

ÉDITORIAL



Echange Franco-Russe sur le thème des matériaux composites : Bilan et Perspectives

par Yves REMOND, Président de l'AMAC

L'AMAC a entamé depuis un an déjà une exploration des relations franco-russes dans notre domaine d'activité. L'objectif poursuivi consiste à renforcer les liens de recherche et les partenariats, que ce soit dans le domaine académique ou dans le domaine industriel. La méthode utilisée se déroule en trois phases, deux d'entre elles sont achevées, la dernière est programmée et concernera tous les membres de l'association qui le souhaiterait :

1- Visite d'une délégation française à Moscou (11-16 juillet 2011) par Philippe Boisse, Jacques Lamon et Yves Rémond (financement IMFS Strasbourg et Institut Semenov de Chimie-Physique – Académie des Sciences Russe)

2- Visite d'une délégation russe en France (Toulouse et Nantes, 13-18 novembre 2011), la délégation sera détaillée plus loin, nos collègues Philippe Olivier et Arnaud Poitou ont largement préparé les visites de leur centre respectifs.

3- Symposium Franco-Russe du 10 au 13 juillet 2012, Saint-Petersbourg, vous trouverez l'appel aux communications

dans ce numéro ainsi que les principales informations (site : www-imfs.u-strasbg.fr/comat-2012.fr)

1 - Visite à Moscou – La recherche sur les composites en Russie

Tout le monde sait que la recherche en Russie est en grande difficulté depuis la fin de l'URSS. De nombreux chercheurs sont partis, les financements comme les salaires sont très réduits et les perspectives encore peu claires. Toutefois, la science et la technologie russe conservent une réputation très importante dans différents domaines, notamment académique, mais aussi dans les applications technologiques militaires, aéronautiques et spatiales. L'organisation russe de recherche est répartie entre des universités d'état, des centres de recherche et l'académie des sciences de Russie, équivalent de notre CNRS, mutatis mutandis.

Avec l'aide de notre collègue russe, le Professeur Stanislav Patlazhan, de l'Institut Semenov de Chimie Physique de Moscou et de Chernogolovka, nous avons organisé une visite de plusieurs centres dans la région de Moscou en juillet 2011.

Rappelons que Chernogolovka est une petite ville de la région de Moscou, construite comme ville de recherche avec la création de plusieurs très gros instituts de recherche à partir de 1956, grâce à l'action du prix Nobel Nicolas Semenov.

Programme de la visite :

12 juillet

- Rencontre avec le Professeur Alexander BERLIN, directeur de l'Institut Semenov de Chimie Physique, Académie des Sciences de Russie.

- Transfert et visite du Centre Fédéral technologique « Soyouz », à Dzerhinsky www.fcfd.ru/en/index.php

13 juillet

- Rencontre avec la direction de la holding « Composites » à Kuskovo, Région de Moscou. www.compozit.su/en/

14 juillet

- Visite de l'Institut Central de Recherche pour Machines Spéciales à Khotkovo, Région de Moscou, www.tsniism.ru/en/index.htm

15 Juillet

- Visite du Centre de Recherche d'État : « All-Rus-

sian Scientific Research Institute of Aviation Materials » www.viam.ru/index.php?id_page=97&language=en

Bilan et commentaires :

L'impression générale qui se dégage de notre visite est paradoxale : les équipements lourds existent, les structures et conceptions composites utilisées dans les lanceurs, fusées et structures aéronautiques et spatiales montrent une maîtrise technologique certaine, une compétence forte en conception et en ingénierie, pas forcément en intégrant le meilleur coût. Nous n'avons que peu d'informations sur les fibres utilisées, les propriétés qu'on nous a montrées semblent indiquer que ces fibres sont encore assez loin de celles des meilleures fibres japonaises ou américaines. Il est clair que la Russie souhaite se doter des meilleures capacités de fabrication de fibres de carbone haut de gamme, ainsi que des plus récentes avancées dans le domaine de la mise en œuvre (prepreg, etc.). Son indépendance à ce sujet le nécessite. Par ailleurs la moyenne d'âge des personnels de recherche est très élevée et le problème de

la conservation des connaissances et compétences pour l'avenir, est posée. Enfin, une restructuration des établissements et instituts de recherche est également en cours. La holding « Composite » toute récente et en plein développement, va jouer un rôle central dans ce redéploiement qui va réorganiser très fortement les structures technologiques industrielles en place. Toutefois, nous avons rencontré des russes qui, au delà des intérêts nationaux stratégiques bien compréhensibles, souhaitent vivement développer des collaborations avec la France, nous aurions tort de ne pas étudier cette possibilité, que ce soit pour des raisons de proximité culturelles ou pour des raisons industrielles, économiques et stratégiques.

2 - Visite d'une délégation russe en France

Du 13 au 18 novembre dernier, nous avons reçu la délégation russe composée de :

- Professeur **Alexander BERLIN**, Académicien, membre permanent de l'Académie des Sciences de Russie, Directeur de l'Institut Semenov de Chimie Physique – Académie des Sciences de Russie (www.chph.ras.ru/), Chef du Département sur les Matériaux Polymères et Composite, Expert en polymères et composites, cinétique de polymérisation, technologies basse énergie par réacteur tubulaire turbulent, etc.

- Professeure **Svetlana ROGOVINA**, Responsable scientifique à l'Institut Semenov de Chimie Physique, Académie des Sciences de Russie, Experte en mélange de polymères biodégradables et en matériaux composites.

