

Juin 2013 - n°30

ÉDITORIAL



Rapport moral

par Yves REMOND, Président de l'AMAC

Depuis près de trois ans, le conseil d'administration de l'AMAC m'a fait l'honneur de me confier la charge de la présidence de notre association. C'est une tâche passionnante que j'ai acceptée avec enthousiasme, les activités scientifiques liées à la création et à la diffusion de la connaissance sur les matériaux composites de l'AMAC n'ont pas été en dessous de leur réputation. Depuis septembre dernier je suis en charge au siège du CNRS de la mécanique des matériaux et structures, de l'acoustique et de la bio ingénierie (sections 9 et 28 pour partie), je n'ai malheureusement plus la possibilité de donner l'énergie qu'il faut pour une association de cette envergure, avec tant d'activités variées. Aussi ai-je demandé qu'un intérim de présidence soit assuré selon les statuts à partir du CA du 19 mars 2013, avant que les futures élections de l'automne ne viennent reconstituer le conseil d'administration et qu'un nouveau président soit élu. C'est Jacques Lamon qui assure cet intérim, ce dont je le remercie très vivement ici.

Revenons sur ces dernières années. Notre association comporte toujours autant de membres, en alternant les années de JNC où tous les

participants sont inscrits ce qui gonfle nos effectifs et les années sans JNC, plus modestement fréquentées. Sur le plan financier, vous trouverez dans ce numéro d'AMAC-Infos le compte-rendu de notre trésorier. La trésorerie de l'association est saine et permettra à la fois de préparer les futures JNC comme de lancer de nouveaux projets de JST. Certes, l'association ne permet pas de réunir tous les scientifiques et ingénieurs s'occupant de matériaux composites en France. C'est bien normal pour un domaine aussi pluridisciplinaire, pour lequel d'autres associations sont aussi concernées. Il est toutefois important de conserver au sein de l'AMAC une vision large couvrant au mieux les disciplines scientifiques qui relèvent des composites, même si la mécanique et les procédés sont majoritaires.

Sur le plan de la communication, notre nouveau site web prend progressivement de l'ampleur et va continuer à proposer des informations factuelles, des liens et des contacts. Que tous ceux qui s'en occupent en soient ici également remerciés. Nos activités de base ont été poursuivies avec énergie, les Journées Nationales sur les Composites attirent tous les deux ans de plus en plus de

participants, nous proposons de nombreuses journées spécialisées avec l'édition d'une sélection d'articles, nous éditeurs également cette présente lettre et une liste de diffusion est active et très régulièrement utilisée pour les soutenances de thèses, appels à candidatures, etc. Mais surtout l'AMAC a décidé d'investir dans une diffusion numérique sur les matériaux composites à destination des enseignants, quel que soit le niveau où cet enseignement se fait. C'est l'appel à projet d'UNIT, université numérique, qui nous a été attribué et qui va au cours de l'année à venir, voir converger des travaux de toute sorte, disponible en libre accès sur l'Internet, construit par les meilleurs spécialistes, et donnant la matière première et les explications pour la construction de cours, séances de TD, travaux pratiques, vidéos, etc. Ce projet d'envergure conforte ainsi l'AMAC dans son rôle d'association savante à destination non seulement des ingénieurs et des chercheurs, mais aussi des enseignants.

Enfin, je voudrais citer également le projet de collaboration franco-russe qui a été construit depuis deux ans et qui a permis l'organisation du symposium franco-russe de Saint-Petersbourg en 2012. Cette convergence de projets

a été un vrai succès et se prolongera certainement par une deuxième rencontre qui se tiendra an association avec les JNC de Lyon en 2015.

Parallèlement, l'AMAC continue à promouvoir les congrès internationaux ICCM, ECCM, ainsi que la prochaine session de Matériaux 2014 qui se tiendra à Montpellier en novembre.

Sur le plan stratégique, nous sommes donc présents sur de nombreux domaines et la première session des « Entretiens de l'AMAC » qui s'est tenue à Cachan en mars dernier a également rencontré un grand succès. Les orateurs industriels et universitaires ont proposé une synthèse de leur domaine de façon brillante et utile, je forme le vœu que ces entretiens se pérennisent et viennent donner la vision stratégique régulière que nous attendions.

Qu'il me soit permis pour conclure de remercier vivement tous les membres du conseil d'administration de l'AMAC, qui font un travail remarquable en grande discrétion, pour le plus grand service de tous.

