

Novembre 2007 - n°24

## ÉDITORIAL

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



### In memoriam Professor Emeritus Albert CARDON (1938 – 2007)

Notre collègue Albert Cardon nous a quittés le 15 mai dernier. Il était membre de l'AMAC depuis de nombreuses années. Il comptait de nombreux amis parmi la communauté des matériaux composites. L'AMAC s'associe à l'hommage qui lui est rendu par ses collègues, les Professeurs Danny Van Hemmerijck de l'Université Libre de Bruxelles, et Joris Degrieck de l'Université de Gand.

*On May 15th, 2007 prof.dr.em. Albert Cardon left us, after a long fight against his disease. It is with deep regret, but at the same time with immense gratitude for all the indelible memories that we look back upon the life of our jovial but hard working colleague Albert.*

*Throughout the world Albert was a well known authority, in the field of mechanics of materials. Viscoelasticity and experimental mechanics,*

*mostly related to composite material systems, were his favourite subjects. For most of us, he was equally known as a very active member of the editorial board of different international scientific journals, as well as council member and/or president of many societies, among which the European Association of Experimental Mechanics (EURASEM) and the European Society for Composite Materials (ESCM). He was organizer and/or co-organizer of many national and international workshops and conferences, such as "his" regular conferences on "Durability of Composite Systems", and the successful "10th European Conference on Composite Materials" in 2002 in Bruges, Belgium. He was a popular, but at the same time much respected guest, for a few days to several months, at numerous renowned institutes and universities all over the world.*



*Albert was born in Antwerp, Belgium, on July 21st, 1938 where he spent both his childhood and his youth. In 1959 he obtained his master's degree in mathematics at the "Université Libre de Bruxelles". In 1971 he obtained his doctorate, which treated the non-linear vibration behaviour of thin plates. Before, he studied the use of photo elasticity for experimental stress analysis of constructions. In 1976 he was nominated full professor at the Engineering Faculty of the*

*Free University of Brussels (VUB). Numerous are the students who followed his courses on mechanics of materials, continuum mechanics, experimental mechanics and theory of plates and shells, in which his playing with indices of stress and strain tensors became famous.*

*Albert was the driving force of the COSARGUB research group, one of the first research groups on composite materials within a Belgian university. Until his retirement September 2003 he was head of the department of "Mechanics of Materials and Constructions (MeMC)".*

*Albert died at the age of 68. He is survived by his wife Nelly and his two children Philippe and Françoise.*

L'AMAC joue un rôle de catalyseur scientifique important dans la recherche publique et privée intéressée par les matériaux composites depuis près de trente ans. Ce rôle est souvent relativement marginal auprès des entreprises petites et moyennes. Cependant, il est plus fort auprès des grandes entreprises ayant des préoccupations d'innovation technologique et des connexions de recherche fortes avec les laboratoires.

### Point de vue Par Yves Rémond et Fodil Meraghi Quelles évolutions pour l'AMAC ?

On doit naturellement saluer le travail majeur de l'AMAC dans deux directions. L'édition d'un état de l'art biannuel de la recherche française (et dans une moindre mesure francophone) dans le domaine des matériaux composites par l'intermédiaire des JNC. Cette réunion pérenne très réussie

depuis de nombreuses années est aussi l'occasion de débats et d'interactions entre tous les spécialistes. On doit également saluer l'existence des JST. Focalisées thématiquement sur des points précis, elles animent au jour le jour notre communauté élargie et il faut poursuivre les

appels à propositions dans ce domaine. Un débat reste présent sur la valorisation (dans des revues scientifiques) des travaux qui y sont publiés.

On doit cependant réfléchir aux autres activités que pourraient proposer l'AMAC dans une conjon-

ture nationale et internationale de la recherche qui évolue fortement. Le rôle de l'AMAC pourrait être de faciliter le travail des laboratoires dans des domaines où le collectif l'emporte sur l'individuel comme les relations internationales. L'exemple de la mission en Inde que l'AMAC a menée il y a deux ans est exemplaire. Ses retombées ont été fortes puisque plusieurs laboratoires ont conclu dans la foulée des collaborations fructueuses avec des laboratoires indiens. Cependant, les retombées industrielles ont été inexistantes pour le moment. En Allemagne comme en Grande-Bretagne, une opération de ce genre aurait réuni dès le départ des industriels et des universitaires. Comment y arriver ? Faut-il poursuivre ces actions, où et avec quels objectifs ? Ces questions nécessitent des avis des membres de l'association et des propositions à remonter au CA.

Comment rendre plus facile les contacts avec les entreprises pour les laboratoires, avec les laboratoires pour les entreprises ? Le site web de l'association pourrait être mieux valorisé dans ce dessein. Certains nous en font part et ils ont raison. Les sites web de nombreuses associations américaines sont gérés par des professionnels et jouent ce rôle, mais notons que cet objectif ambitieux n'est réalisable qu'avec un investissement important des membres actifs. Là encore, ce ne sont pas les idées qui manquent, mais le temps que cela prendrait pour ceux qui accepteraient de les promouvoir concrètement. Ne rêvons pas, sans « retour sur investissement », il y a peu de chance de trouver cette énergie au sein de la communauté. Enfin, il existe un dernier domaine où l'AMAC pourrait jouer un rôle fédérateur, il s'agit de la définition de grandes orientations scientifiques associées aux programmes

