mardi
9h
BU

Fabregue Damien¹

¹MATEIS INSA Lyon, Villeurbanne, France

Nous présentons ici la mise en place de travaux pratiques dédiés aux élèves ingénieurs qui permettent d'utiliser une grande partie des connaissances théoriques et pratiques de métallurgie physique. Concept et réalisation Dans le cadre du département de Science et Génie des Matériaux, des travaux pratiques de « moyenne durée » ont été mis en place pour les 5ème année. Ces travaux pratiques constitués de 6 séances de 8h sont en général le lieu pour approfondir les connaissances en Science des Matériaux et faire une première découverte de la recherche. Depuis 3 ans, nous avons développé un nouveau sujet qui permet l'utilisation d'un maximum de connaissances et permet d'appréhender la quasi-totalité du cycle de vie d'un matériau. En effet, par groupe de 2 ou 3,

les étudiants ont pour but de concevoir, élaborer puis mettre en forme un alliage d'aluminium de leur choix qui présentera le meilleur compromis entre résistance et ductilité. Ce sujet leur est présenté comme un « challenge » avec une comparaison des résultats obtenus les années antérieures.

Microstructure Identification and Local Mechanical Properties of a Linear Friction Weld of Ti-5Al-2Sn-2Zr-4Mo-4Cr (Ti17) with a Widmanstätten microstructure.

Ballat-durand Dorick¹ ; Bouvier Salima¹ ; Risbet Marion¹

¹Sorbonne Universités, Université de Technologie de Compiègne, Compiègne, France

JA0145
mercredi
11h10
rotonde

Linear Friction Welding is a fast solid-state joining process producing narrow sound joints mainly developed for the aircraft industry. The extreme thermo-mechanical loads undergone by the material lead to important microstructure changes. Numerous studies have been carried out on $\alpha+\beta$ grades but few investigating β -metastable alloys joints. This study is focused on analyzing the impact of the post-weld microstructure and chemical changes within a linear friction welded Widmanstätten Ti17 on the resulting local mechanical properties. The inspection of the weld by OM and SEM did not show the presence of any defect such as oxides or porosity at the interface and revealed the presence of two distinct zones within the joint : the welding line (WL \approx 400 μ m) and the thermo-mechanical affected zone (TMAZ \approx 1mm). The WL consists of fine uniform recrystallized equiaxed grains identified by EBSD and XRD to be strongly textured and only composed of β phase. The TMAZ is characterized by deformed coarse prior- β grains remaining from the initial microstructure. This changes cause a progressive drop in hardness in the joint characterized by three zones : the WL (minimum of hardness), the TMAZ and the heat affected zone (HAZ) where the microstructure is similar to the base material. The EDX analysis of the WL and the near-TMAZ showed the absence of contaminants and a homogeneous chemical composition compared to the difference trans-granular/grain-boundary within the base material. This quantitative study of a new LFW joint endeavored to provide the literature with an analysis coupling EBSD and micro-indentation through the weld.

Roughness-generated vertical dynamic excitation of sliding surfaces : Experimental, numerical and analytical approaches

Ponthus Nicolas¹ ; Perret-liaudet Joel¹ ; Scheibert Julien¹ ; Malthe-sorrensen Anders² ; Thogersen Kjetil²

¹LTDS, Ecully, France; ²PGP Universitetet i Oslo, Oslo, Norway

JA0146
lundi
14h20
René Char

When two dry rough surfaces are sliding one upon each other, under conditions such as the strain of the asperities is small compared to their size, a displacement of the surfaces, normal to the contact appears. It has been identified as the source of several phenomenon and has then to be studied.

Effet de la température sur un contact 304L/316L nitruré soumis à des sollicitations de fretting sous chargement complexes en solution

JA0147
lundi
1h40
René Char

Marc Estelle^{1,2} ; Fouvry Siegfried² ; Maitournam Habibou³ ; Phalippou Christian¹

¹Den-SEMT, CEA, université Paris-Saclay, F-91191, Gif-Sur-Yvette, France ; ²LTDS, ECL, Université de Lyon, Lyon, France ; ³IMSIA, ENSTA ParisTech, CNRS, CEA, EDF, Université Paris-Saclay, Palaiseau, France

Les grappes de commande des réacteurs à eau pressurisées sont soumises à des vibrations induites par la recirculation du milieu primaire engendrant une usure des cartes de guidage en 304L. Ce travail porte sur l'étude de l'usure d'un contact cylindre/plan (304L/316L nitruré) soumis à des sollicitations de fretting sous chargement complexe en solution lithium-bore. Deux températures sont étudiées (ambiante et 85°C) afin d'observer l'impact de la transformation martensitique sur la dynamique d'usure du 304L. Enfin, un modèle d'usure énergétique RP - Rf a été introduit afin de tenir compte à la fois du travail du frottement et des fluctuations de la force normale en amplitude (RP) et en fréquence (Rf).

Simmit : An open source project for Interactive Learning Experience in Mechanics of Materials

JA0148
mardi
11h10
BU

Chemisky Yves¹ ; Chatzigeorgiou George² ; Meraghni Fodil¹

¹Arts et Métiers ParisTech, LEM3 UMR 7239 CNRS, Metz, France ; ²CNRS, LEM3 UMR 7239 CNRS, Metz, France

A set of tools and methodology are presented in an open-source format that take advantage of research projects developments in the field of mechanics of materials for education outreach. This new learning experience meets the requirements of efficient interactive learning : ease of use, hands-on oriented, interactive exposure to theoretical concepts. The approach chosen is to emphasize the link between the interactive tool and state-of-the art scientific and industrial design numerical tools. Based on the new generations students audience expectations, an interactive user interface has been developed to facilitate the exposure of student to theoretical concepts and hands-on experience. Interactive learning notebooks are utilized, combined with high-efficiency scientific libraries wrapped in the widely-utilized Python language. Such methodology thus allows to easily link the theoretical concepts to industrial softwares and numerical tools, through their Python language scripting interfaces.

Parcours de M2 en formation à distance, une solution pour les disciplines rares. Cas de la Thermodynamique des Matériaux.

Dezellus Olivier¹

¹Université Lyon 1, Villeurbanne, France

JA0149
mardi
9h20
BU

La synthèse des matériaux métalliques, comme celles des matériaux céramiques, des verres ou des composites repose sur une étape à haute température où la thermodynamique est efficace pour l'optimisation des procédés et des matériaux. Cette discipline de la thermodynamique des matériaux à haute température s'intègre ainsi notamment dans l'action nationale métallurgie [1] qui fait suite au rapport de André Pineau et Yves Quéré [2] aux académies des sciences et des sciences et technologies de 2011. Les équipes qui se rattachent à cette discipline sont souvent dotées de moyens techniques performants mais sont aussi très dispersées sur le territoire et de faible taille. Ce dernier point leur confère un poids très faible dans l'orientation des politiques locales, tant en recherche qu'en enseignement et ne leur permet plus de proposer une offre de formation thématique claire et dédiée aux matériaux à haute température (manque d'enseignants compétents en nombre suffisant, absence de plateforme de TP...).