- Professeur **Stanislav PATLAZHAN**, Responsable scientifique à l'Institut Semenov de Chimie Physique, Académie des Sciences de Russie, Expert en mécanique structurale des polymères, mécanique des polymères et des composites, modélisation numérique, physique des systèmes polymères auto-organisés.

L'Institut Semenov de Chimie Physique de l'Académie des Sciences de Russie a été créé en 1931 sous la direction du Professeur N. Semenov, Prix Nobel de Chimie en 1956. L'Institut est situé à Moscou depuis 1943. Son objectif a été défini pour développer les théories et méthodes physiques en chimie théorique et industrielle et dans certaines autres branches de l'économie nationale. Les domaines d'activités de l'Institut concernent les cinétiques et mécanismes de réaction chimique, les structures et propriétés des matériaux composites et polymères, les procédés fondamentaux de polymérisation, les processus de catalyse, la théorie des processus élémentaires, La physique et chimie du solide, la combustion, les ondes de choc et les détonations.

- Professeur **Yuriy MILEKHIN**, Membre correspondant de l'Académie des Sciences de Russie, Directeur Général du Centre Fédéral "Federal Center for Dual-use Technologies «Soyuz»" (<http://www.fcdt.ru/en/index.php>). Expert dans le domaine de la combustion et dans les matériaux composites.

Le Centre Fédéral "Federal Center for Dual-Use Technologies «Soyuz»" est l'une des entreprises leader du complexe militaro-industriel de la fédération de Russie. Plus de 80% des missiles de la Russie actuelle utilisent un combustible conçu par le groupe « Soyuz » qui est le plus grand centre de recherche et de production couplant des explorations scientifiques complexes, la production chimique et mécanique et les essais de base. Aujourd'hui, les technologies duales se développent également dans les applications civiles avec par exemple : des réservoirs de stockage et de transport de liquides agressifs renforcés par des fibres de verre, des équipements et matériaux céramique pour haute température, des thermoplastiques et des revêtements de peinture pour marquage routier, etc.

- Professeur **Alexander KULKOV**, Directeur Général Adjoint et

Ingénieur en Chef du Centre de Recherche "Central Research Institute for Special Machinery" (<http://www.tsniism.ru/en/index.htm>), Expert dans le domaine des matériaux composites

« **Central Research Institute for Special Machinery** »(CRISM) est le centre de recherche principal de Russie pour la conception et la fabrication de structures polymères et composites pour applications aérospatiales. L'Institut a été créé à Khotkovo, dans la région de Moscou, en 1963 et réorganisé en 1993. CRISM est une entreprise multi-objectifs incluant un département de recherche et de conception, un département de production pilote et un centre d'essai permettant :

- Le développement de composites et de procédés spéciaux

- Le développement de méthodes de conception, d'analyse, de procédés et de tests de structures composites

- La conception et la fabrication d'équipement de production et d'outillage

- La production en série et la certification de structures composites

- Dr. **Victor VELIKANOV**, Manager de la Holding "Composite" (<http://www.compozit.su/en/>), Expert en matériaux composites à matrice polymère.

La mission de la " **Holding Company Composite** " est d'occuper rapidement la position de leader en Russie dans la production de matériaux composites internationaux. Les principaux objectifs du consortium sont :

- Le développement d'un marché de composites de nouvelle génération en Russie

- La création d'une nouvelle génération de matériaux éco-compatible et la production de matériaux innovants renforcés par fibres longues ou courtes

- La création d'une production moderne de fibres de carbone en Russie

- La création d'un centre de transfert de technologie dans le domaine des matériaux composites

Programme de la visite :

14 novembre :

- Visite du site de construction des A380 Airbus (EADS) – Toulouse avec le professeur Philippe Olivier.

Rencontre avec la direction, en particulier avec Richard Forster, Manager, responsable des partenariats internationaux en recherche et technologie, et avec François Pons, ingénieur matériaux composites et procédés. en particulier avec les professeurs Thierry Parra, Vice-Président délégué aux affaires européennes, RuanMartinez, Vice-Président chargé des relations internationales, et avec Katia Bergeaud des relations internationales.

15 Novembre :

- Visite de l'Institut Clément Ader et de son laboratoire sur les matériaux et structures composites - Toulouse

- Visite de EADS Astrium, Galerie B – Satellite METOP, Galerie Astrolab, Satellite Telecom – Toulouse, avec Bernard Gergonne, expert en conception.

16 Novembre :

- Départ pour Nantes et visite de l'École Centrale de Nantes et ses équipements composites avec le professeur Arnaud Poitou et Patrick Rozycki.

- Visite du Technocampus EMC2 de Nantes, et d'une partie des activités composites, notamment le hall technologique du CETIM et les activités de DAHER-SOCATA, avec Pascal Hermel, directeur Recherche et Technologies, et Galya Brovko, développement industriel.

3 - Présentation du Symposium Franco-Russe de Saint-Pétersbourg du 10 au 13 juillet 2012

Suite aux visites des deux délégations russes et françaises, l'AMAC présente le Symposium Franco-Russe

qui sera le point d'orgue de notre activité internationale sur ce thème. En effet, les visites ont montré que les activités de partenariat étaient non seulement possibles, mais déjà existantes – un centre EADS existe à Moscou. L'AMAC veut explorer toutes les voies de développement de ce partenariat de recherche, qu'il soit dans le domaine académique avec des projets inter laboratoires, qu'il soit inter entreprises ou qu'il soit mixte. Nous invitons donc tous les enseignants chercheurs et chercheurs intéressés à prendre connaissance de l'appel aux communications joint à cette lettre. Le symposium se déroulera en plein cœur de la ville historique de Saint-Petersbourg, permettant toutes les visites culturelles et touristiques. Il permettra de faire le point sur les travaux et compétences respectives des uns et des autres, il sera l'occasion de construire le cas échéant, toute collaboration sur projet.