de recherche nationaux et européens (ANR, FP7, autres projets binationaux financés, etc.). La communauté aurait tout intérêt à s'organiser en lobby, comme le font si bien les allemands pour le PCRDT. Des collaborations scientifiques très importantes pourraient alors être engagées. Ce dernier point nous paraît crucial, il donnerait à l'AMAC un rôle fédérateur majeur et permettrait de réelles retombées pour les laboratoires ou industriels qui participent à nos travaux. D'autres débats existent sur le rôle de formation que l'AMAC pourrait jouer pour la communauté française dans les composites. Sur ce point un large consensus existe, il ne manque que les énergies pour démarrer. On connaît dans ce domaine de multiples expériences développées avec succès par des associations cousines (GFP, GFR, MECAMAT, ...). Nous cherchons des volontaires ! Pour terminer ce point de vue, fai-

sons état d'un débat récurrent : on nous pose souvent des questions relatives aux nanomatériaux et aux nanotechnologies et au rôle de l'AMAC dans ce domaine. Actuellement, les nanomatériaux ne proposent qu'une amélioration marginale des comportements mécaniques des structures. Les augmentations du module d'Young ou des contraintes à rupture sont faibles en rapport avec les possibilités qu'offrent les fibres classiques. Les applications électriques semblent plus fertiles pour le moment, même si des résultats récents sur le délaminage ou la réparation de structures fissurées semblent être intéressants. Plusieurs participants des JNC15 ont proposé des interventions sur ce sujet. Un avis assez collégial consiste néanmoins à ne pas imaginer que ces renforts pourront jouer un rôle similaire à nos renforts actuels.

## VIE DE L'ASSOCIATION



### Prix Daniel Valentin : le lauréat 2006

Sébastien BERTRAND est le lauréat du Prix Daniel Valentin 2006. Sébastien BERTRAND est âgé de 34 ans et occupe depuis 2000 un poste d'Ingénieur R&D à SNECMA Propulsion Solide Le Haillan. Il obtient en 1995 le diplôme d'Ingénieur de l'Ecole Supérieure de l'Energie et des Matériaux ESEM d'Orléans, spécialité génie des matériaux et physico-chimie des matériaux ainsi qu'un DEA matière condensée et diluée de l'Université d'Orléans. Il a ensuite effectué une thèse en chimie du solide, science des matériaux à l'Université de Bordeaux I sous la direction du Professeur Jacques Lamon, soutenue en 1998 et en collaboration avec Snecma propulsion solide. Le sujet, « Amélioration de la durée de vie des Sic-Sic à interphase nanoséquencée », s'inscrit dans le cadre de l'amélioration des performances des pièces en composites aéronautiques. Un post doc Onera sur l'élaboration de céramiques par la méthode de frittage-réaction suit la thèse et inscrit Sébastien BERTRAND durablement sur les thématiques céramique. Une première expérience professionnelle (Tekelec) d'un an sur des problématiques céramiques cette fois destinées à l'électronique ne le détourne pas de sa spécialité. Enfin, il revient en 2000, à Snecma comme Ingénieur R&D, matériaux et composites thermostructuraux. Il y est aujourd'hui responsable de l'équipe « procédés voies gazeuses ».

D'un point de vue scientifique, il apparaît que Sébastien BERTRAND a durant sa thèse contribué à l'amélioration de la durée de vie des sic/sic, en proposant de nouvelles architectures d'interphases résistantes à l'oxydation, une matrice autocicatrisante, et un procédé de traitement de renfort fibreux. Pour ce faire, il a su développer un réel savoir-faire dans les techniques d'élaboration, de traitement et de caractérisation sophistiquée de cette famille de céramique. Cette compétence semble appréciée chez Snecma qui lui a confié des missions en ce sens à savoir, le développement de nouveaux procédés de densification voie gazeuse (C/C et CMC), le transfert des procédés à la production et la prise en compte des aspects santé-environnement et de réduction des coûts. Il faut souligner le dépôt de 8 brevets depuis 2002, ce qui souligne l'efficacité de ses travaux et l'intérêt que Snecma y prête. La production d'articles est elle aussi abondante et témoigne quant à elle de la reconnaissance académique de Sébastien BERTRAND.

Sébastien BERTRAND présentera ses travaux lors des prochaines Journées Nationales des Composites, JNC16 en 2009.

**Pr Frédéric THIEBAUD (chargé de l'organisation du prix D. Valentin)**  
**Laboratoire de Mécanique Appliquée R. Chaléat**  
**24 rue de l'Épitaphe - 25000 Besançon**

## Bilan de la JST « Vieillesse des Matériaux Composites » du 8 mars 2007 à l'ENSAM de Paris

Cette Journée Scientifique et Technique de l'AMAC a été co-organisée par Bruno Fayolle et Xavier Colin. Elle a réuni plus de 90 personnes avec la participation, entre autres, de plus de 40 personnalités du monde industriel (ACTARIS, CEA, CIRA, CNIM, DCN Propulsion, DGA, EADS, EDF, HEXCEL Renforcements, IFP, INEO Défense AMP, LCPC, MATERIA NOVA ASBL, NEXANS, ONERA, PERMASWAGE, RHODIA, SAIPEM SA, SCHNEIDER ELECTRIC, SNCF, SNECMA, SNPE, ...), ce qui traduit un vif regain d'intérêt pour ce thème (toujours) d'actualité.

13 conférences ont été présentées (5 invitées et 8 sélectionnées par le Comité Scientifique de la journée). Un recueil des textes complets des conférences est en préparation. Il fera l'objet d'un numéro hors série de la Revue des Composites et Matériaux Avancés (parution prévue à l'automne 2007).

