

Janvier 2007 - n°23

ÉDITORIAL

Le Président de l'AMAC
et le rédacteur d'AMAC INFOS
vous présentent leurs meilleurs vœux 2007



ECCM 12, l'AMAC et l'Europe Par Jacques LAMON, Président de l'AMAC et de l'ESCM

● ECCM 12 s'est tenue récemment. C'est l'occasion de s'interroger sur l'AMAC et l'Europe. On pourrait se poser la même question à propos d'autres sociétés savantes. Mais c'est l'AMAC qui nous intéresse ici.

Donc, ECCM 12 (12th European Conference on Composite Materials) s'est tenue à Biarritz du 28 août au 1er septembre 2006. Elle était organisée conjointement par la France et le Portugal, pour l'ESCM (European Society for Composite Materials). L'AMAC a joué un rôle prépondérant dans l'organisation de cette conférence. Il faut insister, cependant, sur la dualité de l'organisation, par deux pays sans frontière commune, dont les centres de gravité en la circonstance, le LCTS à Pessac d'une part, et l'INEGI à Porto d'autre part, étaient distants de 1055 km. Il nous semble qu'elle illustre bien ce qu'on peut appeler l'esprit européen. Il faut souhaiter que cette expérience sera suivie d'autres.

ECCM 12 a rassemblé environ 350 participants venus de 34 pays dont 10 étaient situés en dehors du continent européen, parmi

lesquels on trouve des contrées éloignées (Japon, Corée, Australie, Nouvelle Zélande, Brésil, Etats-Unis, Canada, Algérie, Inde, Turquie, etc.). La France était massivement représentée (123 participants) suivie par la Belgique et le Royaume Uni (23 chacun), l'Allemagne (16), le Portugal (13), l'Espagne (8), l'Italie (7), etc.

Les contributions ont été jugées de bonne facture. Elles couvraient tous les aspects de la science des composites, de l'élaboration aux applications, de l'échelle nanométrique jusqu'à celle de la structure, d'un point de vue expérimental et théorique. Elles concernaient une grande variété de matériaux composites, tels les écomposites, les biocomposites, les nanocomposites, les composites à matrice carbone, céramique, métallique, polymérique, etc. montrant que les composites sont des matériaux polyvalents, qu'on peut adapter, moduler en fonction de leur application. Leur domaine d'application concerne l'environnement et l'écologie, le biomédical, l'aéronautique et l'espace, l'ingénierie, le génie civil, l'énergie nucléaire, la fusion, etc ... Ils sont un vecteur de progrès et ils peuvent

être intelligents grâce aux multimatériaux, aux composites fonctionnels, aux capteurs, etc. ECCM 12 a aussi été le théâtre de plusieurs réunions du conseil de l'ESCM et la tenue de l'Assemblée générale. Le conseil et le bureau exécutif ont été partiellement renouvelés. Le nouveau président, pour deux ans, est l'organisateur de la dernière édition (J. Lamon). Le Vice-président, prochain président, est Leif Asp (Suède), organisateur d'ECCM 13 à Stockholm. Le bureau exécutif est composé de 6 membres :

- A. Vautrin (secrétaire, trésorier)
- J. Degriek (Belgique)
- V. Kostopoulos (Grèce)
- S. Ogin (Grande Bretagne)
- M. Quaresimin (Italie)
- O. Thomsen (Danemark).

L'ESCM poursuit donc son évolution. La mue depuis l'EACM est maintenant bien achevée. L'ESCM est dotée d'un site web (www.escm.eu.org). Une liste de diffusion par voie électronique va bientôt être opérationnelle. Elle permettra de communiquer avec tous les adhérents, dans 34 pays (dont 24 pays européens). L'ESCM accorde son label aux conférences et colloques sur les matériaux composites (ICCM

16, HT-CMC 6, ...). Les membres d'ESCM bénéficient de frais d'inscription réduits à certaines conférences (ICCM 16). Les participants à ECCM 12 sont membre de l'ESCM. Mais les nouveaux adhérents sont bienvenus (30 euros, 12 euros pour les thésards).

La France (et aussi l'AMAC), a donc montré son dynamisme lors d'ECCM 12. Elle était fortement présente (c'est un euphémisme), dans certaines sessions : endommagement, modélisation, composites à matrice céramique, composites carbone/carbone. L'AMAC peut participer activement à la vie de l'ESCM, et accroître son rayonnement international. Elle doit, par exemple, organiser maintenant des JSTE (JST Européennes). Cependant, le nombre de membres français au sein du conseil et du bureau exécutif de l'ESCM est encore faible. Il est passé de 2 à 3 grâce à l'entrée récente de Laurent Guillaumat dans le conseil. ECCM 13 aura lieu du 2 au 5 juin 2008 à Stockholm.

Jacques Lamon - LCTS
Président de l'AMAC
Président de l'ESCM

1. Le Prix Daniel Valentin

Depuis 1990, le prix Daniel Valentin est décerné chaque année par le CA de l'AMAC. Il est destiné à encourager le développement des recherches sur les matériaux composites. Le prix récompense un ensemble structuré de travaux effectués sur un nombre limité d'années, ces travaux pouvant revêtir des formes multiples : Expérience professionnelle, doctorat, travaux de recherche, avancées pédagogiques, etc... La valeur du prix est de 1500 €.

Conditions d'attribution : Le candidat doit avoir exercé l'essentiel de ses travaux en France ou dans un pays francophone. Il doit être âgé de moins de 35 ans au moment de sa déclaration de candidature. Il est possible de postuler plusieurs années successives.

L'acte de candidature comporte une déclaration personnelle de candidature (lettre manuscrite) ainsi qu'un CV professionnel d'une page maximum. La date de l'acte de candidature est fixée généralement à la fin de l'année civile (31/12). Le candidat a ensuite 2 mois (31/02) pour constituer son dossier de candidature (en deux exemplaires). Celui-ci se compose d'un rapport décrivant les travaux et incluant une liste de publications, brevets, communications (5 pages maximum). Trois documents sont choisis parmi les plus significatifs.