La délégation Russe et Ph. Olivier en Novembre 2011 à Toulouse devant EADS Astrium

Le site du symposium : www-imfs.u-strasbg.fr/comat-2012.

Bilan financier AMAC 2011

Recettes 2011

108 adhérents	10 895,00 €
174 adhérents aux JNC 17	7 770,00 €
5 adhérents Amac par inscr. Jst 11	425,00 €
Reversement JNC 17	7 230,00 €
55 Inscriptions aux Jst 11 (Lyon)	5 482,57 €
Reversement Matériaux 10	2 486,00 €
Total recettes	34 288,57 €

Dépenses 2011

Edif : 1/4 page N&B Afm 2011	1 423,24 €
Promo Sciences Prestation 2011	5 980,00 €
Frais divers (CA AMAC, ...)	623,90 €
Avance JNC17 (diner de gala)	370,00 €
Prix Daniel Valentin x 2 et prix poster	3 500,00 €
Lavoisier : 300 ex Rcma 2010 (Composites Tissés)	3 899,28 €
Promo Sciences : Nouveau Site Web	4 305,60 €
Inne Doc : Bulletin Amac 28	1 463,76 €
Déjeuner et traiteur JST Lyon	2 526,22 €
Promo Sciences : Frais envois Amac, Jst 2010 et 2011	661,48 €
Total dépenses	25 753,48 €

Le bilan financier de 2011 est positive car 2011 est une année de déroulement des JNC (tous les 2 ans). Les années «sans JNC» présentent un bilan négatif.

L'état de la trésorerie fin 2011 est de 60k€. Cette trésorerie permet à l'AMAC d'organiser des activités et manifestations en rapport avec les matériaux composites (2 à 3 JST par an, autant de RCMA, bulletins AMAC,...). En fin d'année «sans JNC», la trésorerie est de l'ordre de 30k€. Cette trésorerie peut sembler excédentaire mais elle est nécessaire car le budget pour l'organisation des JNC est très important est un insuccès peut conduire à un bilan négatif également très important.

Avec l'organisation des futures JNC à Nantes, acteur majeur dans le domaine des matériaux composites avec EMC2, l'IRT, ... le trésorier reste optimiste.

Christian Hochard
Trésorier de l'AMAC

Prix Daniel Valentin la lauréate 2011

Mademoiselle Karine CHARLET, âgée de 28 ans au moment de sa déclaration de candidature, est la lauréate du Prix Daniel Valentin 2011. Elle est maître de conférence à l'Institut Français de Mécanique Avancée (IFMA) depuis septembre 2009 et effectue sa recherche au Laboratoire de Mécanique et d'Ingénierie (LaMI) dans l'équipe Matériaux et Structures. Mademoiselle CHARLET a effectué son cursus à l'École Nationale Supérieure d'Ingénieurs en Arts Chimiques et Technologiques dont elle est diplômée en 2004 et a obtenu en parallèle un DEA en Sciences et Génie des Matériaux à l'Université Paul Sabatier de Toulouse. Elle a ensuite préparé une thèse au laboratoire de Cristallographie et Sciences des Matériaux dont le sujet était : « *Contribution à l'étude de composites unidirectionnels renforcés par des fibres de lin- Relation entre la microstructure de la fibre et ses propriétés mécaniques* » (soutenue en mai 2008). Suite à sa thèse, elle a effectué un post-doctorat au laboratoire de Chimie et de Physique des Hauts Polymères (POLY, Louvain-la-Neuve).

Mademoiselle Karine CHARLET a réalisé des travaux qui présentent une certaine continuité depuis sa thèse. Celle-ci a porté sur l'étude de composites à fibre de lin. Ces travaux se sont divisés en trois axes (i) analyse morphologique des fibres, (ii) essais mécaniques sur fibres et (iii) essais mécaniques sur composites à fibre de lin. Les résultats obtenus ont ainsi permis de montrer que ces composites présentent un gain important d'un point de vue écologique tout en offrant des performances qui peuvent être proches de celles obtenues à partir de fibres de verre. Les travaux qu'elle mène depuis ont pour but de construire une chaîne multiéchelle et multi-physiques pour l'optimisation mécanique et procédé de ces matériaux. Pour cela, quatre sujets sont explorés :

- Étude de l'influence de l'eau sur le comportement des fibres végétales ; l'eau peut avoir jusqu'à un certain point un effet bénéfique sur la tenue au choc avant de présenter des effets indésirables,
- Caractérisation physico-chimique de différents matériaux à base cellulose afin de déterminer les éléments renforçants et liants,
- Étude des effets hygroscopique par des essais de traction sur composites à matrice polyester,
- Étude de l'interface des lamelles mitoyennes qui lient les fibres.

Ces études sont soutenues par différents programmes régionaux et nationaux. La production d'articles témoigne de la reconnaissance académique de Karine CHARLET.

Mademoiselle Karine CHARLET présentera ses travaux lors des prochaines Journées Nationales des Composites, JNC18, en 2013 à Nantes.