Cette journée s'est placée dans la continuité des JST de Besançon (28-29 mai 2001, « Relation chimie/propriétés des matériaux composites ») et de

Moret-sur-Loing (29-30 mai 1996, « Durabilité des matériaux composites »).

La première partie de la journée a permis de faire un trait d'union avec ces deux JST, puisqu'elle a été consacrée à l'identification et la compréhension des mécanismes physico-chimiques de vieillissement (physique et chimique) et à leurs conséquences sur les propriétés d'utilisation conventionnelles : mécaniques et thermomécaniques, mais aussi sur d'autres propriétés plus spécifiques de l'utilisation : diélectriques, électriques, de barrière au gaz ou de résistance au feu.

Un grand nombre d'associations de matrices organiques (thermoplastiques, élastomères et thermodurcies) et de renforts (tissus, fibres longues, courtes ou coupées, charges micrométriques et charges nanométriques) a été abordé, ce qui montre la richesse des applications de ces matériaux dans des domaines aussi divers et exigeants que sont les transports, l'énergie, le nucléaire et le génie civil.

La seconde partie a plutôt été dédiée aux dernières avancées en matière de modélisation du vieillissement et de ses conséquences sur le plan mécanique en vue d'une prédiction de la durée de vie. L'accent a été mis sur les approches multi-échelles et multidisciplinaires faisant interagir les outils des physico-chimistes, spécialistes du vieillissement, et les outils des mécaniciens, spécialistes de la modélisation des lois de comportement. Les interventions les plus remarquées (et les plus remarquables) ont porté sur les vieillissements hygrothermique et thermo-oxydant, en présence ou non avec de contraintes thermo-mécaniques.

C'est dans ce domaine de recherche que, manifestement, devraient se faire les avancées les plus significatives dans les années à venir. Il serait donc souhaitable qu'il devienne un thème de prédilection des futures JST.

**Xavier COLIN**

**Membre de l'AMAC et de la SFC**

---

## Extraits du Compte-rendu de « MATERIAUX 2006 » 13-17 novembre 2006 à Dijon

Si la première conférence du cycle, «MATERIAUX 2002» à Tours, avait déjà été un succès, on peut dire que «MATERIAUX 2006» qui s'est tenue du 13 au 17 novembre dernier à Dijon a été un triomphe ! Les chiffres en témoignent : dans un Palais des Congrès bondé, ce sont 1600 participants qui se sont serrés les coudes pour assister aux plus de 700 présentations orales proposées par les 19 colloques associés dans la conférence, et consulter les 500 communications par affiches. La qualité était également au rendez-vous avec un niveau scientifique globalement jugé «très bon» par les organisateurs de colloques. Parallèlement à la conférence, une exposition a rassemblé quelques 55 exposants. Enfin, un comité local d'organisation particulièrement dynamique a assuré non seulement le quotidien pratique de l'organisation de la conférence, mais également organisé de nombreuses manifestations périphériques dans le programme «Matériaux en Fête». Les participants à «MATERIAUX 2006» se sont répartis en universitaires (50 %), industriels (20 %), étudiants (20 %) et membres d'organismes publics (CEA, DGA, ONERA, ...) (10 %). La participation massive d'étudiants de second et troisième cycle et de jeunes chercheurs souligne la réussite de cette manifestation.

«MATERIAUX 2006» a été organisée par vingt trois sociétés savantes associées au sein de la Fédération Française des Matériaux (FFM, <http://www.ffmateriaux.org/>). Créée pour pérenniser les collaborations entre sociétés savantes à la suite de la conférence «MATERIAUX 2002», la FFM, qui regroupe actuellement vingt-quatre sociétés savantes, a, entre autres, pour but de coordonner les actions de ces associations dans le domaine des matériaux. Dans cette optique, les conférences «MATERIAUX», qui ont lieu tous les quatre ans, constituent un point de rencontre pour l'ensemble des disciplines de la science des matériaux.

Les cinq conférences plénières qui ont ouvert chacune des journées de «MATERIAUX 2006», données devant un amphithéâtre de plus de 600 places quasiment plein, ont été de haut niveau et très appréciées par les congressistes. Les orateurs étaient Markus ANTONIETTI du Max Planck Institut de Postdam (structures hiérarchisées), Jean-Marie TARASCON de l'Université de Picardie (matériaux pour le stockage de l'énergie), Patrick LEDERMANN du CEA (matériaux pour les réacteurs nucléaires de 4ème génération), Dominique CHANDESRIS de SOLEIL et de la Direction Scientifique du département MPPU du CNRS (le synchrotron SOLEIL et les matériaux) et Daniel BERNARD d'ARKEMA (composites à base de nanotubes de carbone).

«MATERIAUX 2006» était constituée d'un ensemble de 19 colloques dont les thèmes avaient été proposés par les sociétés organisatrices. Pour chacun des colloques, des représentants de différentes associations ont œuvré ensemble pour solliciter des propositions de communications, les sélectionner et établir un programme. Les principales thématiques abordées, et les faits saillants associés, sont résumés ci-dessous.

### Colloque 1. Nano Mat - Tech : des NanoMatériaux aux NanoSystèmes

CLUB NANO-MICRO TECHNOLOGIE, GFA, GFP, GFCC, GFC, GFEC, MECAMAT, RFM, SF2M, SFGP, SFN, SF $\mu$

8 demi-journées - 65 communications orales - 90 communications par affiches.