Comportement mécanique des aérogels de silice par dynamique moléculaire

Goncalves William¹ ; Morthomas Julien¹ ; Chantrenne Patrice¹ ; Perez Michel¹ ; Foray Geneviève¹ ; Martin Christophe²

¹INSA de Lyon, Université de Lyon, UCBL, UMR CNRS 5510, MATEIS, Villeurbanne, France ;

²Université Grenoble Alpes, CNRS, SIMaP, F-38000, Grenoble, France

JA0151
lundi
18h10
BU

La structure nano-poreuse et les propriétés mécaniques des aérogels de silice sont étudiées par des simulations de Dynamique Moléculaire. Pour la première fois, ces simulations atomiques sont capables de reproduire une distribution de taille des pores comparable aux valeurs expérimentales. Les essais mécaniques effectués montrent une forte dépendance du comportement mécanique en fonction de la vitesse de déformation et de la taille des échantillons simulés. Les propriétés mécaniques des aérogels de silice, élasticité, ductilité et fracture, ont pour origine la tension superficielle le long des surfaces des nanopores et leur distribution en taille.

Résumés des Posters

Comparaison expérimentale et numérique de l'effet du sable de dune et sable d'oued sur la résistance à la compression des bétons

JA0001
Poster

Khouadjia Mohamed Lyes Kamel¹ ; Mezghiche Bouzidi²

¹Université Constantine1, Constantine, Algeria ; ²Université Mohamed Kheider Biskra, Biskra, Algeria

Les développements dans le génie civil à provoquer l'augmentation de la consommation de granulats et en particulier les sables. En raison de l'épuisement des réserves naturelles de sable, il est nécessaire de se concentrer sur l'utilisation de matériaux locaux comme le sable de dune, sable de rivière ainsi que les sables concassés. L'objectif de cette recherche été d'améliorer l'état des connaissances sur une comparaison expérimentale et numériques (issus du logiciel Béton Lab Pro 3) des résistances à la compression du béton avec du sable concassé si les sables de rivière ou de dune sont utilisés comme substitués. L'analyse des résultats nous a permis de constater que les résultats numériques n'étaient pas en accord avec les résultats expérimentaux.

Revêtements Piézo-chromes pour la détection d'impacts sur substrats composites

JA0002
Poster

Senani S.¹ ; Rozes L.² ; Morelle Q.^{2,4} ; Gaudon M.³ ; Duguet E.³ ; Le Bourhis E.⁴ ; Barut S.¹ ; Guinard S.¹ ; Touchart F.⁴ ; Letard J.f.⁵ ; Lathiere P.j.⁶

¹Airbus Group Innovations, Suresnes, France ; ²Université UPMC – LCMCP, Paris, France ; ³ICMCB Université de Bordeaux, Bordeaux, France ; ⁴Institut P', Université de Poitiers, Poitiers, France ; ⁵OliKrom, Pessac, France ; ⁶MAPAERO, Pamiers, France

Ce travail concerne le développement de revêtements piézo-chromes en surface de composites fibres-matrice polymère utilisés pour l'aéronautique. Il s'agit de proposer une alternative aux inspections de contrôle permettant un gain de temps tout en proposant une solution industrialisable.

Development of transparent ceramics : understanding and control of microstructure

JA0005
Poster

Stocky Robin^{1,2} ; Böhmler Judith¹ ; Lemonnier Sébastien¹ ; Barraud Elodie¹ ;
Lorgouilloux Yannick² ; Leriche Anne²

¹Institut franco-allemand de recherches de Saint-Louis, Saint-Louis, France ; ²Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, Valenciennes, France

Threats and conflicts are increasingly existent ; hence protection plays a significant role to preserve lives. The main challenge for armor systems is to optimize and enhance the protection against specific threats but also to reduce weight. Ceramics in general but also transparent ceramics are increasingly present in the military vehicles. These last years, one material is in the spotlight : the Mg-Al-Spinel. This ceramic has many advantages such as high transparency in the UV, visible and mid-IR, good mechanical properties and ease of processing and can be used as windows. An improvement of the optical and mechanical properties of spinel ceramics can be achieved by a fine control of the characteristics of the commercial powder. These characteristics are crucial because they are directly influencing the sintering behavior.

Détermination de la cinétique de recristallisation post-dynamique de l'Inconel 718 forgé dans le domaine sub-solvus δ

JA0007
Poster

Nicolaÿ Alexis^{1,2} ; Franchet Jean-michel² ; Cormier Jonathan³ ; Bozzolo Nathalie¹

¹MINES ParisTech, PSL – Research University, CEMEF – Centre de mise en forme des matériaux, Sophia-Antipolis, France ; ²Safran SA, SafranTech – Materials & Process Department, Magny-Les-Hameaux Cedex, France ; ³Institut Pprime – Université de Poitiers – ENSMA, Physics and Mechanics of Materials Department, Chasseneuil, France

Après avoir discuté succinctement de la littérature au sujet des cinétiques de recristallisation dynamiques et post-dynamiques en fonction de la vitesse de déformation, on présente le début de cinétique de recristallisation post-dynamique de l'inconel 718 déformé à 980°C, avec une vitesse de déformation de 0,1s⁻¹, et jusqu'à un niveau de déformation macroscopique d'environ 0,7. A cette occasion, plusieurs méthodes d'estimation de la fraction recristallisée sont comparées.

Comportement en fatigue d'une interface cuivre-silice

JA0009
Poster

Braccini Muriel¹ ; Kwan Matthew² ; Lane Michael W.³ ; Ramanath Ganpati²

¹Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, SIMaP, Grenoble, France ; ²Rensselaer Polytechnic Institute, Materials Science and Engineering Department, Troy, NY, USA ; ³Emory and Henry College, Chemistry Department, Emory, VA, USA

Le comportement sous chargement cyclique d'une interface entre une couche mince de cuivre et de silice a été étudié. Les résultats de cette étude montrent l'effet prépondérant de l'environnement (vapeur d'eau) sur la propagation de fissure de fatigue à cette interface, mais mettent également en évidence des effets liés au cyclage.

Simulation élément finis de la croissance de grains anisotrope dans les métaux.

JA0030
Poster

Fausty Julien¹ ; Bozzolo Nathalie¹ ; Jin Yuan^{2,1} ; Bernacki Marc¹

¹CEMEF, MINES Paristech, Sophia Antipolis, France ; ²Safran, Beijing, China

Des développements nécessaires à la prise en compte de l'anisotropie interfaciale dans les simulations de croissance de grains et de recristallisation sont réalisés dans un contexte éléments finis et en employant la méthode Level-Set (contexte du développement du logiciel DIGIMU®). Les premiers résultats seront présentés et comparés à l'état de l'art.

Influence of the dislocation density on hardening precipitation in Inconel®625

JA0033
Poster

Seret Anthony¹ ; Moussa Charbel¹ ; Bernacki Marc¹ ; Cormier Jonathan² ; Bozzolo Nathalie¹

¹CEMEF, Mines ParisTech, Sophia-Antipolis, France ; ²Institut Pprime, Université de Poitiers, ENSMA, Chasseneuil, France

Inconel®625 is a Nickel-base superalloy used in aerospace industry as turbine shrouds, spray bars, hydraulic tubing, armoring and thrust reversers systems. One reason of its use is its high mechanical properties at high temperature. Inconel®625 is strengthened by precipitation of γ'' phase, tetragonal Ni_3Nb . Since dislocations can influence precipitation, the precipitation of γ'' in Inconel®625 was studied in samples submitted to cold straining to induce different dislocation contents before precipitation heat treatment.