Le tableau suivant présente les lauréats précédents :

1990	Olivier ALLIX	ENS Cachan	1997
1991	Yves LETERRIER	INP Lorraine	1998
1992	Pascal REYNAUD	INSA Lyon	1999
1993	Michel GREDIAC	ENSM S ^t Etienne	2000
1994	Laurent GUILLAUMAT	LCTS Pessac	2001
1995	Veronique FAVIER	INP Grenoble	2002
1996	Jean Francois MAIRE	ONERA Chatillon	2003
			2004

On peut remarquer en 2004 que le prix Daniel Valentin n'a pas été attribué. On peut également regretter que le nombre de candidats soit relativement faible ces dernières années. Bien entendu, outre le fait d'honorer le lauréat, cette récompense est également une reconnaissance pour la structure d'accueil où les travaux ont été effectués. Le CA de l'AMAC encourage vivement les responsables des Laboratoires Universitaires, Industriels, d'équipes de recherche ayant trait aux composites de sensibiliser son personnel à ce concours. Rappelons que le lauréat a l'obligation d'effectuer une présentation orale de ses travaux lors des Journées Nationales des Composites organisées par l'AMAC, Journées où la communauté nationale des composites sera présente.

2. Prix Daniel Valentin : le lauréat 2005

Nicolas CARRERE est le lauréat du Prix Daniel Valentin 2005. Nicolas CARRERE est âgé de 32 ans et occupe depuis septembre 2001 un poste d'Ingénieur de Recherche au département de mécanique du solide et de l'endommagement (DMSE) à l'ONERA de Châtillon. Il a une formation universitaire en mécanique débutée par une licence en 1995 puis une maîtrise en 1996 et enfin un DEA en 1997 obtenus à l'Université de Bordeaux I. Il a ensuite préparé une thèse de Doctorat au sein du laboratoire de mécanique des solides (LMS) à l'Ecole Polytechnique de Paris sous la direction de Thierry Bretheau (DR-CNRS). Le travail de thèse a porté sur l'analyse multi-échelles des matériaux composites à matrice métallique : application au calcul de structures. Au cours de son travail de thèse, il a utilisé et appliqué le modèle initialement proposé par Dvorak en 1992 : *Transformation Field Analysis* (TFA), qu'il adapte avec comportement élastique-endommageable pour les composites SiC-Ti.

Au terme de sa thèse, soutenue le 18 septembre 2001, Nicolas CARRERE intègre l'ONERA au DMSE en tant qu'Ingénieur de Recherche. Il contribue à des actions de R&D portant sur le calcul non-linéaire de structures composites par approches multi-échelles. Il poursuit les actions de recherche dans cette thématique à l'occasion du programme PEA-AMERICO (2002-2007) dont l'objectif est de proposer des outils de calculs de structures composites CMO en exploitant la richesse des approches de transition d'échelles. Ces outils sont en cours d'implémentation dans une version spécifique aux matériaux composites du code EF Zébulon.

Les modèles prédictifs développés sont couplés, en post-traitement, à des approches statistiques visant à intégrer les incertitudes inhérentes à la microstructure du composite, aux approximations numériques et aux modèles de transition d'échelles. Ce couplage a permis de disposer d'une démarche intégrée estimant une enveloppe de réponses en fonction de variables aléatoires. Ces travaux de recherche de qualité ont conduit tout naturellement à une production scientifique de bon niveau. Monsieur Nicolas CARRERE est également impliqué dans des activités d'encadrement, d'animation et d'organisation de manifestations scientifiques.

Nicolas CARRERE présentera ses travaux lors des prochaines Journées Nationales des Composites, JNC15, à Marseille en juin 2007.

P^r Frédéric THIEBAUD (chargé de l'organisation du prix D. Valentin)
Laboratoire de Mécanique Appliquée R. Chaléat
24 rue de l'Epitaphe - 25000 Besançon

3. Bilan des JST « CND & Matériaux Composites » 27 et 28 Juin à Toulouse

Les 28 et 29 juin 2006 se sont tenues à Toulouse deux journées scientifiques et techniques intitulées : « Les contrôles non destructifs pour les matériaux composites. Avancées, technologies et applications ». Ces journées ont été organisées par l'AMAC en étroite collaboration avec le Groupe Grand Sud Ouest (GSO) de la COFREND (confédération française pour les essais non destructifs). Cette alliance des deux sociétés (AMAC + COFREND) a permis d'atteindre un plus large public, ce qui a conduit les organisateurs à étendre les JST à deux jours.

Les structures en matériaux composites peuvent, en termes de contrôle au cours de leur fabrication ou en service, présenter des problèmes spécifiques par rapport à leur certification et leur fiabilité. Les sources de défauts et discontinuités dans les pièces de structure en matériaux composites peuvent provenir du matériau lui-même et de la variation de ses propriétés lorsque la pièce est produite, mais aussi de discontinuités structurales engendrées par les phases de fabrication ou les conditions de service.

Les CND trouvent leur position à deux niveaux :

- en suivi d'essais de caractérisation et de qualification des pièces de structure (détermination non destructive des propriétés des matériaux, analyse des phénomènes de l'endommagement)
- en contrôle de santé (détection de défauts de fabrication et de service).

Avec près de 80 participants issus des milieux universitaire et industriel (la majorité des participants), ces deux journées ont proposé un point sur les dernières avancées et l'utilisation des techniques de contrôles non destructifs et des techniques de surveillance de santé de structure dans le domaine des matériaux composites à travers des exposés scientifiques et des exemples concrets issus de divers secteurs de l'industrie. Etaient notamment présents des acteurs des secteurs de l'aéronautique avec EADS CCR, du naval avec la DCN, des transports routiers avec le CETIM, de l'énergie éolienne avec Europhysical Acoustics, etc. La surveillance de santé de structures et les technologies embarquées pour les composites a fait l'objet d'un point spécifique au travers de trois présentations portant chacune sur une technique différente (fibres optiques : CEA LIST ; Help-Layer : Laboratoire SATIE ENS Cachan + ONERA ; capteurs piézo-céramiques : LMA Marseille + LGMM Bordeaux).

Ces JST ont eu aussi pour objectif de présenter des liens entre l'état global macroscopique de la pièce de structure, les paramètres mesurés en contrôles non destructifs et les propriétés mécaniques.