### Colloque 2. Matériaux pour et par le vivant

GFC, GFP, MECAMAT, SF2M, SF $\mu$

4 demi-journées - 34 communications orales - 24 communications par affiches

### Colloque 3. Maîtrise des microstructures des matériaux : du laboratoire au procédé industriel

AMAC, GFC, GFCC, MECAMAT, SFGP, SF2M

5 demi-journées - 53 communications orales - 40 communications par affiches

Les principaux domaines couverts par ce colloque ont été les relations entre procédé, microstructure et propriété, la progression de la maîtrise des moyens de caractérisation des microstructures (EBSD, MET et microtomographie). Les succès des programmes associant universitaires et industriels a été mis en avant. On peut noter l'importance de la «chimie douce» et la recherche de microstructures fines obtenues sans avoir recours à des nanoparticules.

### Colloque 4. Corrosion, vieillissement : durabilité des matériaux

AMAC, CEFACOR, COFREND, GFC, MECAMAT, SF2M

8 demi-journées - 71 communications orales - 70 communications par affiches

Ce colloque a essentiellement concerné l'influence de la corrosion sur le vieillissement des structures (prédiction et amélioration de la durabilité), ainsi que le développement de méthodes d'évaluation de la corrosion, du vieillissement et de l'endommagement. Ont particulièrement été mis en exergue l'importance croissante des revêtements, des traitements de surface et des inhibiteurs. La durabilité ressort comme une préoccupation forte dans les grands secteurs industriels de la production d'énergie et l'industrie du transport.

### **Colloque 5. Simulation et innovation, qualité et productivité en soudage**

SIS

5 demi-journées - 49 communications orales - 12 communications par affiches

### **Colloque 6. Les verres : du laboratoire au procédé industriel**

GFC, SFMC, SFMC

2,5 demi-journées - 19 communications orales - 15 communications par affiches

### **Colloque 7. Thermodynamique et comportement des matériaux à haute température (>1200°C)**

GFC, MECAMAT, SFMC, SF2M

4 demi-journées - 26 communications orales - 14 communications par affiches

### **Colloque 8. Méthodes de frittage non conventionnelles**

GFC, SF2M

2 demi-journées - 31 communications orales - 11 communications par affiches

### **Colloque 9. Fonctionnalisation des surfaces – interfaces**

AMAC, GFC, GFEC, GFP, MECAMAT, SF2M, SF $\mu$ , SFV

9 demi-journées - 74 communications orales - 80 communications par affiches

Les principales thématiques abordées ont été la fonctionnalisation et la caractérisation des surfaces, ainsi que les propriétés physico-chimiques et mécaniques des interfaces. Sont particulièrement ressortis l'extension des procédés de greffage, des applications biologiques et aéronautiques, des dépôts nanostructurés, nanocomposites et nanostratifiés et l'apport des grands instruments et des méthodes nucléaires de caractérisation. La partie dédiée à l'étude des objets du patrimoine a été particulièrement appréciée. Parmi les thèmes à développer dans ce domaine, on citera les nanobiotechnologies, la transformation des propriétés de surface par insertion de nanostructures ou le greffage de macromolécules, la modélisation des nanostructures, les méthodes de caractérisation à l'échelle nanométrique et les approches multi-échelles.

### **Colloque 10. Matériaux fonctionnels avancés : des nanocéramiques aux nanocomposites hybride**

GFC, GFP, SFC, SF2M

9 demi-journées - 34 communications orales

### **Colloque 11. Environnement, cycle de vie et recyclage des matériaux**

AMAC, GFC, GFP, SFGP, SFGP

3 demi-journées - 26 communications orales

Ce colloque s'est intéressé aux technologies et procédés de recyclage des déchets plastiques, à la notion de durabilité contrôlée, la biodégradation des matériaux polymères et à l'écoconception. Dans le cadre de la problématique du développement durable, il apparaît urgent de favoriser le basculement des ressources fossiles vers des ressources renouvelables.

### **Colloque 12. Effets d'irradiation dans les matériaux et les minéraux**

GFC, SFMC, SF2M

7 demi-journées - 67 communications orales

### **Colloque 13. Comportement et modélisation des matériaux hétérogènes, aléatoires ou composites**

AMAC, GFEC, GFC, MECAMAT, SF2M

6 demi-journées - 48 communications orales - 19 communications par affiches

Les principaux sujets abordés ont concerné l'approche multi-échelle du comportement pour les caractéristiques mécaniques, l'endommagement et la rupture. On notera le développement de méthodes et de modèles pour effectuer un changement d'échelle ou un calcul d'homogénéisation, décrire les relations microstructure-propriétés et construire des lois de comportement pertinentes, applicables à de nombreuses classes de matériaux.

### **Colloque 14. Endommagement et rupture des matériaux sous sollicitations dynamiques**

AMAC, DYMAT, MECAMAT

3 demi-journées - 16 communications orales - 3 communications par affiches

Ce colloque a été consacré aux approches expérimentales et théoriques des chargements thermomécaniques associés aux problèmes de crash, d'impact et de choc de forte intensité. La participation d'industriels a permis l'apport de points de vue plus proche des applications.