Dislocation density evolution during recovery of an Al0.2Sc0.1Zr/5TiB2 nanocomposite

JA0040
Poster

Yuan Hao¹ ; Chen Zhe² ; Buslaps Thomas³ ; Borbély András¹

¹Ecole des Mines de Saint Etienne, Saint Etienne, France ; ²Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, China ; ³European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble, France

An X-ray diffraction method for studying recovery of plastically deformed crystalline materials is presented. It is based on the line profile analysis of high resolution diffraction peaks recorded with high-energy synchrotron beams. The recovery behavior of the main texture components formed during cold rolling of an Al0.2Sc0.1Zr/5TiB2 nano-composite is presented.

JA0042
Poster

Influence des propriétés mécaniques et microstructurales induites par la nitruration gazeuse d'un acier allié sur la propagation de fissures de fatigue de contact

Le Marion¹ ; Ville Fabrice¹ ; Kleber Xavier² ; Cavoret Jérôme¹ ; Sainte-catherine Marie-christine³ ; Briancon Laurence⁴

¹LaMCoS, Lyon, France ; ²Mateis, Lyon, France ; ³DGA, Bagneux, France ; ⁴DCNS Research, La Montagne, France

Ce papier traite d'une étude expérimentale de la fatigue de contact (FDC) de différentes couches nitrurées de la nuance 33CrMoV12-9 caractérisées par différentes tailles de grain de l'acier base. Ces couches ont la particularité de présenter des propriétés mécaniques similaires (micro-dureté et contraintes résiduelles compressives (CRC) de nitruration) malgré les disparités microstructurales. Des observations de réseaux de fissures en 2D (microscopie optique) et en 3D (tomographie RX) mettent en évidence l'influence des précipités de carbures induits par nitruration sur la propagation des fissures. En parallèle, des analyses de contraintes résiduelles par DRX montrent que les essais de fatigue provoquent la relaxation des CRC induites par nitruration. La mise en relation de l'influence de chacune des propriétés mécaniques et microstructurales des couches nitrurées permet de proposer un scénario d'endommagement et de mieux comprendre la divergence des comportements en FDC des couches nitrurées testées.

JA0044
Poster

Céramiques transparentes avec profil de dopage pour application Laser

Lagny Maxime^{1,2} ; Boehmler Judith¹ ; Lemonnier Sébastien¹ ; Lorgouilloux Yannick² ; Leriche Anne²

¹ISL, Saint-Louis, France ; ²LMCPA, Valenciennes, France

De nos jours, les céramiques transparentes sont très prisées et elles trouvent leur utilité dans beaucoup de domaines tels que l'électronique, la biologie, ou encore les systèmes optiques. Le laser développé à l'Institut Franco-Allemand de recherche de Saint-Louis est un SSHCL. C'est un Laser qui utilise généralement en tant que milieu amplificateur un crystal Er^{3+} : YAG qui possède une émission à $1.6\mu m$. Cette émission a la particularité d'être inoffensive pour les yeux.

Morphologies interfaciales - Cinétiques de cristallisation de systèmes PET/polyoléfines

JA0048
Poster

Leprêtre-dropsit Sophie^{1,2} ; Bacquet Maryse^{2,3} ; Boyer Séverine A.e.^{1,4} ; Haudin Jean-marc⁴ ; Lacrampe Marie-france^{1,2} ; Krawczak Patricia^{1,2}

¹IMT Lille Douai, Institut Mines-Télécom, TPCIM, Douai, France ; ²Université de Lille, Lille, France ; ³UMET, UMR CNRS 8207, Université de Lille, Lille, France ; ⁴Mines ParisTech, CEMEF, UMR CNRS 7635, Sophia Antipolis, France

Certains polymères sont par nature incompatibles et leurs mélanges présentent, en général, de mauvaises propriétés ; citons par exemple le polyéthylène téréphtalate (PET) et les polyoléfines comme le polypropylène (PP) et le polyéthylène (PE). Pour obtenir des mélanges performants, leur compatibilisation devient nécessaire. L'efficacité de certains agents compatibilisants, tels les PE greffés anhydride maléique (PEgMA), PP greffés anhydride maléique (PPgMA) et copolymères d'éthylène-méthacrylate de glycidyle (E-GMA) est discutée ici. La relation entre «morphologies adhérentes interfaciales - cinétiques de cristallisation» est étudiée sur les systèmes i) PET vierge et recyclé, ii) combinaisons binaires compatibilisées et non compatibilisées (PET/PE, PET/PP), et iii) combinaisons ternaires compatibilisées et non compatibilisées (PET/PE/PP) fortement déséquilibrées. Sont mises en œuvre les techniques de : i) microscopie électronique à balayage (MEB), ii) spectroscopie infrarouge (FTIR), et iii) analyse calorimétrique (DSC). L'effet de nucléation des polyoléfines et de l'E-GMA sur le PET est mis en évidence. Une étude critique est proposée sur les prédictions théoriques de la cinétique de cristallisation non-isotherme.

Controlling the friction properties of rubber-coated sphere-on-plane contacts : effect of the coating thickness

JA0062
Poster

Pallares Gaël¹ ; Sahli Riad¹ ; Ben Ali Imed² ; Al Akhrass Samer² ; Scheibert Julien¹

¹Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes, UMR5513, CNRS / Ecole Centrale de Lyon / Univ Lyon / ENTPE / ENISE, Ecully, France ; ²Ingénierie des Matériaux Polymères, UMR5223, CNRS / Université Lyon 1, Villeurbanne, France

We present an experimental investigation of the changes in friction at the contact between a rubber sphere and a glass plate coated with a rubber film of variable thickness. We show that the coating plays a key role in the rupture properties of the contact interface : variations of the static friction coefficient by a factor of three are observed when the thickness is varied. Some interpretations are discussed involving especially the viscoelasticity of the rubber.

JA0068
Poster

Conductivité Thermique effective des mousses Voronoi à pores fermés ou ouverts – Etude numérique et corrélations analytiques

Coquard Rémi¹ ; Baillis Dominique² ; Cunsolo Salvatore²

¹EC2-Modélisation, Villeurbanne, France ; ²LaMCoS, INSA-Lyon, Villeurbanne, France

Cette étude vise à améliorer les connaissances théoriques des propriétés thermiques de conduction des mousses à pores fermés ou ouverts. Pour cela, une approche novatrice combinant la méthode de Voronoi pour la génération des structures cellulaires, et la méthode des Eléments Finis pour la résolution du transfert conductif, a été développée. Les structures cellulaires générées permettent de reproduire fidèlement la morphologie poreuse des mousses à pores fermés ou ouverts communément utilisées. Les résultats numériques nous ont ainsi permis de proposer des corrélations analytiques pour la conductivité effective des mousses à partir de leurs caractéristiques morphologiques.

JA0070
Poster

Détermination expérimentale de la distribution des orientations dans les câbles textiles

Sibellas Aurélien^{1,2} ; Maire Eric¹ ; Adrien Jérôme¹ ; Durville Damien²

¹Laboratoire MATEIS, UMR CNRS 5510, INSA de Lyon, Lyon, France ; ²Laboratoire MSSMat, UMR CNRS 8579, Centrale Supélec, Université Paris-Saclay, Châtenay-Malabry, France

Le comportement mécanique en extension des câbles textiles torsadés dépend grandement de la trajectoire des fibres les constituant. Une nouvelle méthode d'investigation de la structure interne de ces câbles est présentée avec l'utilisation de la microtomographie à rayons X couplée à un programme MATLAB reconstruisant l'intégralité des chemins des fibres scannées.