Pr Frédéric THIEBAUD (chargé de l'organisation du prix D. Valentin)
Département de Mécanique Appliquée / FEMTO-ST
24 rue de l'Épitaphe - 25000 Besançon



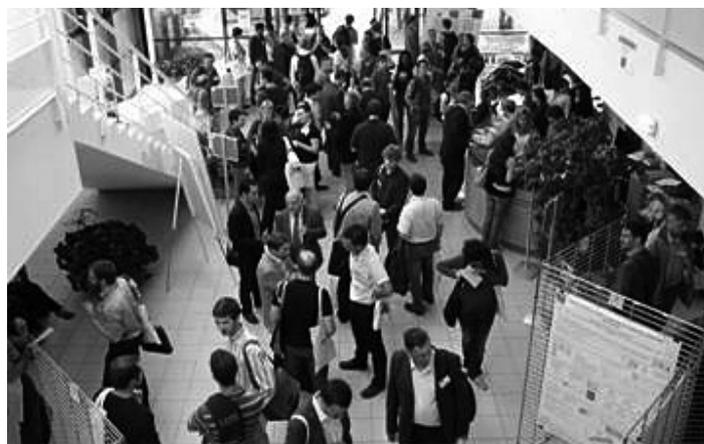
Bilan des 17èmes Journées Nationales sur les Composites – JNC17 Poitiers 2011

Le congrès des 17èmes Journées Nationales sur les Composites (JNC17) s'est déroulé du 15 au 17 juin 2011 au Palais des Congrès du Futuroscope (Poitiers). Sous l'égide de l'AMAC, il était organisé cette année par l'axe **Endommagement et Durabilité de l'Institut P¹ et l'ENSMA**.

L'enjeu était d'autant plus grand que l'utilisation des matériaux composites dans de nombreux secteurs d'activité va changer d'échelle : des structures de taille importante comme des fuselages vont être construites, des réservoirs bobinés hyperbares vont entrer dans la chaîne énergétique et être fabriqués en très grand nombre. Les conditions environnementales d'utilisation de ces matériaux seront de plus en plus sévères et les objectifs ambitieux d'un développement durable conduiront de nombreux chercheurs et industriels à envisager des alternatives aux matériaux synthétiques. Tous ces nouveaux usages demandent des efforts de recherche croissants, par exemple dans la maîtrise des évolutions des propriétés et des dommages en conditions de sollicitations 'réelles', dans la compréhension et la modélisation prédictive de leurs effets à long terme, dans l'innovation - par le développement de nouveaux matériaux (nano composites, écomatériaux...) ou de matériaux fonctionnels. Il est essentiel de partager ces efforts en termes de compréhension des mécanismes physiques de déformation ou de détérioration à différentes échelles, d'amélioration de la prédiction de nos modèles, et d'élaboration d'outils numériques capables d'appréhender la diversité de ces mécanismes lorsque ces matériaux sont utilisés dans des situations de plus en plus complexes ou sévères. Les problèmes scientifiques, technologiques et économiques posés par l'élaboration de ces matériaux de manière massive ont ainsi été au cœur de nos préoccupations lors de ces Journées.

La sélection effectuée par les membres du comité scientifique des JNC17 avait permis de retenir 173 présentations orales ou par poster, sur les thèmes suivants :

Applications Industrielles	9 contributions
Assemblages	7 contributions
Contrôles Non Destructifs	4 contributions
Dynamique, Impact, Crash	13 contributions
Eco et Bio Composites	19 contributions
Endommagement et Rupture	31 contributions
Méthodes et Approches Expérimentales	18 contributions
Modèles	3 contributions
Modélisation Multi Echelles Multi Physique	15 contributions
Modélisation Numérique, Simulation, Optimisation	14 contributions
Nano Composites	4 contributions
Procédés	20 contributions
Réparations	3 contributions
Vieillessement et Durabilité	13 contributions



JNC17 : Session posters



JNC17 : Audience attentive en session plénière

Au cours de ces Journées, les conférences plénières ont été assurées par :

- Guillaume Gallant (AIRBUS France) sur les problématiques liées à la réalisation du futur A350 XWB,
- Fabien Nony (CEA, Le Ripault) sur les réservoirs composites hyperbares,
- Dominique Bernard (ICMCB, Bordeaux) sur l'utilisation de la micro-tomographie X,
- Sylvain Drapier et Emmanuel Baranger, en tant que modérateurs des sessions posters,
- Fabrice Landais (SAMPE France), sur l'organisation SAMPE,
- Christophe Bouvet (ICA, Toulouse), Lauréat du Prix Daniel Valentin 2008,
- Marco Gigliotti (P-ENSMA, Poitiers), Lauréat du Prix Daniel Valentin 2010.

Les **Prix Posters des JNC17** ont été décernés à :

- 1er prix : attribué au **Professeur Rached El Fatmi de l'ENIT** de Tunis pour son travail « Calcul des caractéristiques mécaniques d'une section composite : un outil sous Matlab »
- 2ème prix : attribué à **J. Aubry, P. Navarro, S. Marguet, J.F. Ferrero, I. Tawk, S. Lemaire et P. Rauch de l'ICA de Toulouse, de l'université Balamand - Deir El-Balamand, El-Koura du Liban, et d'Europter Marignane**, pour leur travail « Etude numérique de l'influence de la vitesse d'impact sur la résistance des pales d'hélicoptères à des impacts rasants »
- 3ème prix : attribué à **A. Le Duigou, A. Bourmaud, P. Davies et C. Baley du LIMATB et d'IFREMER** pour leur travail « Influence de traitements bio-sourcés sur les propriétés de la liaison fibre de lin/PLLA »

Ces Journées ont donné lieu à l'édition d'un recueil des résumés (403 pages, ISBN 978-2-7466-3418-3), d'une clé USB contenant l'ensemble des articles, ainsi qu'à la mise en ligne des articles sur les archives ouvertes HAL (<http://hal.archives-ouvertes.fr/>). De plus, le comité scientifique a sélectionné une trentaine d'articles qui ont été soumis à deux revues partenaires : la Revue des Composites et des Matériaux Avancés (<http://rcma.revuesonline.com>), et la Revue Matériaux et Techniques (<http://www.mattech-journal.org>). Pour ajouter une touche « verte » aux JNC, le recueil a été imprimé sur du papier recyclé, les sacs ont été choisis en fibres naturelles, et les badges ont été recyclés à la fin du congrès.