### **Colloque 15. Matériaux pour le stockage de l'énergie et la protection de l'environnement**

GFC, GFEC, SF2M

6 demi-journées - 44 communications orales - 30 communications par affiches

### **Colloque 16. Céramiques électriques et électrotechniques pour la production d'énergies nouvelles**

GFC, SFC

2 demi-journées - 15 communications orales

### **Colloque 17. Ingénierie de préparation de nouveaux matériaux pour la catalyse**

SFC

3 demi-journées - 20 communications orales - 12 communications par affiches

### **Colloque 18. Matériaux magnétiques et leurs applications**

GFC, GFP, SFN, SFP, SF $\mu$ , SFP

4 demi-journées - 23 communications orales - 16 communications par affiches

En conclusions, parmi les faits saillants qui se sont dégagés de «MATERIAUX 2006», nous citerons :

- la pluridisciplinarité, non seulement au plan des nombreuses disciplines scientifiques abordées, mais également au plan des moyens et méthodes expérimentaux et théoriques utilisés,
- l'omniprésence de la simulation numérique, avec l'objectif d'en faire un outil de prévision fiable grâce au développement et à la validation de modèles robustes,
- la prise en compte de plus en plus fréquente des couplages entre les propriétés, par exemple l'influence sur le comportement du vieillissement, de la corrosion, de l'endommagement,...
- l'analyse plus poussée des relations entre les procédés, les microstructures et les propriétés; souvent appuyée sur des approches multi-échelles des matériaux,
- l'émergence de l'analyse et de la conception à l'échelle du nanomètre, qui modifie considérablement la vision que l'on a des matériaux, même si cette capacité n'a pas encore produit par elle-même beaucoup d'objets d'utilisation courante.

«MATERIAUX 2006» constitue une preuve évidente de l'importance et du dynamisme de la communauté française des chercheurs et des ingénieurs qui oeuvrent dans le domaine des matériaux. Le public a manifesté un grand enthousiasme, comme en témoigne l'excellente fréquentation et la bonne ambiance de la conférence. L'exposition de matériel scientifique, qui a été un très grand succès, démontre tout l'attrait que représente la communauté scientifique française pour les industriels du domaine. Un dernier point très positif est la présence très importante de jeunes chercheurs, favorisée par une politique tarifaire attrayante pour les étudiants et les doctorants, qui laisse bien augurer de l'avenir.

**Michel BOUSSUGE, Thierry CZERWIECK et Jacques JUPILLE**  
*Au nom de la Fédération Française des Matériaux*

## VIE DES LABORATOIRES

Activités Matériaux et Structures Composites à  
l'ENSAM de Bordeaux  
Par Laurent Guillaumat



La région Aquitaine est reconnue, notamment, pour sa forte activité dans le domaine des matériaux composites que cela soit dans le monde industriel ou académique. La mise en place d'une «filiale matériaux et structures composites» est en cours afin de regrouper l'ensemble des acteurs de cette activité qu'ils proviennent : des entreprises, du monde de la formation ou de la recherche. Pour l'aspect recherche l'Aquitaine compte pas moins de 12 laboratoires représentant approximativement une centaine de personnes impliquée dans cette thématique. Globalement, les trois types de matrice sont traités : organique, métallique et céramique et cela aussi bien sur le plan des procédés, de la caractérisation d'éprouvettes et/ou de structures, de la modélisation et simulation, ...

Dans ce contexte, située au sein du campus bordelais, l'Ecole Nationale Supérieure D'Arts et Métiers abrite : i) deux laboratoires : le TREFLE et le LAMEFIP, ii) une plateforme procédés de fabrication.

### 1 Laboratoire TREFLE :

**Transferts Écoulements Fluides Énergétique**  
UMR 8508 : CNRS, ENSAM, ENSCPB, Université Bordeaux 1

<http://www.lept-ensam.u-bordeaux.fr/>

Ce laboratoire, localisé sur trois sites (ENSAM, ENSCPB et ISTAB), se positionne comme un nœud incontournable du campus bordelais en **mécanique des fluides, énergétique et transferts**. Plus particulièrement, les **milieux ou systèmes hétérogènes** (solides, fluides ou machines) constituent l'objet important et commun à tout le laboratoire. Sur le plan fondamental, les approches méthodologiques liant expérimentation et modélisation se déclinent en trois grandes typologies : « **multiéchelle** » (homogénéisation, réduction de modèles,...), « **inversion de champs** » (gammamétrie, thermographie, PIV, ...) et « **simulation numérique** » (multiphasique, multiconstituants, ...).

L'approche des matériaux composites vient, historiquement, de la culture sur les milieux poreux en terme de caractérisation.

Concernant les milieux hétérogènes la partie ENSAM du TREFLE travaille plus spécifiquement, sur l'imagerie thermique et l'ingénierie intégrée.

1) Les développements fulgurants de l'**imagerie thermique** montrent que l'on est passé

d'une activité de métrologie localisée ou globale (mono-capteur) à une mesure issue d'un grand nombre de capteurs répartis spatialement ou balayant rapidement une scène ou un champ de température.

Cette révolution déjà entamée avec l'avènement des caméras infrarouges est accélérée par la diminution des coûts d'appareillages, la variété de nouvelles méthodes de mesure de champs 2D ou 3D de température (optiques, RMN, fluorescence, microscopie en champ proche etc...) ou encore le développement des accessoires liés à l'imagerie vidéo (électronique et logiciels d'acquisition et de traitement des images). Il reste à développer des méthodes de traitement en liaison avec des modèles physiques.

Au sein du laboratoire, cette opération est une extension et une généralisation des préoccupations de traitement de signal liées aux monocapteurs (axe énergétique et systèmes thermiques) développées dans le groupe thermocinétique. Elle est aussi issue des préoccupations de caractérisation locale de milieux hétérogènes (axe transferts et milieux poreux).