JA0076
Poster

Caractérisation et modélisation des matériaux d'interfaces thermiques aux assemblages boulonnés dans le domaine aérospatial

Vandevelde Simon¹ ; Daidié Alain¹ ; Sartor Marc¹

¹Institut Clément Ader (ICA), CNRS-INSA-ISAE-Mines Albi-UPS, Université de Toulouse, 3 rue Caroline Aigle, 31400 Toulouse, France, Toulouse, France

Ce document présente les premières étapes de caractérisation, de modélisation mécanique et de caractérisation thermique d'un matériau d'interface. Ce matériau est destiné à améliorer la conductivité thermique au niveau des contacts des pièces assemblées. Un des matériaux souvent utilisés dans le domaine du spatial, le Tflex est caractérisé via un essai de compression uniaxial, puis modélisé. Sa conductivité thermique est mesurée en fonction de la température pour la plage de la température de -30 à 110 °C. Cette étude a été rendue possible par les entreprises CNES et Thales Alenia Space.

Understanding the fretting-corrosion behavior of the modular junctions in hip prostheses and investigating new coatings

JA0092
Poster

Ehsani Majd Sara¹ ; Fridrici Vincent² ; Desrayaud Christophe¹ ; Kapsa Philippe² ;
Cardey Pierre-françois⁴ ; Suchier Yanneck⁴ ; Boyer Albert^{1,3} ; Geringer Jean^{1,3}

¹Laboratoire Georges Friedel, UMR 5307, Mines Saint-Etienne, Saint-Etienne, France ;

²Laboratoire LTDS, UMR 5513, Ecole Centrale de Lyon, Lyon, France ; ³Unité INSERM 1059, Mines Saint-Etienne, Saint-Etienne, France ; ⁴CETIM, Saint-Etienne, France

Improving the lifetime of the modular junction of hip prostheses can prevent the aseptic loosening of the implant, and consequently improves its lifetime. This work investigates the behavior of titanium alloy (Ti-6Al-4V) submitted to fretting-corrosion in simulated physiological conditions. Furthermore, the effect of diamond-like carbon (DLC) coatings to improve the fretting-corrosion properties of the Ti-6Al-4V surface is studied. The initial results suggest that during the experiment the contact experiences a transition between partial and gross slip regimes. Also, DLC-coated Ti-6Al-4V shows better tribological properties (i.e. wear) as compared to the non-coated alloy.

Tribological expertise of dual MOBILITY THP using WALKING simulator In biomimetic lubricant

JA0100
Poster

Trunfio-sfarghiua Ana-maria¹

¹LaMCoS, Lyon, France

Preclinical wear tests are necessary to predict the in vivo performance of joint prostheses. To have significant and reliable results, it is indispensable to understand and reproduce the conditions of the motion of the articulation and the lubrication. The present work aims to summarize and collect the results of different wear tests using two types of lubricants : bovine serum, biomimetic synovial liquid and tow configurations of polyethylene in a dual mobility cup (standard and highly cross-linked vitamin E).

Rôle de la microstructure dans la résistance à la propagation de fissures d'alliages de titane $\alpha\beta$ utilisés dans l'industrie aéronautique

JA0105
Poster

Larignon Céline¹ ; Perusin Simon¹ ; Renon Vincent^{1,2} ; Tranchand Benoit¹

¹Institut de Recherche Technologique (IRT) Saint-Exupéry, Toulouse, France ; ²Institut P' D1/axe ENDO, ISAE-ENSMA, Futuroscope Chasseneuil, France

Dans l'objectif de réduire les coûts et la masse des pièces en titane pour des applications sur structures avions, les travaux présentés ici traitent de l'impact de la microstructure sur les propriétés en fissuration d'alliage de titane de type $\alpha\beta$ dont les compositions sont plus ou moins proches de l'alliage actuellement utilisé comme référence : le TA6V (Ti grade 5). Les travaux présentés ici traitent d'une part de l'impact de traitement thermique sur la microstructure à différentes échelles et d'autre part des relations entre les paramètres microstructuraux et les propriétés mécaniques de résistance à la propagation de fissures.

Etude expérimentale de l'influence du champ électromagnétique sur la diffusion de surface lors du chauffage d'une céramique oxyde.

JA0106
Poster

Valdivieso François¹ ; Bruchon Julien¹ ; Saunier Sébastien¹ ; Ganster Patrick¹ ; Meunier Christophe¹ ; Ducoulombier Arnaud¹

¹LGF CNRS-UMR 5307, Mines de St-Etienne, Saint Etienne, France

Le frittage est une étape clef dans les procédés de fabrication des céramiques permettant l'obtention de matériaux dense à partir de poudres. En effet, à l'issue de celle-ci, les propriétés finales des pièces réalisées en découleront. Au vu des prix des matières premières, les procédés liés à l'élaboration des matériaux céramiques se doivent de répondre à des exigences particulières liées aux contraintes économiques et écologiques. Dans ce contexte, le frittage micro-onde se révèle un outil intéressant appliqué à certains types de matériaux en raison de ses caractéristiques : temps de traitements très courts et effets spécifiques sur les processus de diffusion par l'action du champ électromagnétique. Cependant, diverses études réalisées révèlent que la manière dont agit cet « effet micro-onde » lors du chauffage reste encore mal compris, et plus particulièrement les mécanismes permettant ce « gain micro-onde ». Certains auteurs [1] ont pu démontrer une augmentation de l'énergie d'activation apparente durant la densification de céramiques (alumine ou oxyde de zinc) par chauffage micro-onde en comparaison avec le chauffage conventionnel. Il est pertinent de s'intéresser ainsi à la manière dont le champ électromagnétique influence la diffusion.

Structures « lattice » revêtues par association des procédés EBM et CVD/ALD

JA0107
Poster

Genc Melek^{1,2} ; Tian Liang¹ ; Villardi De Oliveira Caroline^{1,2} ; Jimenez Carmen² ; Blandin Jean Jacques¹ ; Dendievel Rémy¹ ; Martin Guilhem¹ ; Pons Michel¹ ; Blanquet Elisabeth¹

¹SIMaP, Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, Grenoble, France ; ²LMGP, Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, Grenoble, France

Le récent développement de la Fabrication Additive de pièces métalliques permet d'élaborer directement des structures à partir de modèles 3D. En particulier, la technologie "Electron Beam Melting" (EBM) permet la fusion sélective, couche par couche, de poudres métalliques. Elle autorise la réalisation de géométries très complexes en contrôlant l'agencement de la matière. Des propriétés mécaniques intéressantes de structures lattice métalliques peuvent ainsi être obtenues (1,2). Dans un objectif d'éco-conception et de multifonctionnalités (biocompatibilité, anti corrosion, antioxydation, décoration) des structures lattice en TA6V sont revêtues par des couches minces. Les applications visées concernent essentiellement le biomédical (substituts osseux pour prothèses) et l'aéronautique (protection anti corrosion, antioxydation de pièces mécaniques).