Un espace d'exposition, qui a accueilli de 10 stands tenus par différentes sociétés de pointe du monde du CND, a été le lieu d'échanges fructueux entre universitaires et industriels.

Philippe OLIVIER
LGMT PRO²COM - Dépt. GMP, IUT Paul Sabatier
133 C av. de Ranguel – B.P. 67701 – 31077 Toulouse CEDEX 4

VIE DES LABORATOIRES

Textes rassemblés par Philippe BOISSE
LaMCoS - Philippe.Boisse@insa-lyon.fr



Recherche sur les matériaux composites à l'INSA de Lyon

Les travaux de recherches concernant les matériaux composites à l'INSA de LYON sont principalement réalisés dans trois laboratoires : LaMCoS, MATEIS et IMP.

1. Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Solides (LaMCoS)

UMR CNRS 5514
INSA de LYON, Bât. Jean d'Alembert, 18-20, rue des Sciences, 69621 Villeurbanne Cedex
Directeur : Alain Combescure
<http://lamcos.insa-lyon.fr>

Le LaMCoS (issu de la fusion des laboratoires LaMCoS et LDMS au 1/01/2007) compte 86 chercheurs et enseignants-chercheurs et 70 doctorants.

Des modèles numériques et expérimentaux sont développés pour comprendre et prévoir les processus de frottement, d'usure, d'endommagement, ainsi que le comportement des pièces et systèmes mécaniques et de leurs interfaces sous sollicitations complexes et sévères, statiques et dynamiques. Sont décrits ci-dessous les thématiques « composites » de ce laboratoire.

- **Simulation de la mise en forme des composites**

L'augmentation de l'utilisation de matériaux composites en particulier en aéronautique amène des besoins en simulation qui concernent à la fois la tenue en service et les procédés de mise en œuvre. Le LaMCoS mène des études concernant ce dernier point. L'objectif est double : il s'agit de connaître les conditions de faisabilité d'une mise en forme mais aussi de connaître les orientations des fibres qui sont très importantes pour les calculs en service. Le LaMCoS travaille principalement sur le formage des composites à fibres continues. Les modes de mise en forme des composites sont très spécifiques. La matrice, dont le rôle en service est d'empêcher le déplacement relatif des fibres n'est pas active pendant la mise en forme. Elle peut être absente (cas du RTM) ou non durcie (préimprégnés).

- Approches multiéchelles

Les renforts de composites sont typiquement des matériaux multiéchelle. L'échelle macroscopique est celle de la structure, l'échelle mésoscopique est celle de la maille élémentaire et l'échelle microscopique celle de la fibre. Ces échelles interagissent et le comportement au cours de la mise en forme est très influencé par les phénomènes aux échelles inférieures. Les actions du LaMCoS concernent principalement : i/ la mise au point de méthode de simulation de la mise en forme des renforts fibreux de composites basés sur des approches meso-macro, ii/ l'analyse et l'identification expérimentales et numériques du comportement des renforts fibreux. Le premier point (simulation) utilise les résultats du second (identification du comportement)

- Analyse expérimentale et simulation mésoscopique

Pour les renforts de composites minces les principaux essais sont la tension biaxiale et le cisaillement plan. Le comportement en tension biaxiale est spécifique compte tenu de l'entrecroisement des mèches tissées. Cette sollicitation correspond aux rigidités et possiblement aux énergies de déformation les plus importantes. Le cisaillement plan est très étudié dans le cas des renforts fibreux. Les variations d'angle sont grandes (jusqu'à 50°) et l'angle limite de cisaillement détermine l'augmentation de rigidité et l'apparition de plissement. Les essais sont réalisés par bias test (tension à 45°) (figure a) ou par cadre articulé. Une autre approche pour déterminer le comportement mécanique des renforts fibreux consiste à réaliser des analyses éléments finis mésoscopique c'est-à-dire sur une maille élémentaire. Ces calculs ne sont pas classiques car ils doivent tenir compte de la nature fibreuse des mèches. (Figure b pour une maille de taffetas en cisaillement plan)

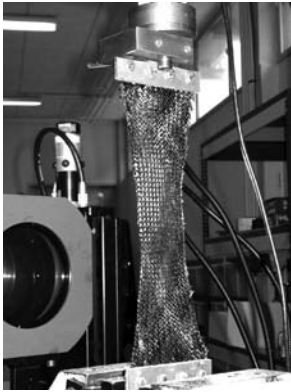


Figure a. Analyse du cisaillement par Bias Test

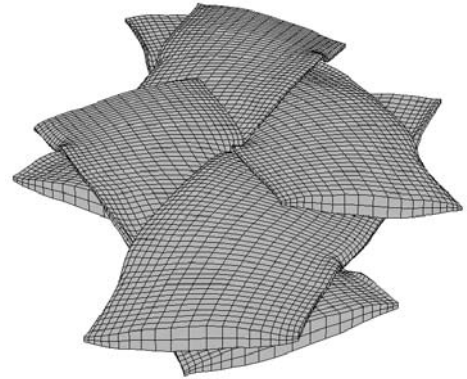


Figure b. Analyse E.F. mésoscopique en cisaillement plan

- Simulation de la mise en forme par des éléments finis semi-discrets

Des éléments finis spécifiques sont définis pour la simulation du formage des renforts fibreux. Ils sont composés d'un ensemble discret de mailles élémentaires dont le comportement a été analysé à l'échelle mésoscopique. On montre figure c un résultat de simulation de mise en forme obtenu avec ces éléments et où les plissements sont important.