Cette manifestation a permis de faire le point sur les activités de recherche dans le domaine des matériaux composites et a rassemblé près de 230 acteurs francophones, académiques et industriels. On peut noter la forte participation de collègues étrangers, venant du Canada, du Royaume-Uni, de Belgique, de Tunisie, d'Algérie, du Luxembourg... Ce qui m'amène à suggérer que les JNC pourraient être rebaptisées les « JFC » : Journées Francophones sur les Composites ? C'est une proposition à discuter, qui permettrait, je pense, de reconnaître le rayonnement international de ces Journées.

Ces Journées furent agrémentées par le traditionnel « dîner de gala », qui s'est déroulé au château Couvert à Jaunay-Clan. Les membres du club Théâtre de l'ENSMA, accompagnés des escrimeurs du Stade Poitevin, y ont effectué une prestation fort applaudie. Ce fut l'occasion de voir notre Président au bras d'une charmante damoiselle...



JNC17 : Gauche - Site du dîner de Gala – Droite - Le président de l'AMAC en charmante compagnie

Un grand merci aux sponsors qui ont soutenu cette manifestation : INSTRON, SAMTECH, TA Instruments, CRITT Rochefort, Conseil Régional du Poitou-Charentes, Conseil Général de la Vienne, Grand Poitiers, ENSMA. Merci également aux exposants, ainsi qu'aux membres du comité d'organisation, aux membres du comité scientifique et à l'ensemble du personnel du laboratoire qui ont permis le bon déroulement de ces Journées.

Bilan financier des JNC17 :

Recettes (euros HT)		Dépenses (euros HT)	
Inscriptions :	69 669,07	Sacoches complètes (avec recueil résumés, clé USB, bloc-notes, badge, stylo...) :	4 108,55
Sponsors :	14 075,00	Congrès (Palais, déjeuners, pauses, wifi...) :	43 470,00
		Soirée de gala (château, repas, animation) :	15 861,50
		Retour AMAC :	13 330,00
		Divers (déplacements, fournitures, secrétariat...) :	6 974,02
Total :	83 744,07	Total :	83 744,07

Fabienne Touchard, membre du CA de l'AMAC
 Chargée de Recherche CNRS
 ENSMA-Institut P'

VIE DES LABORATOIRES



LE LMT ENS de Cachan

Le LMT-Cachan, créé en 1975, est une Unité Mixte de Recherche commune à l'École Normale Supérieure de Cachan, au CNRS (UMR 8535) et à l'Université Pierre et Marie Curie. L'effectif du laboratoire compte 179 personnes réparties comme suit : 8 chercheurs CNRS, 28 enseignants

chercheurs, 13 professeurs agrégés et PAST, 15 personnels associés, 15 personnels IATOS/ITA, 100 doctorants.

Les activités du LMT-Cachan concernent la modélisation des solides et des structures : mécanique des matériaux, mécanique expérimentale,

simulation numérique et calcul haute performance. La plupart des recherches, motivées par des problèmes et défis industriels et sociétaux, cherchent à dégager des idées, méthodes et concepts permettant d'apporter des réponses à ces défis sur le long terme et sont souvent menées en relation étroite

avec d'autres domaines, tels que la physique, la chimie, les mathématiques, le calcul scientifique et l'informatique.

Le LMT-Cachan est, à l'ENS de Cachan, l'acteur principal du partenariat INNO-Campus à travers le Groupe de Recherche Concertée «Modé-

lisation et Simulation Avancée», partenariat fortement appuyé par la Chaire de la Fondation EADS dont le titulaire est Pierre Ladevèze.

Structuration du LMT-Cachan

Le LMT-Cachan est organisé en 3 secteurs eux-mêmes structurés en unités thématiques de recherche :

- le secteur «Mécanique et Matériaux» traite des aspects liés à la modélisation du comportement mécanique des matériaux à l'état solide ou pâteux. L'objectif final est de développer des modèles prédictifs utilisables pour simuler le comportement de structures lors de leur fabrication ou de leur utilisation. Les techniques de modélisation utilisées sont de plus en plus variées, mais une attention particulière est toujours portée à l'identification et à la validation expérimentale des modèles. Les études, fortement soutenues par un partenariat industriel de longue durée, s'articulent autour de cinq Unités Thématiques de Recherche : Multiphysique et procédés ; Comportement et ruine des matériaux à microstructure aléatoire ; Comportement, endommagement et instabilités ; Fissuration et rupture par fatigue ; Comportement dynamique des matériaux.

- le secteur «Structures et Systèmes» traite la modélisation et le calcul des structures et des systèmes mécaniques. Les objectifs principaux sont de repousser les limites actuelles en modélisation et en calcul, de contrôler les calculs proprement dits ainsi que les résultats et donc les modèles utilisés. Une attention particulière est portée aux matériaux et structures composites, ainsi qu'aux procédés d'élaboration des structures et leurs conséquences sur l'intégrité. Même si les études font une place importante aux travaux fondamentaux, la plupart des recherches sont menées en étroite collaboration avec des industriels, jusqu'à la réalisation de logiciels prototypes. Le Secteur est structuré en cinq Unités Thématiques de

Recherche : Vérification et validation ; Composites nano et microstructures ; Stratégies de calcul multiéchelle et parallélisme ; Intégrité des structures ; Ingénierie et conception robuste.