L'équipement a été favorisé par la création de la cellule Thermicar et la publicité faite autour d'applications utilisant des appa-

reillages de faible coût associés à un traitement d'images. Ainsi, le laboratoire a pu investir dans différents dispositifs (1 caméra quantique à barette de détecteurs, 2 caméras bolométriques non-refroidies de faible coût). Un soutien Région-FEDER a récemment permis la commande d'une caméra multispectrale de haute performance et en parallèle une caméra non-refroidie de très faible coût de 256 détecteurs et fait l'objet de collaborations entre laboratoires du campus (CPMOH, LMP).

L'objectif principal est le développement d'outils d'analyse de réponse de champs de température de surface pour l'estimation de cartographies de propriétés thermophysiques, à une excitation thermique en général sans contact (impulsions laser balayant la surface, ou excitations par lampes et masques : figure 1) La difficulté est ici relative au traitement d'une grande quantité d'information liée à un transfert de chaleur en général 3D transitoire. Il importe de mettre au point des méthodes inverses à la fois précises et rapides (ne surchargeant pas la mémoire de l'ordinateur) fortement liées aux performances de l'instrument (en général fortement bruité). Par exemple, il est possible de détecter, en fonction du chargement, l'apparition et le développement

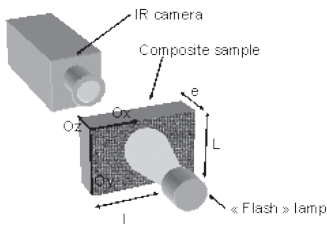


Figure 1.

Principe de la méthode flash

d'endommagement (Figure 2).  
**Contact : Jean-Christophe Batsale (jean-christophe.batsale@bordeaux.ensam.fr).**

2) Une autre activité forte concerne l'ingénierie intégrée. Elle intègre la méthodologie de conception, l'aide à la décision en innovation et conception préliminaire, l'intégration des connaissances (conception, industrialisation) et enfin la cohérence produit/procédé/multimatiériaux.

Cette approche, applicable à tout type de système, est mise en œuvre dans le cadre des matériaux composites par exemple dans le cadre du projet PERSEUS sur la conception d'un corps de propulseur et d'un réservoir bobiné.

**Contact : Jean-Pierre Nadeau (jean-pierre.nadeau@bordeaux.ensam.fr).**

#### Le Laboratoire LAMEFIP :

**LAB**oratoire **M**atériaux **E**ndommagement **F**iability et **I**ngénierie des **P**rocédés  
<http://www.lamef.bordeaux.ensam.fr/>

Le LAMEFIP, Equipe d'Accueil 2727, est un laboratoire cohabilité par l'ENSAM et l'université de Bordeaux 1. Le laboratoire, pour ces activités sur les matériaux et structures composites, s'intéresse plus particulièrement à la durabilité. Pour cela une chaîne complète de moyens et de concepts a été développée. En effet, le laboratoire s'est d'abord doté de moyens d'essais originaux couplés à des systèmes d'expertises puis une approche mécano-fiabiliste a été mise en place afin d'obtenir des probabilités de défaillance de pièces après avoir vécu une certaine histoire de chargements mécaniques et vieillissements hygrothermiques.

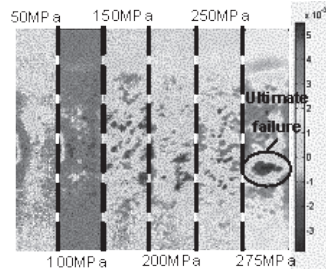


Figure 2.

Eprouvette Sic/Sic (collaboration avec le LCTS)

Cette histoire commence dès l'usinage qui est intégré dans la logique du LAMEFIP suite à la fusion de deux anciennes structures de l'ENSAM de Bordeaux : le LAMEF et le LAMGEP.

**Sur le plan expérimental**, l'objectif est donc de pouvoir reproduire sur une pièce une histoire de chargements la plus réaliste possible. Pour cela le laboratoire a développé et acquis des moyens d'essais permettant de réaliser de l'usinage, des impacts, de la fatigue et/ou du vieillissement. Profitant des moyens de conception et de fabrication de l'école la plupart des machines d'essais ont été conçues et réalisées en interne. L'intérêt de posséder ce parc de dispositifs est de pouvoir appliquer des chargements les uns après les autres afin d'étudier leurs influences sur la durabilité des structures. Les machines disponibles permettent de travailler aussi bien sur des éprouvettes que sur des structures de l'ordre du mètre cube. De nombreux moyens d'expertises sont alors indispensables pour qualifier la santé de la matière sans la détériorer, si possible : microscope optique mobile, émission acoustique, ultra-son, caméra infra-rouge.

1) **Chargement dynamique** : le laboratoire a une bonne maîtrise des essais d'impact pratiqués depuis plus de 15 ans. Une tour de chute instrumentée (figure 3) a été conçue et permet de réaliser des essais avec un impacteur possédant une masse jusqu'à 25kg et pouvant être lâchée de 3 mètres. Plusieurs vidéos rapides permettent d'expertiser les chocs. Toute une métrologie spécifique est utilisée : capteurs piezoélectriques, capteurs laser, accéléromètres... Les essais réalisés sur ce moyen permettent de constater l'influence d'un choc accidentel sur l'apparition d'endommagements. L'évolu-

tion de la force en fonction du temps apporte de nombreux renseignements sur le comportement mécanique de la structure impactée. Une analyse vibratoire est alors souvent réalisée pour comprendre les phénomènes. Il faut noter le développement d'un vérin grande vitesse (figure 5) et d'un banc crash-test qui élargissent le champ d'investigation.