Contact : Philippe Boisse (Philippe.Boisse@insa-lyon.fr)

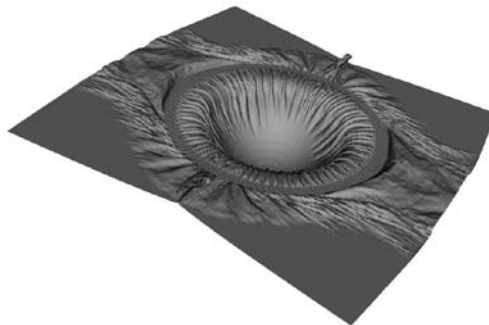


Figure c. Emboutissage hémisphérique d'un renfort déséquilibré

• **Comportement hydro-mécanique du bois**

Le bois est abordé au LAMCOS comme un matériau de structure et beaucoup des problèmes rencontrés sont ceux des matériaux composites :

- Importance de l'anisotropie du comportement : jusqu'à présent on ne considérait que le comportement axial en négligeant les propriétés transverses et le fait que les deux directions transverses ne sont pas équivalentes.
- Prise en compte de la physique de croissance des arbres (vaisseaux tubulaires assemblés selon les cernes de croissance) pour analyser les modes d'endommagement et de rupture voir (figure d)
- Influence des conditions hydriques et de leur variabilité sur la tenue à long terme des structures en bois (retrait-gonflement)

Contact : Hubert Maigre (hubert.maigre@insa-lyon.fr)

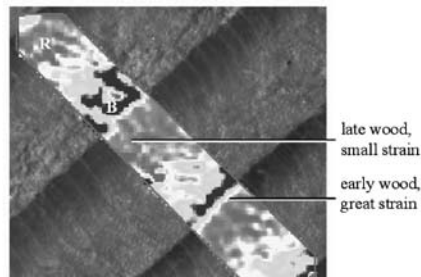


Figure d. Croissance des arbres et déformations

- **Sollicitations dynamiques des aubes composites**

Les aubes de compresseur de moteur d'avion doivent satisfaire entre autre, le test d'ingestion d'oiseau et de perte d'aube. Ainsi, les impacts d'oiseaux impliquent des sollicitations mécaniques parmi les plus importantes pour l'aube. Pour aller plus loin dans la simulation, on a besoin d'outils prédictifs disponibles pour évaluer la réponse en endommagement du matériau composite sollicité dynamiquement par un impact par exemple. L'évolution du dommage renseignera sur la ruine du matériau. Notons aussi le couplage qu'il existe entre l'endommagement et la dynamique (dépendance au maillage). Le modèle d'endommagement de composite utilisé (modèle de l'ONERA) permet d'avoir une cohérence avec l'expérience. Des calculs de simulations de réponses d'impact sur une structure éléments finis de plaque ont été effectués aussi, et les résultats numériques sont proches des résultats expérimentaux de SNECMA.

Contact : Alain Combescure, Thomas.Menouillard (thomas.menouillard@insa-lyon.fr)

2. Matériaux : Ingénierie et Science (MATEIS)

UMR CNRS 5510

INSA de LYON, Bât. Blaise Pascal, 7 avenue Jean Capelle, 69621 Villeurbanne cedex

Directeur : Jean-Yves Cavaillé

<http://www.insa-lyon.fr/gemppm/>

Le laboratoire MATEIS (issu de la fusion des laboratoires GEMPPM et LPCI, qui sera effective au 1/01/2007) compte actuellement 140 personnes dont 48 enseignants-chercheurs et chercheurs et 50 doctorants. Les objectifs fondamentaux du laboratoire sont de **caractériser, de comprendre et de modéliser les relations entre microstructure et comportement mécanique ou environnemental des matériaux, en vue d'optimiser ces microstructures au regard des propriétés d'usage**. Cette démarche menée dans les différents groupes concerne par conséquent les trois classes de matériaux de structure que sont les métaux et alliages, les céramiques et les polymères. Pour cela, le laboratoire est organisé en 6 équipes qui travaillent de concert sur les 4 thèmes de recherche du laboratoire dont la présentation suit.

- **Élaboration et genèse des microstructures.**

Les principales activités dans ce domaine concernent le frittage, soit de poudres polymères (2), soit de céramiques oxydes, carbures, nitrures et de nanocomposites à base zircone pour applications orthopédiques (3). Elles portent aussi sur l'obtention de matériaux à microstructures contrôlées. Il s'agit par exemple de composites modèles à matrice aluminium avec bille de zircone-silice (1), des nanocomposites polymères (2), des nanocomposites céramiques oxydes produits par sol-gel, des nanorevêtements céramiques sur acier ou encore de mousses et matériaux granulaires (3).

- **Caractérisation et évolution des microstructures.**

Un domaine d'excellence du laboratoire concerne la caractérisation des micro- ou nanostructures et de leur évolution en cours de sollicitation. MATEIS dispose d'une vaste gamme de moyens expérimentaux de caractérisation : microscopie électronique à balayage, microscopie électronique en transmission, microscopie à force atomique (4), diffraction et diffusion des rayons X (2,4), imagerie 3D par tomographie aux rayons X (1), pouvoir thermo-électrique et bruit Barkhausen pour la caractérisation des matériaux métalliques (1), techniques de caractérisation acoustiques ou électrochimiques des matériaux (5, 6), auxquels s'ajoutent des outils de caractérisation "par modélisation" ou développement théoriques (spectrométrie EELS (4), transformation de phase (1)).

La caractérisation microstructurale constitue une étape cruciale qui permet souvent de relier les propriétés obtenues aux conditions d'élaboration en permettant une "boucle de retour" ou encore de paramétrer la modélisation. Les différentes approches ont donc comme double souci de couvrir tous les niveaux d'échelles auxquels le laboratoire s'intéresse : atomique, nanoscopique, mésoscopique, microscopique et macroscopique et de suivre au mieux l'évolution des micro- ou nanostructures des matériaux, notamment lors de leur endommagement (essais in-situ).

- **Comportement sous sollicitation mécanique ou environnementale.**

Le comportement élasto-visco-plastique des matériaux non cristallins est abordé en considérant la modélisation de la mobilité moléculaire et la formalisation de lois de comportement des matériaux amorphes (2). Les études portent aussi sur le couplage dans les matériaux hétérogènes : réponse mécanique des élastomères chargés (2), des mousses solides (1,2), plasticité régulée des polycristaux (1).

En terme d'endommagement et de rupture des matériaux, les systèmes étudiés sont variés : PVC choc (2), réfractaires électrofondus (3), composites thermostructuraux à fibres et matrice céramique en fluage, fatigue cyclique et fatigue statique (3), fontes à graphite sphéroïdal (1), céramiques pour prothèses (3). L'endommagement est pris en compte dans le cadre des modèles d'homogénéisation (motifs particuliers endommagés, plasticité d'alliages métalliques) (1) ou en utilisant l'approche par zone cohésive (craquelage des polymères) (2).