Prise en compte des effets capillaires dans la simulation d'écoulements en milieu fibreux

Chevalier Loïc¹ ; Bruchon Julien¹ ; Liotier Pierre-jacques¹ ; Drapier Sylvain¹

¹IMT Mines St Etienne, Saint Etienne, France

JA0111
Poster

Composites hybrides légers, raides et amortissants : étude préliminaire

Gomez Hélène^{1,2} ; Rinaldi Renaud¹ ; Chenal Jean-marc¹ ; Chazeau Laurent¹ ; Dendievel Rémy²

¹INSA de Lyon, Villeurbanne, France ; ²INP Grenoble, Grenoble, France

JA0118
Poster

Cette étude vise à réaliser des matériaux multifonctionnels qui puissent associer légèreté, raideur et amortissement et ainsi tenter de répondre à certaines exigences souvent rencontrées dans le domaine du transport. Les nouvelles méthodes de fabrication additive permettent de nouvelles solutions pour y parvenir. Une structure composite hybride constituée d'une poutre en Ti-6Al-4V fabriquée par Electron Beam Melting, et d'un moussage en polyuréthane est ainsi réalisée et étudiée. Les caractéristiques microstructurales et mécaniques démontrent tout l'intérêt de combiner, dans une architecture ad hoc, des constituants de propriétés très différentes.

Multi-scale approach for analyzing sub-boundaries induced during dislocational creep of uranium dioxide

Ben Saada Mariem^{1,2} ; Gey Nathalie¹ ; Guitton Antoine¹ ; Beausir Benoit¹ ; Iltis Xavière² ; Maloufi Nabila¹

¹Laboratoire d'Etude des Microstructures et de Mécanique des Matériaux (LEM3), Metz, France ; ²CEA Cadarache, Saint-Paul-Lez-Durance, France

JA0119
Poster

This study presents an original multiscale approach to characterize and quantify sub-boundaries networks induced in a UO₂ sample, mechanically tested in compression at 1500°C. It consists of taking advantage of three complementary techniques : (1) EBSD (Electron BackScatter Diffraction) to quantify the low and very low angle boundaries with increasing deformation and translate it in Geometrically Necessary Dislocations (2) Accurate-ECCI (Electron Channeling Contrast Imaging) to image and resolve the dislocations arranged in low angle boundaries and finally (3) TEM (Transmission Electron Microscopy) analysis of FIB (Focus Ion Beam) lamellae cut in sub-boundary cross section, previously analyzed by ECCI.

Electron channelling contrast imaging : influence of diffraction conditions on the dislocation contrast

JA0121
Poster

Kriaa Hana¹ ; Guitton Antoine¹ ; Maloufi Nabila¹

¹Laboratoire d'Étude des Microstructures et de Mécanique des Matériaux (LEM3) – UMR CNRS 7239, Laboratory of Excellence on Design of Alloy Metals for low-mAss Structures (DAMAS), University of Lorraine, METZ, France

Electron Channeling Contrast Imaging (ECCI) is a non-destructive diffraction-based SEM technique that allows direct observations and comprehensive characterization of crystalline defects in the near-surface region (≈ 150 nm) of bulk materials. This technique takes advantage from the strong dependence between the backscattered electrons yield and the crystal orientation relative to the incident electron beam. Dislocations for example can be characterized by ECCI using the well-known transmission electron microscopy $g \cdot b = 0$ and $g \cdot b \times u = 0$ extinction criteria where g is the diffraction vector and b the Burgers vector. In this study, fundamental and experimental aspects of electron diffraction for characterizing dislocation by ECCI in SEM are reported. The method is explored on several dislocation configurations in an Interstitial-Free steel sample. Moreover, a detailed characterization of a dislocation dipole by ECCI is presented.

De la science des matériaux à une sélection pertinente : un apprentissage renversant

JA0131
Poster

Tandjaoui Amina^{1,2} ; Mège-revil Alexandre^{1,2}

¹LML-CNRS FRE 3723, Villeneuve d'Ascq, France ; ²Centrale Lille, Villeneuve d'Ascq, France

Dans une école d'ingénieurs généralistes, la science des matériaux reste au cœur de la formation. En effet, au fur et à mesure de son parcours, l'élève centralien se rend vite compte que pour concevoir un objet le choix du matériau peut être bloquant s'il n'est pas initié un minimum à la science des matériaux (sdm). A Centrale de Lille nous avons expérimenté ces dernières années de nouvelles pédagogies afin de permettre à l'élève de transposer la sdm aux applications concrètes. Cela passe par une responsabilisation des élèves et une implication plus forte en utilisant les classes inversées et les supports numériques.

Relations entre évolution de la morphologie des phases et paramètres de recuit dans des alliages modèle et industriel d'acier superduplex inoxydable UNS S32750

JA0132
Poster

Tresallet Damien¹ ; Van Landeghem Hugo¹ ; Krajcarz Florent² ; Tassin Catherine¹ ; Du Terrail Yves¹ ; Mithieux Jean-denis² ; Veron Muriel¹

¹Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, SIMaP, F-38000 Grenoble, France ; ²Aperam Stainless Steel Research Center, Isbergues, France

Les aciers inoxydables superduplex sont des aciers à hautes performances alliant des propriétés mécaniques élevées à une excellente résistance à la corrosion par piqûres et sous contrainte. Ces propriétés sont liées à la microstructure de l'alliage, en particulier à la morphologie des phases qui le constituent. Pour l'acier UNS S32750, la ferrite et l'austénite sont deux phases réparties en proportions égales et ordonnées en une structure en bandes résultant de la succession de traitements thermomécaniques appliqués lors de sa mise en forme. Les étapes de laminage effectuées sont nécessaires à l'obtention de bandes micrométriques, mais conduisent au durcissement de l'alliage. Des étapes de recuit sont donc essentielles à la recristallisation du matériau mais altèrent la structure en bandes en entraînant leur épaissement ainsi que le fractionnement et la globularisation de l'austénite, phase apparaissant en blanc sur la figure 1.

Influence de l'humidité relative sur le comportement de contacts électriques en argent soumis à du fretting

JA0139
Poster

Pompanon Florent¹ ; Fouvry Siegfried¹ ; Alquier Olivier²

¹LTDS - Ecole Centrale de Lyon, Ecully, France ; ²PSA, Vélizy, France

Les connecteurs électriques doivent conserver une résistance de contact électrique faible et stable (ECR), sinon des microcoupures du signal peuvent se produire et conduire à des pannes. En raison de leur environnement de travail (moteur de voiture), ils sont soumis à des vibrations induisant du fretting dans le contact. L'objectif de cette étude est de prendre en compte l'effet du taux d'humidité relative sur le comportement en fretting des contacts électriques revêtus en argent et or. Pour cela, un générateur climatique est utilisé pour travailler dans une gamme d'humidité relative (HR) de 10% à 90%.

JA0150
Poster

Thermal characterization of Plaster for Composite Materials.

Bouzit Said¹

¹Faculty of Science, Agadir, Morocco

Plaster is a hydraulic binder manufactured by dehydration of a natural product, Gypsum $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, the firing of the Gypsum at the temperature of 150°C gives semi-hydrated plaster. Plaster is a poor conductor of heat and therefore a good thermal insulation. This property is due to the porous structure of the plaster, which results from the departure of the water during the drying. Therefore Plaster is a flame retardant building material [3]. Its great fragility worrying is the origin of the research of the whole world with a view to its reinforcement. To improve the properties of this material are used particles or fibers (reinforcement) of the various constituents to strengthen the material. Different types of reinforcements are : inorganic (C, Glass), organic (Kevlar, Polystyrene) [4]. Thus, the resulting material is a composite material with optimum properties.