- le secteur «Génie Civil et Environnement» traite des applications relatives au génie civil et plus particulièrement à l'analyse et à la conception des ouvrages soumis à d'extrêmes conditions mécaniques et environnementales, l'élaboration de nouveaux matériaux de construction, la modélisation de leur comportement mécanique et de leur durabilité dans un environnement donné.

Outre cette structuration en secteurs, les chercheurs disposent d'une bibliothèque et de trois centres de moyens : le Centre d'Essais, le Centre de Calcul et la Cellule « Logiciels ». Le centre d'Essais est l'association de compétences et de moyens d'essais centralisés et mis en commun pour la recherche expérimentale. Il est au cœur des développements de techniques expérimentales avancées dont il assure le fonctionnement quotidien et la pérennité. Le centre est équipé de machines permettant des sollicitations notamment multiaxiale (traction-torsion, triaxiale) en quasi-statique, vibratoire (plateforme dédiée) ou dynamique (barres de Hopkinson) ; ainsi que de matériel de mesure de champs (Camera rapide, Camera thermique, Vélocimètre LASER).

Le centre de Calcul et la cellule « Logiciels » regroupent les moyens et les compétences associées au développement et à l'utilisation des outils numériques (bureautique, web, calcul,...). Il est composé de 45 stations de travail Linux et de serveurs de disque (500 Go) sauvegardés. A cela s'ajoute un cluster de 528 cœurs (6 TFlops en crête, 2 To RAM, 18 To disques). La cellule logicielle propose des outils de développement innovants et performants basés sur l'association optimisée d'un langage de calcul formel dédié et d'une librairie éléments finis orientée objets.

Activités du secteur « Mécanique et Matériaux »

Les travaux s'organisent autour de l'identification de propriétés mécaniques grâce à la corrélation d'images.

Concernant les composites tissés 3D, l'objectif est d'identifier les propriétés élastiques d'une pièce complexe, un pied d'aube en composite, à partir d'essais mécaniques (traction flexion), d'imagerie optique, d'estimation des champs cinématiques par corrélation d'images numériques globale (décomposition sur une base de type éléments finis supporté par un maillage non structuré), et identification par recalage s'appuyant sur la modélisation numérique de cette pièce. Les challenges sont multiples, en particulier de par la microstructure grossière et régionalisée de la microstructure, où chaque région est caractérisée par un comportement mécanique anisotrope d'orientation variable. L'ensemble de la méthodologie d'exploitation est développé au sein de la plateforme Métal du LMT. Parmi les résultats déjà acquis, on peut citer la mesure quantitative d'un module de cisaillement à partir d'un autre essai de flexion rapprochée (Figure 1), où l'identification a démontré i) le rôle majeur joué par de faibles écarts à l'idéalité de l'essai, ii) la possibilité de s'affranchir d'effets non-linéaires près des zones d'appui où les déformations se concentrent, et enfin iii) la définition d'une taille d'analyse de la cinématique qui rend l'identification moins sensible aux effets microstructuraux (tis-

Cet outil, mesures de champs par corrélation d'images numériques, est en constante évolution comme dans le cadre de l'ANR VULCOMP par exemple (VULnérabilité des structures COMPosites). Dans un premier temps, les développements réalisés en corrélation d'images lors de cette étude permettent un suivi systématique d'essais mécaniques en monovision (objectifs télécentriques) et en stéréovision pour une extraction fiable de champs de déplacement 2D ou 3D surfaciques, les déformées (essais hors plan par exemple) et les champs de déformation dans le plan. Toutes ces données enrichissent de manière très significative les bases de données expérimentales associées à chaque essai traité, notamment en contexte industriel. Issue d'une collaboration entre EADS, Holo3 et le LMT, une version industrialisée d'un code de stéréocorrélation (CorreliSTC) a été mise au point. Compte tenu de la formulation même du code de corrélation sur des bases éléments finis, l'intégration de ces développements est non classique, avec la perspective d'une comparaison directe entre calculs par éléments finis / essais. De plus, il a été montré qu'il est possible de conduire des mesures cinématiques sur des bases spatiotemporelles comparables aux simulations numériques (notamment en dynamique).

Dans un second temps, afin d'améliorer les modèles l'endommagement intra et interlaminaire de composites stratifiés, des techniques

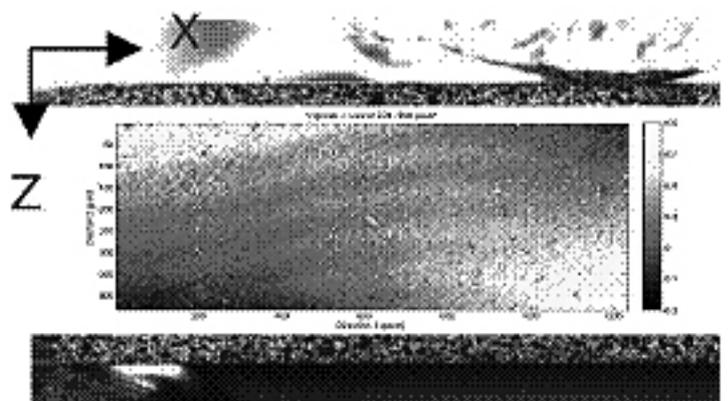


Figure 1 : Champ de déplacement évalué par corrélation d'images pour un essai de flexion rapprochée sur un matériau composite tissé 3D.

d'identification à partir de mesures de champs cinématiques (par corrélation d'images) ont été développées. Elles ont ainsi permis

d'identifier des paramètres de lois d'endommagement anisotropes en utilisant la méthode de l'écart à l'équilibre (Figure 2), et des paramètres de lois

de fissuration par recalage de modèles éléments finis. Dans le dernier cas, plusieurs descriptions de modèles de fissuration (à base de poutres

jusqu'à des lois de zones cohésives) ont été investiguées et les paramètres associés ont été déterminés.