Pour la corrosion et le couplage comportement mécanique / environnement (tribocorrosion ou corrosion sous contrainte notamment), l'identification des sources est réalisée par combinaison d'émission acoustique, de mesures électrochimiques et d'observations microstructurales (6, 4).

Une dernière activité se consacre aux recherches menées en matière de durabilité, avec une distinction entre les études portant sur l'identification des mécanismes (solicitations cyclique ou statique) et les aspects modélisation sur la base de modèles déterministes et/ou statistiques pour évaluer le potentiel restant (5). Citons en particulier l'analyse multivariées de l'émission acoustique produite dans les composites thermostructuraux (5, 3).

• Matériaux multifonctionnels.

La multifonctionnalité des matériaux peut être inhérente à leur constitution comme, par exemple, dans le cas d'une céramique ferroélectrique. Mais on peut aussi concevoir des dispositifs d'instrumentation légère en service qui apportent une fonctionnalité à un matériau de structure : on crée ainsi un système multifonctionnel. Le laboratoire accompagne la demande croissante de tels matériaux ou systèmes. En amont, les études portent sur les aspects mécaniques et/ou physiques de tels matériaux. A titre d'exemple, citons les matériaux à vocation biomédicale, soit passifs (céramiques pour prothèses), soit permettant la substitution osseuse (céramiques poreuses + polymères). Il s'agit aussi de matériaux permettant un couplage mécano-physique : composites à renforts nanotubes de carbone (2) ou alliages à mémoire de forme (1). En aval, il s'agit de la conception, la réalisation ou l'application de systèmes multifonctionnels en vue d'accomplir une fonction de capteur ou d'actionneur. En terme de systèmes multifonctionnels, on peut citer des actions concernant les actionneurs polymères (2), les détecteurs de rupture de fibres par courants de Foucault pulsés (5) ou le contrôle actif de santé de structures vibrantes par inserts piézoélectriques (5).

Les équipes de MATEIS :

(1) – Groupe Métaux et Alliages.

Responsable : Jean-Yves Buffiere (jean-yves.buffiere@insa-lyon.fr)

(2) – Groupe Polymères, Verres et Matériaux Hétérogènes.

Responsable : Catherine Gauthier (catherine.gauthier@insa-lyon.fr)

(3) – Groupe Matériaux Céramiques et Composites

Responsable : Gilbert fantozzi (gilbert.fantozzi@insa-lyon.fr)

(4) – Centre d'Etudes et de Caractérisations Microstructurales

Responsable : Thierry Epicier (thierry.epicier@insa-lyon.fr)

(5) – Groupe Durabilité, Ultrasons, Structures Intelligentes

Responsable : Joël Courbon (joel.courbon@insa-lyon.fr)

(6) – Groupe Réactivité des Interfaces et Ingénierie des Surfaces

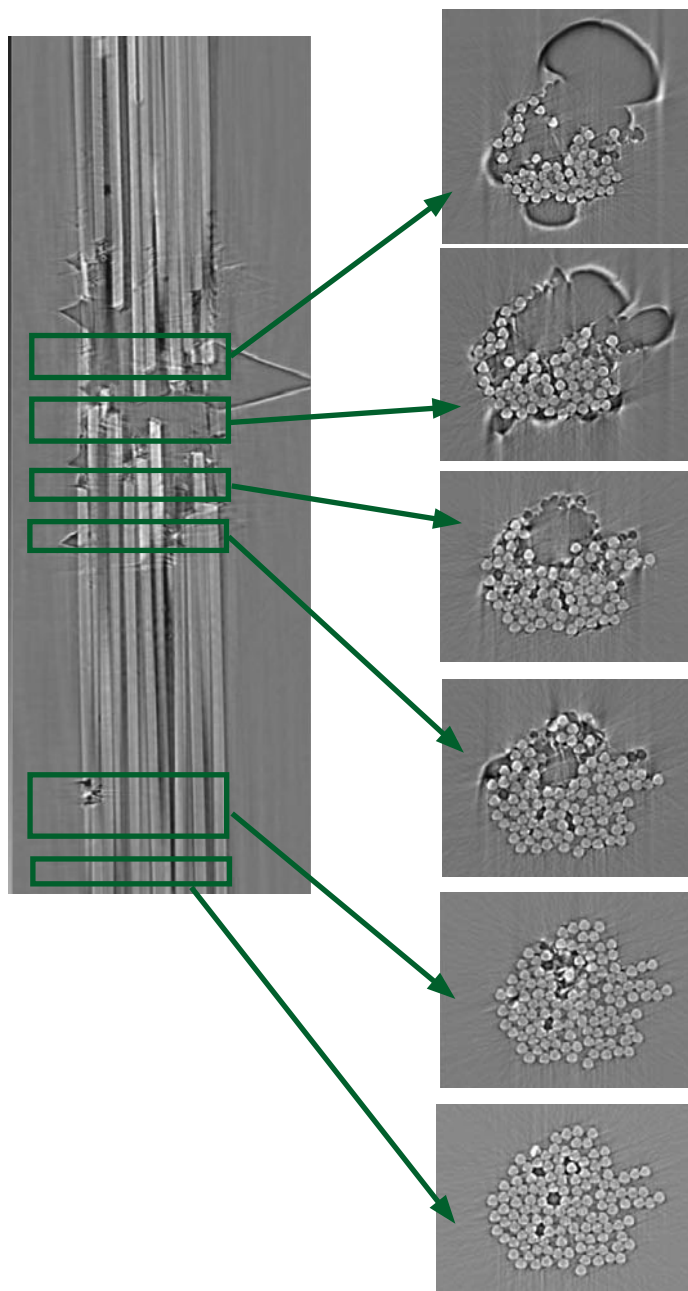
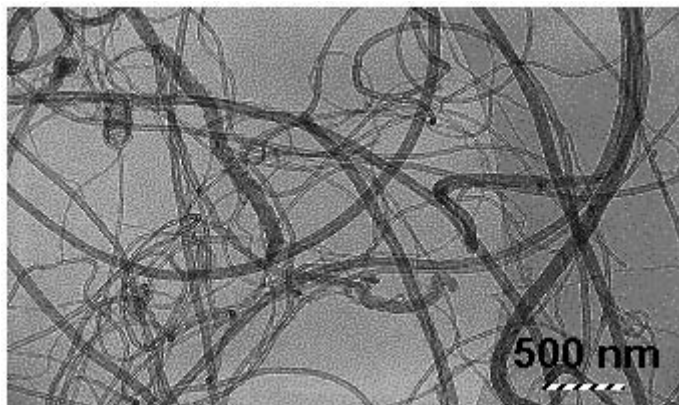
Responsable : Bernard Normand (bernard.normand@insa-lyon.fr)

Illustrations :

Rupture de composites polymère / fibre de verre étudiée par tomographie X haute résolution à l'ESRF.