JA0152
Poster

Microstructure effect on hydrogen distribution in martensitic steel

Cupertino Malheiros Livia^{1,2} ; Guedes Daniella² ; Decultieux Florent² ; Thébault Florian² ; Creus Juan¹ ; Oudriss Abdelali¹ ; Feaugas Xavier¹

¹Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur pour l'Environnement, UMR CNRS 7356, Université de La Rochelle, La Rochelle, France ; ²Vallourec Research Center France, Aulnoye-Aymeries, France

The interactions between hydrogen and microstructural defects, such as dislocations, vacancies, precipitates and inclusions, play an important role in the distribution of hydrogen in martensitic steels. These interactions strongly influence the diffusion, segregation and trapping behavior since certain defects reduce the hydrogen mobility while others can provide easier paths for hydrogen diffusion. In this context, this work aimed to enhance the knowledge of the microstructural effects on the hydrogen embrittlement of martensitic steels. Using electrochemical permeation (EP) and thermal desorption spectroscopy (TDS) techniques, we identified and measured the concentrations and energies associated with the different hydrogen states inside steels. Thereafter the electrochemical parameters were correlated with the results from the microstructural characterization. The crucial point is that dislocations and vacancies act as hydrogen trapping sites in the studied martensitic steels, limiting strongly its mobility.

JA0160
Poster

Symmetry CMOS – New Detector Technology for EBSD

Haithem Mansour¹ ; Jenny Goulden¹ , Pat Trimby¹ , Angus Bewick¹

¹Oxford Instruments NanoAnalysis, Halifax Road, High Wycombe, HP12 3SE, UK

One of the key developments of EBSD in recent years has been the ever- increasing speed of analysis. However, improvements to speed have now reached a plateau. In this poster, we explain how the current CCD camera technology has reached its useful limit for EBSD and why CMOS should be the technology of choice.

Index des auteurs

- Adrien Jérôme, 50, 53, 68, 100
Al Akhrass Samer, 99
Alnajjar Michella, 74
Alquier Olivier, 105
Amani Yasin, 69
Amodeo Jonathan, 54
Andriamananjara Koloïna, 79
Angus Bewick, 106
Antoine Normand, 23
Antoni-zdziobek Annie, 57
Astori Rodolphe, 52
Auriane Etienne, 23
Azina Clio, 49
- Böhmler Judith, 96
Béclin Franck, 52
Babonneau David, 61
Bacquet Maryse, 99
Baillis Dominique, 68, 76, 100
Ballat-durand Dorick, 91
Balloy David, 52
Baral Paul, 61
Barbe Fabrice, 55
Barnier Vincent, 72
Barraud Elodie, 96
Barrière Thierry, 59
Barsuk Daria, 79
Barthel Etienne, 37
Barut S., 95
Baudin Thierry, 45, 58
Beausir Benoit, 103
Bellavoine Marion, 56
Bellet Michel, 63
Ben Ali Imed, 99
Ben Saada Mariem, 103
Benayoun Stéphane, 81
Benayoun Stephane, 84
- Benmohammed Jihane, 72
Bergheau Jean-michel, 58, 61
Bernacki Marc, 45, 50, 57, 81, 82, 97
Bernard-granger Guillaume, 87
Berthel Bruno, 70
Berthod Loïc, 83
Besson Rémy, 52
Bhat Panemangalore Devadas, 77
Bichotte Maxime, 83
Bienvenu Yves, 82
Billon Noëlle, 62
Binetruy Christophe, 74
Blal Nawfal, 68
Blandin Jean Jacques, 102
Blanquet Elisabeth, 102
Blondeau Régis, 75
Bobet Jean-louis, 55
Boehmler Judith, 98
Boisse Philippe, 71, 89
Bonneyoy Olivier, 87
Bonnevillle Joël, 53
Bonnin Anne, 53
Borbély András, 97
Bosch Cédric, 74
Bossy Etienne, 60
Bouchard Pierre-olivier, 81
Boulnat Xavier, 90
Bouquerel Jeremie, 46
Bouquerel Laure, 89
Bouquet Nicolas, 57
Bouvier Salima, 91
Bouzit Said, 106
Boyer Albert, 101
Boyer Séverine A.e., 62, 83, 99
Bozzolo Nathalie, 45, 50, 51, 67, 96, 97
Bréchet Yves, 39
Braccini Muriel, 54, 58, 96

Bracke Lieven, 65
 Bracq Guillaume, 61
 Brajer Xavier, 68
 Briancon Laurence, 98
 Bruchon Julien, 79, 102, 103
 Brulez Anne-catherine, 84
 Buffière Jean-yves, 46
 Buljac Ante, 81
 Buscail Henri, 49
 Buslaps Thomas, 97

 Cadiou François, 50
 Cailliet Sophie, 87
 Callahan Michael, 64
 Cardey Pierre-françois, 101
 Caruso Matteo, 65
 Castany Philippe, 51
 Castelnau Olivier, 45
 Cavoret Jérôme, 98
 Cazottes Sophie, 64, 66
 Celia Castro, 23
 Chabanais Florian, 61
 Chaix Jean-marc, 87
 Chalandon Pierre, 73
 Champion Yannick, 79
 Chamroune Nabil, 47
 Changenet Christophe, 60
 Chantrenne Patrice, 69, 93
 Charpagne Marie-agathe, 67
 Chassaing Guillaume, 76
 Chatzigeorgiou George, 92
 Chaumat Valérie, 48
 Chauve Thomas, 45
 Chazeau Laurent, 67, 103
 Chemisky Yves, 92
 Chen Letian, 75
 Chen Zhe, 97
 Chenal Jean-marc, 67, 103
 Chevalier Loïc, 103
 Choleridis Antonios, 72
 Christien Frédéric, 74, 80
 Chromik Richard, 71
 Cobo Sebastian, 65
 Col Audrey, 58
 Collet Jean-louis, 65
 Comas-cardona Sébastien, 74
 Combeaud Christelle, 62

 Comby Solène, 70
 Contraires Elise, 37, 81, 84
 Coquard Rémi, 100
 Cordier Patrick, 46
 Coret Michel, 75
 Cormier Jonathan, 96, 97
 Coulibaly Mamadou, 76
 Coulombier Michaël, 56
 Courtois Loïc, 69
 Creus Juan, 106
 Cunsolo Salvatore, 68, 100
 Cupertino Malheiros Livia, 106

 Daidié Alain, 100
 Dancette Sylvain, 75
 Daudin Rémi, 56
 De Carlan Yann, 45, 58
 Decrozant Justine, 73
 Decultieux Florent, 106
 Delaunois Fabienne, 68
 Dellea Olivier, 83
 Delobbe Anne, 64
 Delroisse Pauline, 88
 Dendievel Rémy, 46, 87, 102, 103
 Dequeker Jérôme, 52
 Der Loughian Christelle, 86
 Derrien Marion, 82
 Descartes Sylvie, 72
 Descartes Sylvie, 58, 71
 Deschanel Stéphanie, 66
 Descoins Marion, 60
 Desrayaud Christophe, 101
 Destouches Nathalie, 74
 Devillard Julie, 68
 Dezellus Olivier, 93
 Dhers Jean, 75
 Ding Haohao, 73
 Divin Synthia, 73
 Donnet Christophe, 72
 Douillard Thierry, 50, 64
 Dréano Alixe, 90
 Drapier Sylvain, 79, 89, 103
 Drillet Josée, 56
 Du Terrail Yves, 105
 Dubois Sylvain, 53
 Duchet-rumeau Jannick, 53
 Ducoulombier Arnaud, 102