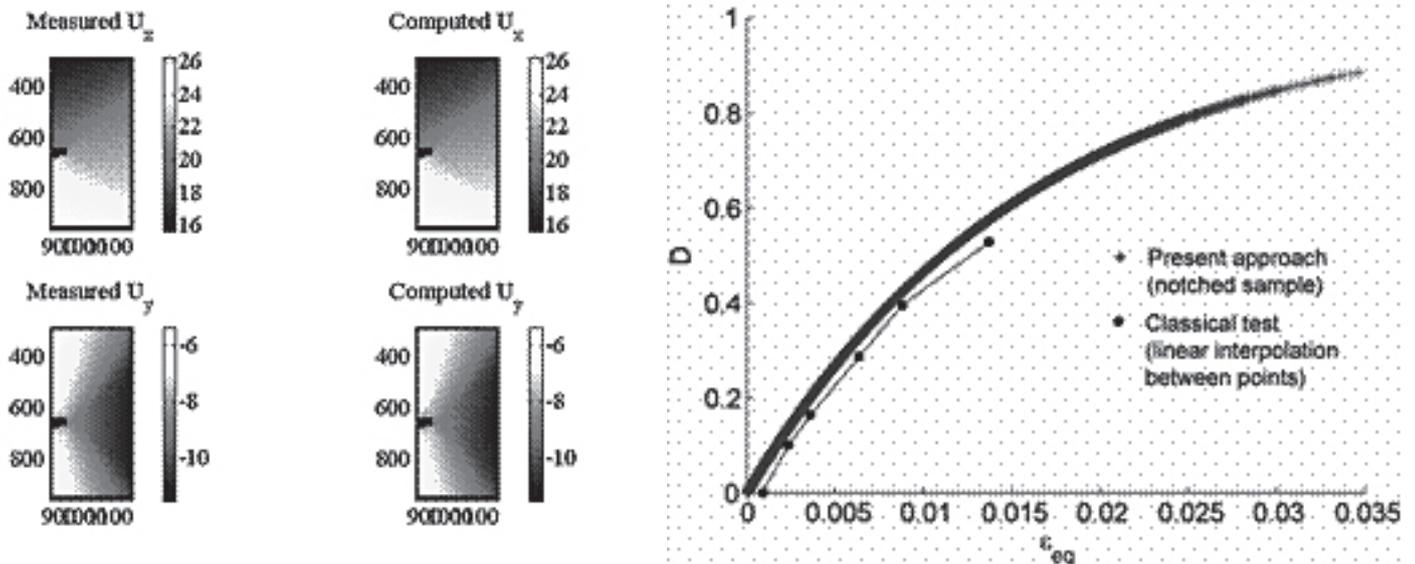


Figure 2 : Champ de déplacement mesuré et calculé (exprimé en pixels) après identification d'une loi d'endommagement intralaminare.

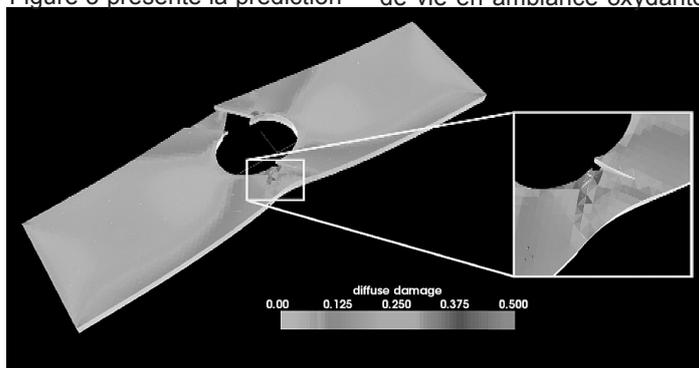
Activités du secteur « Structures et Systèmes »

La plus majeure partie des études menées sur les composites porte sur des composites à matrice organique. Deux volets sont abordés. Le premier volet concerne la modélisation du comportement de ces matériaux. Le méso-modèle développé au LMT-Cachan depuis de nombreuses années a été rendu plus robuste grâce au développement d'un pont entre micro-mécanique et méso-mécanique. Ceci a permis, par exemple, d'introduire le couplage fissuration intra-laminare / délaminage dans le modèle. D'autres améliorations sont en cours, comme la modélisation du kinking (rupture par formation de bandes de pliage) ou la prise en compte du vieillissement.

Ce modèle étant relativement coûteux, différentes stratégies de calcul sont développées et permettent de valider les modèles sur des essais de structures de type plaque trouée ou petits chocs. Ces stratégies sont basées sur des méthodes de décomposition de domaine où il s'agit de gérer les problèmes de localisation, de pilotage des algorithmes ou

encore d'interaction entre flambage et endommagement.