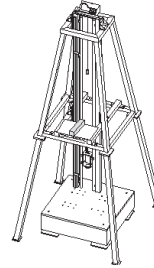


Figure 3.  
Tour de chute.

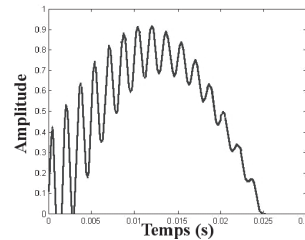


Figure 4.  
Force en fonction du temps.



Figure 5.  
Vérin grande vitesse.

2) **Chargement en fatigue** : historiquement le LAMEFIP possède des compétences dans ce domaine sur les matériaux métalliques depuis plus de 30 ans. Celles-ci ont pu être transférées aux matériaux composites. Plusieurs machines sont disponibles dont une plateforme d'essais multiaxiale. De nombreux montages spécifiques ont été

mis au point pour répondre à des situations industrielles précises. Par exemple, la problématique de l'évolution d'un délaminage créé par une action de perçage à travers un essai de fatigue en compression a été menée (figure 6 et 7).

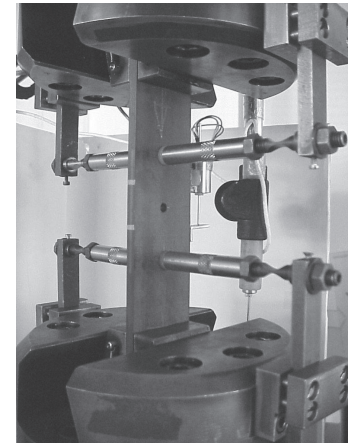


Figure 6.  
Essai de fatigue en compression.

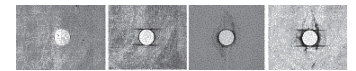


Figure 7.  
Endommagement après perçage et fatigue.

3) **Vieillessement** : une structure évolue dans un environnement hygrothermique qui peut avoir une influence plus ou moins forte sur la tenue de la pièce. C'est pourquoi le laboratoire s'est doté d'une enceinte climatique avec un volume intérieur suffisant pour y placer des équipements qui pourraient appliquer un chargement. De plus, une machine d'essais est équipée d'une enceinte thermique. Des couplages vieillissement/impact ont été déjà réalisés et ont montré l'influence très significative de l'eau absorbé sur la tenue mécanique de la structure.

4) **Usinage** : le laboratoire possède des compétences marquées sur cette thématique. Plusieurs équipements lourds sont présents sur le site : banc de perçage instrumenté (figure 8), machine 5 axes, raboteuse,...

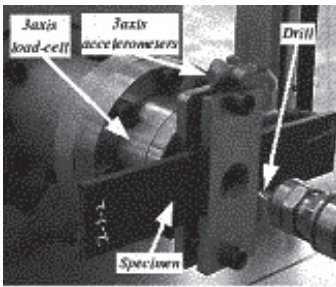


Figure 8.

Banc de perçage grande vitesse instrumenté.

Sur le plan numérique le laboratoire a mis l'accent sur l'approche fiabiliste. Elle consiste à intégrer la variabilité des paramètres dans les calculs. Cela permet de mieux maîtriser les données du problème et d'être capable d'identifier un maximum de situations critiques qui vont constituer une probabilité de défaillance. Ainsi, il n'est plus question de considérer

des coefficients de sécurité mais des niveaux de probabilités. Le mécanisme physique décrivant le mode de défaillance est séparé en une partie « résistance » et en une autre « chargement » qui sont ensuite comparées. Le domaine de défaillance contient tous les cas où le niveau de chargement est supérieur à celui de la résistance. Les outils fiabilistes consistent, ensuite, à estimer ce domaine.

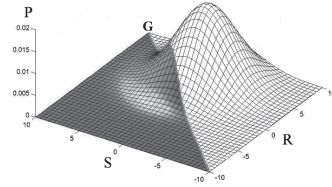


Figure 9.  
Domaine de défaillance et de sûreté.

Deux logiciels commerciaux de

calculs fiabilistes sont disponibles au laboratoire. Des outils spécifiques sont en cours de développement en interne en collaboration avec des industriels. Le calcul de structures (éléments finis, discrets) est également présent et peut être couplé à l'approche fiabiliste.

Contact : Laurent Guillaumat et Frédéric Dau ([l.guillaumat@lamef.bordeaux.ensam.fr](mailto:l.guillaumat@lamef.bordeaux.ensam.fr) et [frederic.dau@lamef.bordeaux.ensam.fr](mailto:frederic.dau@lamef.bordeaux.ensam.fr)).

## PLATEFORME PROCÉDES DE FABRICATION

L'école dispose d'un parc de machines permettant la fabrication de pièces en matériaux composites. A ce jour, cette plateforme est abritée par un local de l'ordre de 800m<sup>2</sup>.

La plupart des procédés sont représentés : le moulage au contact, l'infusion, le RTM (résine époxyde et polyester), mise en forme sous vide à froid ou à chaud. Un autoclave et une machine d'enroulement filamenteuse sont présentes sur le site mais doivent être réhabilités.

Une presse à injectée est également disponible et est équipée pour fabriquer des pièces en matériaux composites.

De nombreuses pièces prototypes et éprouvettes ont été fabriquées grâce à cette plateforme et cela représente un atout important dans une communauté qui conçoit des structures, qui doit réaliser des essais et valider des modèles.

Contact : Laurent Guillaumat ([l.guillaumat@lamef.bordeaux.ensam.fr](mailto:l.guillaumat@lamef.bordeaux.ensam.fr)).