Duguet E., 95
 Dumont Christian, 51
 Dumont Myriam, 56, 60
 Dupuy Thomas, 78
 Durville Damien, 100

 Ehsani Majd Sara, 101
 El Kousseifi Mike, 84
 Emo Jonathan, 57
 Epicier Thierry, 54, 84
 Esin Vladimir, 80, 82
 Esnouf Claude, 54
 Etiemble Aurélien, 78, 86

 Fabien Cuvilly, 23
 Fabrègue Damien, 70
 Fabregue Damien, 90
 Fausty Julien, 97
 Favre Julien, 72
 Feaugas Xavier, 106
 Fedorova Elena, 54
 Fekiri Hiba, 82
 Feld Nicolas, 25
 Finel Alphonse, 86
 Flipon Baptiste, 55
 Florian Moyon, 23
 Fontaine Julien, 72
 Foray Geneviève, 69, 93
 Forestier Emilie, 62
 Fouvry Siegfried, 70, 89, 90, 92, 105
 François Guillaume, 83
 François Marc, 75
 François Vurpillot, 23
 Franchet Jean-michel, 51, 96
 Freire Lionel, 83
 Fridrici Vincent, 73, 101

 Gallo Marta, 67
 Ganachaud François, 67
 Gang Ji, 77
 Ganster Patrick, 102
 Garnier Vincent, 54
 Gaudon M., 95
 Gauthier-brunet Véronique, 53
 Gelet Jean-louis, 87
 Gelin Jean-claude, 59
 Genc Melek, 102

 Georges Cédric, 65
 Geringer Jean, 73, 101
 Gey Nathalie, 103
 Gibaud Marianne, 79
 Girard Jennifer, 46
 Giroux Pierre-françois, 51
 Gloriant Thierry, 51
 Gomez Hélène, 103
 Goncalves William, 69, 93
 Gordin Doïna, 51
 Goujon Pierre-andré, 57
 Gourgues-lorenzoni Anne-françoise, 63, 65
 Grennerat Fanny, 45
 Grosseau-poussard Jean-luc, 47
 Guedes Daniella, 106
 Guibert Matthieu, 81
 Guigo Nathanaël, 62
 Guillonnet Gaylord, 58, 61, 89, 90
 Guinard S., 95
 Guinet David, 82
 Guitton Antoine, 73, 103, 104

 Hébert Mathieu, 74
 Haithem Mansour, 106
 Hallstedt Bengt, 57
 Hannard Florent, 63
 Hary Benjamin, 45, 58
 Haudin Jean-marc, 83, 99
 Heau Christophe, 72
 Hebert Véronique, 56
 Heintz Jean-marc, 47
 Helfen Lukas, 81
 Heraud Lorene, 70
 Herman Benoit, 88
 Hild Francois, 81
 Hochard Christian, 32
 Hodaj Fiqiri, 48
 Hondros Vassilis, 83
 Hoummada Khalid, 84
 Huguet Guillaume, 85
 Huleux Vincent, 80
 Hutchinson Christopher, 90

 Idrissi Hosni, 56
 Iltis Xavière, 103
 Issa Inas, 54

Issartel Christophe, 49
 Ivan Blum, 23

 Jacomet Suzanne, 67
 Jaquet Virginie, 80
 Jenei Istvan, 54
 Jenny Goulden, 106
 Jimenez Carmen, 102
 Jin Yuan, 97
 Joly-pottuz Lucile, 54
 Jon Wright, 35
 Joseph Aurélie, 53
 Joulain Anne, 49, 53
 Jourlin Yves, 83
 Just Xavier, 87

 Köster Alain, 80
 Kabishi Terry, 82
 Kaczynski Christine, 78
 Kapsa Philippe, 73, 101
 Karato Shun-ichiro, 46
 Kato Hidemi, 53
 Keller Clément, 55
 Kenzari Samuel, 72
 Kermouche Guillaume, 58, 61, 72, 73, 82,
 89
 Khouadjia Mohamed Lyes Kamel, 95
 Kleber Xavier, 60, 98
 Klocker Helmut, 72
 Klosek Vincent, 48
 Koster Alain, 82
 Koussi Erieta Katerina, 83
 Krajcarz Florent, 105
 Krawczak Patricia, 99
 Kriaa Hana, 73, 104
 Kwan Matthew, 96

 L'hôte Gabriel, 66
 Laborde Jérôme, 85
 Lacaille Victor, 58
 Lacrampe Marie-france, 99
 Lafond Clément, 64
 Lagny Maxime, 98
 Laheurte Pascal, 72
 Laillé Denis, 51
 Lane Michael W., 96
 Langlade Cécile, 58

 Langlois Cyril, 64, 78
 Larignon Céline, 101
 Larochette Mathieu, 84
 Lathiere P.j., 95
 Laucournet Richard, 87
 Laurent Brocq Mathilde, 79
 Laurent-brocq Mathilde, 57, 61
 Lay Sabine, 88
 Le Bot Alain, 81
 Le Bouar Yann, 86
 Le Bourhis E., 95
 Le Bourlot Christophe, 53, 63, 75
 Le Marion, 98
 Le Picart Denis, 52
 Lecouturier Florence, 48
 Lefkir Yaya, 74
 Legris Alexandre, 52
 Lemonnier Sébastien, 96, 98
 Leprêtre-dropsit Sophie, 99
 Leriche Anne, 96, 98
 Leroy Marie Alix, 72
 Lesné Maxime, 64
 Lestriez Bernard, 50
 Letard J.f., 95
 Leveque Robert, 75
 Leygue Adrien, 74
 Lhuissier Pierre, 87
 Liotier Pierre-jacques, 79, 103
 Liu Zeming, 74
 Livi Sébastien, 59
 Logé Roland, 45, 58
 Lohmuller Paul, 72
 Lomello Fernando, 51
 Lopes Claudia, 78
 Lorenzo Mancini, 23
 Lorenzo Rigutti, 23
 Lorgouilloux Yannick, 96, 98
 Loubet Jean-luc, 61
 Lu Yong Fang, 49
 Lu Yongfeng, 47
 Ludwig Wolfgang, 75

 Mège-revil Alexandre, 104
 Maire Eric, 46, 50, 53, 63, 68, 69, 75, 100
 Maire Ludovic, 50
 Maitournam Habibou, 92
 Mallick Dwaipayan, 77