D. Raz-Ben Aroush, E. Maire, C. Gauthier, S. Youssef, P. Cloetens and H.D. Wagner, Composites Science and Technology, 66, 1348-1353 (2006)

Nanotubes de carbone multi-parois : feuillets de graphite tubulaires concentriques synthétisés par CVD. F. Dalmás, J.Y. Cavallé, R. Dendievel, L. Chazeau, C. Gauthier (2005)



3. Laboratoire des Matériaux Macromoléculaires IMP/LMM – INSA Lyon Laboratoire des Matériaux Polymères & Biomatériaux IMP/LMPB – Univ. C. Bernard-Lyon I IMP UMR 5627 – Ingénierie des Matériaux Polymères

Directeur Jean-François Gérard

<http://www.insa-lyon.fr/implmm>

Les compétences développées au sein de l'IMP/UMR5627-Ingénierie des Matériaux Polymères dans le domaine des matériaux composites sont le fruit d'une longue expérience de recherche sur les chimies et les formulations des matrices thermodurcissables ou thermoplastiques, sur la chimie de surface et les traitements des renforts, des nano-objets aux fibres continues, sur les méthodes d'élaboration et procédés de mise en forme de ces systèmes ainsi que sur les morphologies et propriétés des matériaux obtenus. Ce sont les quatre volets qui vont être illustrés dans la suite et qui traduisent la démarche de recherche "de la synthèse au matériau", propre à l'IMP. Les travaux menés conjuguent l'étude des mécanismes fondamentaux (chimiques, thermodynamiques, physico-chimiques et interfaciaux) de l'élaboration de ces matériaux composites avec le développement d'outils de métrologie et de modèles pertinents, afin de parvenir *in fine* à une meilleure maîtrise de leur mise en oeuvre et de leurs propriétés.

Dans le domaine des **matrices polymères**, l'IMP a développé une expertise qui concerne aussi bien les différentes chimies des systèmes thermodurcissables (époxy, polyuréthanes, cyanate-esters, polyesters insaturés, etc.) que celles mises en oeuvre pour certains thermoplastiques tels que les polyamides, polycaprolactone, polyacide lactique (polymérisation par ouverture de cycle en particulier) ou polyuréthanes. La formulation des matrices thermodurcissables est étudiée, afin d'améliorer leurs propriétés mécaniques ou de leur conférer des fonctionnalités spécifiques. Des modifications font intervenir une autre phase, qui peut être polymère : élastomère, thermoplastique de T_g élevée, copolymère à blocs. La maîtrise de la (nano)structuration du mélange au cours de la réticulation est le facteur déterminant vis-à-vis de la morphologie finale du matériau, qui elle-même conditionne les propriétés. Il en va de même lorsque l'on modifie la matrice au moyen d'une phase sous la forme de nano-objets organiques (polymères hyper-branchés, copolymères à blocs, nanotubes de carbone) ou inorganiques, préformés ou générés *in situ* via la chimie des alkoxydes métalliques, par procédé sol-gel classique ou par extrusion réactive.

Plus récemment, le développement de nouveaux systèmes et formulations, en particulier thermodurcissables, permet d'apporter des propriétés fonctionnelles innovantes répondant à des exigences industrielles (en termes de procédés ou de performances et fonctionnalités des pièces), environnementales ... Pour illustrer ce dernier point, on peut citer des travaux menés au sein de l'Unité portant sur l'introduction de fonctions chimiques clivables pour le recyclage ultérieur du matériau et la récupération du renfort (éco-conception).

L'activité de recherche de l'IMP sur les **renforts et fibres de renfort** couvre elle aussi un spectre large, lié à la diversité des objets inclus sous cette dénomination et des problématiques posées. Les renforts étudiés sont en effet de taille, de forme et de nature chimique très variées : nanoparticules (de silice en particulier), nanocharges de la famille des silicates (argiles comme des smectites ou sepiolites), nanoparticules métalliques, nanotubes de carbone, whiskers, fibres (de verre, de carbone, aramides, cellulosiques), renforts tissés ou tricotés de structure plus ou moins complexe ... La problématique commune est la maîtrise de l'adhésion renfort-matrice, mais la dispersion des charges ou des fibres est aussi un point essentiel dans le domaine des renforts de taille nano- à micrométrique. Les compétences de l'IMP concernent l'analyse des ensimages, les chimies et traitements de surface des renforts via des réactions de greffage (agents de couplage, chimie des organosilanes en particulier), des mécanismes d'échange cationique, des modifications de surface pour les fibres cellulosiques, mais aussi la génération *in situ* de compatibilisants fibres-matrice. Le design de nouveaux traitements permet d'apporter, outre l'adhésion fibre-matrice, des fonctions supplémentaires comme une meilleure dispersion ou une meilleure résistance à la propagation de fissures.

Les **méthodes d'élaboration et les procédés de mise en oeuvre** sont également au coeur de la recherche dans l'UMR5627. Pour les composites à matrice thermoplastique, l'extrusion bivis ou l'extrusion réactive est étudiée en tant que phase d'élaboration du composite en termes de mélange, compatibilisation de la charge ou génération *in situ*. Les études sur la mise en forme portent principalement sur les paramètres physico-chimiques qui contrôlent le rotomoulage et sur l'injection (nanocomposites, matrices renforcées de fibres de verre, de fibres d'origine végétale), avec des problématiques centrées sur la rhéologie, la processabilité, l'état de dispersion des charges ou fibres dans la pièce finale, les corrélations entre paramètres de procédé et morphologie/propriétés de la pièce.