# AGENDAMAC



## Conférences organisées ou parrainées par l'AMAC

### JST Européenne

Metz, 7 février 2008

JST AMAC – AFM – ESCM « Apports des techniques de mesure de champs et des méthodes inverses d'identification en mécanique des matériaux composites » à l'ENSAM Metz

Contact :

Fodil Meraghni – LPMM – ENSAM Metz – Tel : 03 87 37 54 59 – Fax : 03 87 37 42 84

Fodil.MERAGHNI@metz.ensam.fr

Secrétariat : Mme Dominique Vincent : 03 87 37 54 75

### ESAFORM

Lyon - 23-25 Avril 2008

11th International ESAFORM Conference on Material Forming

Contact :

e-mail : [ESAFORM2008@insa-lyon.fr](mailto:ESAFORM2008@insa-lyon.fr) ; Site : <http://esaform2008.insa-lyon.fr>

### ACMA 2008

Agadir, 12-14 Mai 2008

International Symposium on Aircraft Materials

Contact :

e-mail : [acma2008@esta.ac.ma](mailto:acma2008@esta.ac.ma) ; Tel.: +212 28 23 25 83 Fax: +212 28 22 78 24  
[www.esta.ac.ma/acma2008/](http://www.esta.ac.ma/acma2008/)

### Orgagec'08

Marne la Vallée, 27-29 Août 2008

3rd European Symposium - Matériaux organiques pour la construction :

Performances techniques et environnementales

Contact :

J.F. Caron ; Tel : 01 64 15 37 23 - [caron@enpc.fr](mailto:caron@enpc.fr)

Marie-Françoise Kaspi ; Tel : 01 64 15 37 37 - [kaspi@lami.enpc.fr](mailto:kaspi@lami.enpc.fr)

<http://heberge.lcpc.fr/orgagec08/>

## Autres conférences

### THERMOPLASTIC COMPOSITES

Reno, 6-7 Novembre 2007

Thermoplastic Composites: Market Segment Growth, Process & Materials Applications and Cost Factors

Contact :

Nancy Pulliam, [nancy@abaris.com](mailto:nancy@abaris.com) ; Tel : +1 775-827-6598 Ext: 226

Contact : Scott Stephenson, Conference Director, [scott@compositesworld.com](mailto:scott@compositesworld.com)

**INCCOM-6**

Kanpur, India, 12-14 Décembre 2007

Contact : International and INCCOM-6 Conference on Future Trends in Composite Materials and Processing  
<http://home.iitk.ac.in/~kamalkk/indexx.htm>

**SAMPE Europe SEICO 2008**

Paris, 31 Mars – 2 Avril 2008

Contact : **SAMPE Europe International Conference & Forum**  
Latest developments and applications of Advanced Composites Technology and Materials Science  
<http://www.sampe-europe.org>

**JEC**

Paris, 1-4 Avril 2008

Contact : **JEC Composites Show 2008**  
[www.jeccomposites.com](http://www.jeccomposites.com) ; [visitors@jeccomposites.com](mailto:visitors@jeccomposites.com)

**ICSS 8**

Porto, 6-8 Mai 2008

Contact : **8° International Conference on Sandwich Structures**  
Antonio Ferreira [ferreira@fe.up.pt](mailto:ferreira@fe.up.pt), site : [www.fe.up.pt/~icss8](http://www.fe.up.pt/~icss8)

**ECCM 13**

Stockholm, 2-5 Juin 2008

Contact : **13° Conférence Européenne sur les Composites**  
<http://eccm13.sicomp.se> ; e-mail : [eccm13@sicomp.se](mailto:eccm13@sicomp.se)

**9th Int. Conf. Flow Proc Comp.**

Montréal, 8-10 Juillet 2008

Contact : **Ninth International Conference on Flow Processes in Composite Materials**  
Evelyne Rousseau, [evelyne.rousseau@polymtl.ca](mailto:evelyne.rousseau@polymtl.ca) ;  
François Trochu, [trochu@polymtl.ca](mailto:trochu@polymtl.ca) ; Site : <http://cchp.meca.polymtl.ca/fpcm9>

**MFMs**

Hong Kong, 28-31 Juillet 2008

Contact : **International Conference on Multifonctional Materials & Structures**  
Alan K. T. Lau [mmkklau@polyu.edu.hk](mailto:mmkklau@polyu.edu.hk) ; conference secretariat [mfms2008@a-tech.hk](mailto:mfms2008@a-tech.hk).  
Site : <http://www.a-tech.hk/MFMS2008/Index.htm>

**CONTACTS****Adhésions :**

Formulaire téléchargeable sur le site de l'AMAC : [www.amac-composites.asso.fr](http://www.amac-composites.asso.fr)

- Président de l'AMAC : Jacques LAMON – [lamon@lcts.u-bordeaux1.fr](mailto:lamon@lcts.u-bordeaux1.fr)
- Secrétaire de l'AMAC : Philippe BOISSE – [Philippe.Boisse@insa-lyon.fr](mailto:Philippe.Boisse@insa-lyon.fr)
- Trésorier : Yves REMOND - [remond@imfs.u-strasbg.fr](mailto: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](mailto:amac@enpc.fr)

**AMACINFORMS**  
Rédaction - Information

**(Envoyez vos annonces de conférence à publier dans AMAC INFORMS)**

Philippe OLIVIER, Equipe PRO<sup>2</sup>COM  
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](mailto:philippe.olivier@iut-tlse3.fr)