Maloufi Nabila, 73, 103, 104
 Malthe-sorrenssen Anders, 91
 Mangelinck Dominique, 60, 84
 Mantel Marc, 54
 Marc Estelle, 92
 Marcelin Sabrina, 59
 Martin Christophe, 69, 93
 Martin Guilhem, 46, 70, 102
 Martin Véronique, 80
 Marull Roxane, 68
 Maruyama Shigenao, 69
 Mary Nicolas, 59, 77
 Masenelli-varlot Karine, 54
 Maskrot Hicham, 51
 Massardier Véronique, 66
 Maugis Philippe, 56, 57
 Maurel Vincent, 80, 82
 Mavrikakis Nikolas, 60
 Mazière Matthieu, 65
 Medy Jean Rony, 48
 Mege-revil Alexandre, 85
 Meille Sylvain, 68
 Meraghni Fodil, 92
 Mercier Florian, 90
 Mereib Diaa, 55
 Messina Luca, 61
 Mestrallet Aurore, 57
 Meunier Christophe, 102
 Meyruey Gwenaëlle, 66
 Mezghiche Bouzidi, 95
 Michaud Paul-marie, 68, 76
 Michler Johann, 58, 89
 Millet Yvon, 82
 Mischler Stefano, 26
 Missiaen Jean-michel, 88
 Mithieux Jean-denis, 90, 105
 Mokhtari Morgane, 53
 Monceau Daniel, 54
 Monchoux Jean-pierre, 53
 Monnier Judith, 57
 Montagnat Maurine, 45, 66
 Montheillet Frank, 82
 Montouchet Aurore, 82
 Moreira Jorge Junior Alberto, 79
 Morelle Q., 95
 Morgeneyer Thilo, 81
 Morsdorf Lutz, 65
 Morthomas Julien, 69, 93
 Mouawad Bassem, 90
 Moulin Nicolas, 79, 89
 Moussa Charbel, 50, 97
 Moustafa Abdel-rahman, 70
 Mussi Alexandre, 46

 Nahkl Michel, 55
 Nastar Maylise, 61
 Nazé Loïc, 80
 Neggers Jan, 81
 Nicolaÿ Alexis, 96
 Nkou Bouala Galy, 86
 Nkou Bouala Galy Ingrid, 78
 Normand Bernard, 59, 77
 Noyel Jean-phillippe, 60
 Nzogang Billy Clifton, 46

 Olbinado Margie, 87
 Oquab Djar, 54
 Oudriss Abdelali, 106
 Ourahmoune Reda, 85

 Pallares Gaël, 99
 Panciera Federico, 84
 Pardoën Thomas, 56, 63
 Parry Guillaume, 54
 Parry Valérie, 54, 58
 Pascal Céline, 54, 58
 Pat Trimby, 106
 Pellan Maxime, 88
 Perez Michel, 66, 69, 93
 Perlade Astrid, 64, 65, 78
 Perret-liaudet Joel, 91
 Perrière Loïc, 57
 Perrier Sébastien, 49
 Perrin Gilles, 82
 Persenot Théo, 46
 Perusin Simon, 101
 Phalippou Christian, 92
 Pierre Bertrand, 82
 Pierson Jean-François, 78, 86
 Pignon Maxime, 84
 Pino Muñoz Daniel, 50
 Piot David, 82
 Piotrowski Boris, 72

Poble Olivier, 49
 Pompanon Florent, 105
 Pons Michel, 102
 Ponthus Nicolas, 91

 Quaeghebeur Philippe, 52

 Réthoré Julien, 54
 Rabaste Françoise, 49
 Rack Alexander, 87
 Raja V.s., 77
 Ramanath Ganpati, 96
 Rame Jérémy, 80
 Raskin Jean-pierre, 56
 Renault Pierre-olivier, 48
 Renon Vincent, 101
 Rethoré Julien, 78
 Reynaud Stéphanie, 83
 Rigal Emmanuel, 57
 Rinaldi Renaud, 67, 103
 Risbet Marion, 91
 Rivetti Marco, 37
 Rolland Raphaël, 49
 Rouffié Anne-laure, 51
 Roumanie Marilyne, 87
 Rousselet Sophie, 61
 Royer Vincent, 83
 Rozes L., 95
 Ruffini Antoine, 86

 Sahli Riad, 99
 Sahli Sofiane, 59
 Saikaly Wahib, 60
 Sainte-catherine Marie-christine, 98
 Saleil Jean, 75
 Salvia Michelle, 85
 Sao Joao Sergio, 72
 Sartor Marc, 100
 Saunier Sébastien, 102
 Sbirrazzuoli Nicolas, 62
 Schüllli Tobias, 56
 Scheibert Julien, 91, 99
 Schmitt Jean-hubert, 64
 Schuler Thomas, 61
 Schwander Mathieu, 85
 Schwartz Julien, 82
 Senani S., 95

 Seret Anthony, 97
 Shabadi Rajashekara, 77
 Shakoor Modesar, 81
 Sharma Nipun, 74
 Shavdina Olga, 83
 Sibellas Aurélien, 100
 Silvain Jean-françois, 47, 49, 55
 Silvent Jérémie, 64
 Simar Aude, 63, 88
 Simonot Lionel, 61
 Smagghe Guillaume, 82
 Stauffer Douglas, 54
 Steyer Philippe, 78, 86
 Steyer Phillippe, 64
 Stocky Robin, 96
 Suchier Yanneck, 101
 Syerko Elena, 74

 Takahashi Atsushi, 69
 Tandjaoui Amina, 85, 104
 Tassin Catherine, 105
 Tazi Meryem, 48
 Teisseire Jérémie, 37
 Ter-ovanessian Benoît, 59
 Thébault Florian, 106
 Thebault Julien, 67
 Thilly Ludovic, 48
 Thogersen Kjetil, 91
 Thomas Gérard, 87
 Thuinet Ludovic, 52
 Tian Liang, 102
 Tingaud David, 77
 Tolleneer Isabelle, 65
 Tonizzo Quentin, 65
 Touchart F., 95
 Touzin Matthieu, 52, 77
 Tranchand Benoit, 101
 Trannoy-orban Nathalie, 84
 Tresallet Damien, 57, 105
 Tromas Christophe, 53
 Trunfio-sfarghiua Ana-maria, 101
 Tumbajoy David, 58

 Vacher Pierre, 45
 Valdivieso François, 102
 Valette Stéphane, 73, 81, 84
 Valiorgue Frédéric, 73

Van Bohemen Stefan, 65
Van Landeghem Hugo, 105
Vandevelde Simon, 100
Vangheluwe Marie, 74
Vasquez Elodie, 51
Vaz Filipe, 78
Veillas Colette, 83
Veillere Amélie, 47
Vera Julie, 84
Verdier Marc, 70
Vernier Suzanne, 51
Veron Muriel, 105
Verrier Isabelle, 83
Viat Ariane, 89
Villard De Oliveira Caroline, 102
Villaret Flore, 45
Ville Fabrice, 60, 98
Ville Laurence, 83
Villechaise Patrick, 48

Villeroy Benjamin, 57
Vincent Michel, 83
Visser Roy, 62
Vitry Véronique, 68
Vocanson Francis, 74, 83
Volpi Fabien, 70
Vouaillat Guillaume, 60

Wada Takeshi, 53
Williams Lefebvre, 23
Willot François, 50
Wolski Krzysztof, 74

Yuan Hao, 97

Zakhour Mirvat, 55
Zhang Yinyin, 71
Zhou Tao, 56
Zhu Wenqi, 68
Zuazo Ian, 52, 65

Journées Annuelles 2017 - JA2017

Matériaux, Microstructures & Fonctionnalités

23-25 OCTOBRE 2017



Organisée par :



avec le soutien de