Les compétences de l'IMP concernent également différents procédés de mise en oeuvre de thermodurcissables : enroulement filamentaire, RTM, moulage par compression (SMC), moulage au sac. Les problèmes de rhéologie sont très présents dans ces opérations, car les propriétés d'écoulement de la formulation en cours de réaction doivent rester compatibles avec le procédé de mise en oeuvre, et le développement de modèles rhéocinétiques pertinents constitue donc un des axes de travail sur ces procédés. Dans le cas du RTM, la perméabilité du renfort conditionne aussi l'écoulement de la matière et l'injection sur préforme a été étudiée d'un point de vue expérimental (moule transparent) et théorique. La viscosité de la formulation étant le paramètre limitant pour ce procédé, certains additifs comme des thermoplastiques sont positionnés avec la préforme, sous forme de film, poudre ou fibre.

Toutes les machines disponibles dans l'Unité sont instrumentées et les travaux menés s'accompagnent de développements d'outils de métrologie pour le suivi des réactions *in situ* : couplage rhéométrie dynamique/spectrométrie proche infra-rouge, microdiélectrométrie dans le moule, mesures de flux thermique etc., en support de la modélisation.

Dans le domaine de la **caractérisation** des matériaux, les compétences de l'IMP concernent l'analyse des morphologies (morphologies des interfaces/interphases, processus de transcrystallinité dans les thermoplastiques semi-cristallins) et l'étude des propriétés physiques : comportement viscoélastique et mécanique, mécanismes de la rupture, essais mécaniques permettant d'analyser les interfaces et de remonter à l'adhésion fibre-matrice, etc. Notons qu'une mutualisation des moyens et compétences est présente au niveau de l'INSA dans le domaine de la métrologie (flux thermique), de la caractérisation structurale et mécanique et de la modélisation du comportement (GRPP : Groupe de Recherche Pluridisciplinaire en Plasturgie).

Enfin, le concept de durabilité des matériaux composites entre dans le champ de recherche de l'IMP avec l'étude du vieillissement hydrothermal ou sous rayonnement de ces matériaux, dans une optique d'analyse des processus élémentaires de leur dégradation.

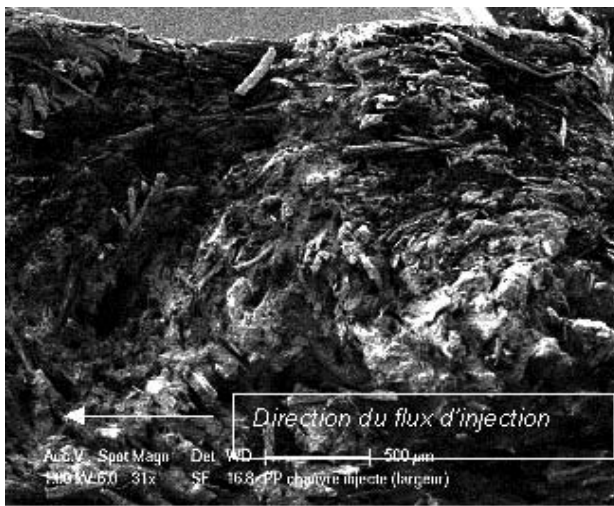
Pour conclure, on peut remarquer qu'il existe actuellement dans le domaine des matériaux composites une demande forte pour des pièces alliant à la fois des propriétés structurales hautes performances (résistance au délaminage, en compression...) et fonctionnelles (perméabilités, propriétés optiques...). Par ailleurs, les exigences environnementales, de plus en plus sévères, imposent d'envisager la fin de vie de ces pièces dès leur phase de conception et suscitent un regain d'intérêt pour les procédés « moule fermé » tels que le RTM. L'IMP possède les compétences pluridisciplinaires indispensables pour répondre à cette demande.

Contacts :

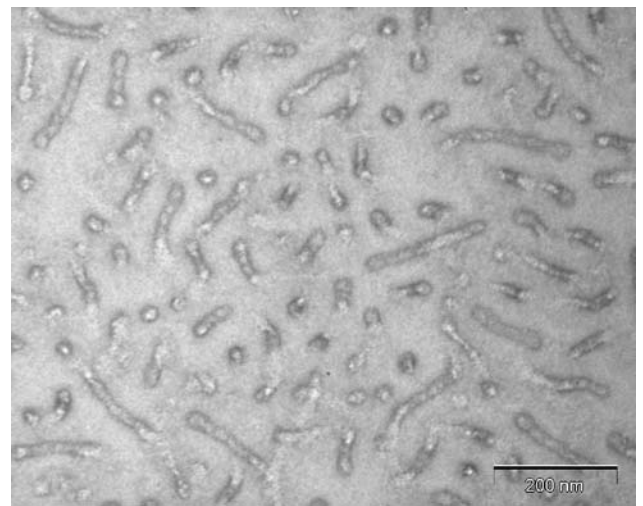
Claire Barres (claire.barres@insa-lyon.fr)

Jean-Pierre Pascault (jean-pierre.pascault@insa-lyon.fr)

Jean-Francois Gerard (jean-francois.gerard@insa-lyon.fr)



Observation par microscopie électronique à balayage du faciès de rupture d'une éprouvette de flexion en composite polypropylène/fibres de chanvre extraite d'une plaque injectée



Matrice epoxyde nanostructurée à l'aide d'un copolymère à blocs (30%). Sara Maiez et al, IMP/LMM.