La suite logique de ces travaux a été la mise en place d'un modèle hybride alliant description continue et discrète de la fissuration. Cette modélisation, extrêmement robuste, nécessite de traiter des problèmes non-linéaires de plusieurs dizaines de millions de degrés de liberté. En contrepartie, Elle bénéficie de bases micro-mécaniques qui lui permettent de prendre le statut de modèle de référence. La Figure 3 présente la prédiction



de la rupture d'une plaque 45 en traction. Celui-ci peut alors alimenter le modèle méso.

Ces développements ont été financés par des programmes comme Maaximus qui a lui seul a impliqué 6 permanents, 3 thèses et un post-doctorant afin de développer des outils

numériques à la fois multi-échelle et robuste capables de traiter des essais virtuels sur structures composites.

Historiquement, les premiers travaux sur les composites on débuté au LMT-Cachan sur des composites à matrice céramique (C/C puis SiC/SiC). Cette activité est toujours présente et a donné lieu à une classe de modèles multi-physiques permettant de décrire le comportement et la durée de vie en ambiance oxydante.

Comme pour les CMO, différents types de modèles mécaniques ont été développés dans le but de décrire finement les différents réseaux de fissure. Ces réseaux de fissures sont ensuite utilisés pour décrire les mécanismes d'oxydation/cicatrisation permettant d'avoir accès à la durée de vie

du renfort fibreux. Pour cela, un modèle de diffusion/réaction a été mis en place à partir des travaux du LCTS.

Un nouvel enjeu dans ce domaine est le développement et l'optimisation de nouveaux matériaux. Pour cela, une stratégie de calcul de type GFEM est actuellement en cours de développement afin de décrire le matériau sur la base d'un ensemble de motifs élémentaires. Ceux-ci représentent aussi bien des constituants (fibre, matrice,...) que des mécanismes comme la fissuration.

Enfin, des âmes sandwich en papier plié ont été étudiées dans le but d'optimiser leur géométrie. Dans ce cadre, une description claire des mécanismes est indispensable. Deux points clés ont été particulièrement travaillés. Le premier concerne la modélisation géométrique des défauts. Ceux-ci on un impact fort sur la tenue au flambage. Le procédé de pliage a été simulé afin de créer les bons défauts. D'autre part, des essais dédiés ont été menés afin d'identifier le comportement du papier en flexion. L'approche proposée a été validée (Figure 4).

Contact :

**Emmanuel Baranger, LMT-Cachan, 61 avenue
du président Wilson, 94235 Cachan CEDEX.**

Baranger@lmt.ens-cachan.fr

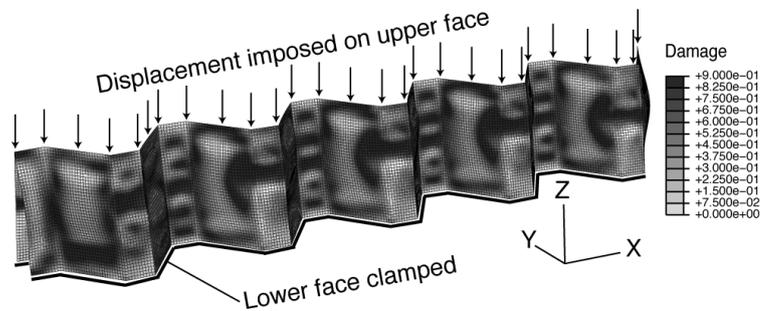


Figure 4 : compression d'une âme pliée

AGENDAMAC



Conférences organisées ou parrainées par l'AMAC

ECCM 15

Venise, 24-28 Juin 2012

15° European Conference on Composite Materials

Contact : <http://www.eccm15.org> ; info@eccm15.org

JST Usinage des Composites

Châtillon, 23 Mai 2012

Journée Scientifique et Technique AMAC Usinage des Composites

Contact : <http://www.jst-amac-usinage.iut-tlse3.fr>

1er Symposium Franco-Russe Composites St. Petersburg, 10-13 Juillet 2012

Premier Symposium Composites Franco-Russe

Contact : <http://www-imfs.u-strasbg.fr/comat-2012.fr>

Autres conférences

4th WC3DF

Aachen, 10-11 Sept. 2012

4th world conference on 3D fabrics and their applications

Contact : <http://www.texeng.co.uk>

ACMBS-VI

Kingston (On., Canada), 22-25 Mai 2012

6th International Conference on Advanced Composite Materials in Bridges and Structures

Contact : <http://www.acmbs2012.ca/>

XVII International Conference on Mechanics of Composite Materials

Contact : <http://www.pmi.lu.lv/html/ConfInf.htm>

10th International Conference on Sandwich Structures

Contact : <http://www.icss10.univ-nantes.fr>

CONTACTS



Adhésions :

Formulaire téléchargeable sur le site de l'AMAC : www.amac-composites.org

Président de l'AMAC : Yves REMOND – remond@imfs.u-strasbg.fr

Secrétaire de l'AMAC : Laurent GUILLAUMAT – laurent.guillaumat@ensam.eu

Trésorier de l'AMAC : Christian HOCHARD – hochard@lma.cnrs-mrs.fr

Liste de diffusion aux adhérents de l'AMAC :

Pour les annonces de soutenances de thèses, 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, groupe Matériaux & Structures Composites, Institut Clément Ader,
I.U.T. Paul Sabatier, Dépt. GMP, 133 C avenue de Ranguéil, B.P. 67701, 31077 Toulouse CEDEX 4
Tel : 05 62 25 88 36 ; fax : 05 62 25 87 47 ; philippe.olivier@iut-tlse3.fr