AGENDAMAC



Conférences organisées ou parrainées par l'AMAC

JNC 15

Marseille, 6-8 juin 2007

15^e Journées Nationales des Composites - www.jnc15.cnrs-mrs.fr

Contact :

Christian HOCHARD hochard@unimeca.univ-mrs.fr (04-91-11-38-75)
 Juliette PAYAN juliette.payan@univmed.fr (04-91-11-38-40)
 Contacts administratifs : Promo Sciences (04-91-91-24-89)
 7 impasse Roqueplan 13002 MARSEILLE
 Viviane BERNADAC bernadac@promosciences.com
 Muriel WAGNER info@promosciences.com

JST Vieillissement des Matériaux Composites

Paris, 8 mars 2007

JST AMAC « Vieillissement des Matériaux Composites » à l'ENSAM Paris

Contact :

B. FAYOLLE ou X. COLIN - ENSAM Paris, LIM - 151 Bd. de l'hôpital, 75013 Paris
 Tél : 01 44 24 61 05 Fax : 01 44 24 63 82
xavier.colin@paris.ensam.fr ; bruno.fayolle@paris.ensam.fr
 Secrétariat du LIM (S. AGYS) - Tél : 01 44 24 63 41 - Fax : 01 44 24 62 90
 Secretariat.LM3@paris.ensam.fr

HTCMC-6

New Delhi, 4-7 septembre 2007

High Temperature Ceramic Matrix Composites

Contact :

Prof. L.M. Manocha, Chairman, HTCMC-6,
 Department of Materials Science, Sardar Patel University, Vallabh
 Vidyanagar - 388120 Gujarat, India.
 Telefax: 91 2692 235183 ; E-mail: htcmc6@gmail.com ; lalitmanocha@gmail.com

Autres conférences

Materials 2007

Porto, 1-4 Avril 2007

“Materials 2007” – IV International Materials Symposium

Contact : Secrétariat : Fernanda FONSECA ; materials2007@fe.up.pt ; www.fe.up.pt/materials2007

JEC

Paris, 3-5 Avril 2007

Show - Journées Européennes des Composites

Contact : www.jeccomposites.com/jec-show

ACIC 07

Bath (UK), 2-4 Avril 2007

Advanced Composites in Construction Conference 2007

Contact : ACIC 2007 Secretariat - Fax: +44 (0)1225 386691 – e-mail: acic07@bath.ac.uk
<http://www.bath.ac.uk/ace/acic07/>

DFC 9

Sheffield, 11-13 Avril 2007

9th Deformation & Fracture of Composites

Contact : Frank JONES & Costas SOUTIS – Secrétariat : Helen Fletcher
Fax : +44 114 222 59 43 – h.l.fletcher@scheffield.ac.uk – www.sheffield.ac.uk/materials/confrences/dfc9/index.html

COMP - 07

Corfu, 16-18 Mai 2007

6th International Symposium on Advanced Composite Technologies NEW GENERATION COMPOSITES

With special focus on Nanocomposites, Composites in Aeronautics & Aerospace

Contact : e-mail: comp07@mech.upatras.gr ; www.mech.upatras.gr/comp07

CDCC'2007

Québec, 22-24 Mai 2007

3rd International conference & field application of fiber reinforced polymer (FRP) composites for construction

Contact : Dr. Brahim Benmokrane, Université de Sherbrooke
e-mail : CDCC2007@Usherbrooke.ca ; www.civil.USherbrooke.ca/CDCC2007

ACMA 2007

Agadir, Maroc, 22-24 Mai 2007

International Symposium on Aircraft Materials 2007

2007 International Symposium on composites and aircraft materials : damage and fatigue diagnostics

Contact : Secretariat of ACMA 2007 High School of Technology (ESTA), Ibn Zohr University, BP 33/S, Agadir, Morocco. e-mail : acma2007@esta.ac.ma

EMMC10

Kazimierz Dolny (Pologne), 11-14 Juin 2007

10th European Mechanics of Materials Conference

Contact : Dr. Elzbieta PIECZYSKA - epiecz@ippt.gov.pl
Dr. Stephane PATTOFATTO - pattofatto@lmt.ens-cachan.fr

THEPLAC 2007

Ostuni / Brindisi (Italie), 28-29 Juin 2007

International workshop on thermoplastic matrix composites

Contact : MGN Meeting & Congressi ; e-mail : theplac@cetma.it ; www.cetma.it/theplac2007

13th International Conference on Experimental Mechanics**► Symposium on Sandwich Structures and Core Materials**Contact :Pr. E.E. Gdoutos – e-mail : egdoutos@civil.duth.gr ; www.icem13.gr► Pour le Symposium : Dr. Robert Mines - R.Mines@liverpool.ac.uk
Prof. Ole Thybo Thomsen - ott@ime.aau.dk**16th International Conference on Composites Materials**Contact :e-mail : iccm16loc@chofu.jaxa.jp – Tel. : +81-(0)422-40-3560Fax : +81-(0)422-40-3599 - <http://www.jscm.gr.jp/iccm-16/index.html>**15th International Conference on Composites Engineering**Contact :http://myweb.polyu.edu.hk/~mmkltlau/ICCE/ICCE_Main.htm**8th International Symposium on Fiber Reinforced Polymer Reinforcement
for Concrete Structures**Contact :

Prof. Thanasis Triantafillou ; Tel: +30 2610 997764 ; Fax: +30 2610 996155

e-mail: frprcs8@upatras.gr ; <http://www.frprcs8.upatras.gr>**8th Seminar on Experimental Techniques and Design in Composite Materials**Contact :<http://dimeca.unica.it/etdcm8>- Pr. Francesco Aymerich, Univeristy of Calgari,
Dept. of Mechanical Engineering, e-mail : aymerich@iris.unica.it**CONTACTS****Adhésions :**Formulaire téléchargeable sur le site de l'AMAC : www.amac-composites.asso.fr- Président de l'AMAC : Jacques LAMON – lamon@lcts.u-bordeaux1.fr- Secrétaire de l'AMAC : Philippe BOISSE – Philippe.Boisse@insa-lyon.fr- Trésorier : Yves REMOND - remond@imfs.u-strasbg.fr**Liste de diffusion aux adhérents de l'AMAC :**

Pour les annonces de soutenances de thèse, propositions de sujets, conférences...

Envoyez un courrier électronique (sans fichier attaché) à : amac@enpc.fr**AMACINFOS**
Rédaction - Information**(Envoyez vos annonces de conférence à publier dans AMAC INFOS)**Philippe OLIVIER, Equipe PRO²COM

Laboratoire de Génie Mécanique de Toulouse, Dépt. GMP,

IUT Paul Sabatier, 133 C avenue de Rangueil, B.P. 67701, 31077 Toulouse CEDEX 4

Tel : 05 62 25 88 36 ; fax : 05 62 25 87 47 ; philippe.olivier@iut-tlse3.fr