Pr. Yves REMOND
Président de l'AMAC

remond@unistra.fr

Bilan financier AMAC 2012

Recettes 2012

131 adhérents (- 23 = 2011 & 2012) = 108 adhésions 2012
(dont 5 = 2012 & 2013)

| | |
|----------------------------------------------------|-----------------|
| 101 adhésions 2012 | 10 505,00 € |
| 4 adhérents AMAC par inscr. JST 23/05/12 Châtillon | 340,00 € |
| 3 adhérents AMAC par inscr. JST 13/09/12 Laval | 255,00 € |
| Total Cotisations 2012 : | 11 100 € |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 41 Inscriptions à la JST 23/05/12 (Châtillon) | 4 410,00 € |
| 23 Inscriptions à la JST 13/09/12 (Laval) (dont 3000 euros de soutien de l'Estaca) | 5 580,00 € |
| Frais Bancaires sur CB | -14,77 € |

Total recettes 34 288,57 €

Dépenses 2011

Dépenses 2012 (selon relevés bancaires) Débits (€)

| | |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 19-janv-12 Déjeuner Réunion CA Paris | 163,00 |
| 17-avr-12 Promo Sciences : Estimation Prestation 2012 | 5 980,00 |
| 12-juin-12 Avance Colloque St Petersburg | 2 003,50 |
| 8-juin-12 Restaurant Repas CA du 31/05/12 | 108,90 |
| 8-juil-12 Avance Inscriptions Colloque St Petersburg | 15 003,50 |
| 8-juil-12 Avance Inscric Colloque St Petersburg (Mathieu Nierenberger) | 3 000,00 |
| 7-août-12 Traiteur JST Chatillon | 292,11 |
| 3-oct-12 Restaurant Repas CA du 20/9/12 | 166,40 |
| 7-nov-12 Traiteur Jst Laval | 2 931,37 |
| 7-nov-12 Inne Doc : Bulletin Amac 29 | 2 609,34 |
| 5-déc-12Matériaux 2014 : appel de fonds n°1 (20 % Acpte) 1000,00 | |
| 5-déc-12Promo Sciences : Remb. Frais Prestation 2012 | 699,09 |
| 5-déc-12Promo Sciences : Création Formulaire Web | |
| JNC 2013 | 1 196,00 |

Total Dépenses 35 153,21 €

(Bilan fonction du reversement avance faite pour le Colloque Franco-Russe de St. Pétersbourg en Juillet 2012)

Au 5 Décembre 2012, solde bancaire = 52 216,99 €

Christian Hochard
Trésorier de l'AMAC

hochard@lma.cnrs-mrs.fr

VIE DE L'ASSOCIATION



Bilan de la JST Laval des 13 et 14/09/12

Cette Journée Scientifique et Technique de l'AMAC a été co-organisée par Bertrand Lascoup (ESTACA-Laval) et Laurent Guillaumat (ENSAM Paris-Tech Angers) les 13-14 septembre 2012 à l'ESTACA-Campus Ouest à Laval (53). Elle a réuni une cinquantaine personnes sur deux demi-journées avec la participation de personnalités du monde industriel (DCNS, DAHER), du monde académique et d'étudiants autour du thème de l'intégration de fonctions dans les multi-matériaux; ce qui traduit un intérêt certain pour cet aspect d'avenir. 15 conférences ont été présentées (après avoir été 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 fin 2013).

Ces journées ont permis de présenter l'intérêt que présentent les structures multi-matériaux par leur capacité à intégrer des fonctions supplémentaires au-delà de la simple tenue mécanique. On a vu ainsi des améliorations en termes de contrôle (SHM et contrôle de procédé), de protection électromagnétique voire foudre et d'adaptation de la structure à son environnement selon une commande utilisateur. La notion de matériaux/structures intelligents a rassemblé en ces journées des domaines d'application variés (aéronautique, naval, génie civil, automobile etc...) en montrant le potentiel du triptyque produit-process-propriété qui permet une liberté de création presque illimitée.

Bertrand LASCROUP

ESTACA, Laval



Prix Daniel Valentin : le lauréat 2012

Monsieur Arthur LEBÉE, âgé de 29 ans au moment de sa déclaration de candidature, est le lauréat du Prix Daniel Valentin 2012. En 2005, Monsieur LEBÉE est diplômé de l'Ecole Polytechnique, il intègre le corps des Ingénieurs des Ponts, des Eaux et des Forêts et est diplômé en 2009 de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées en double cursus Génie Civil et Architecture. En septembre 2010, il soutient une thèse, intitulée « Homogénéisation de plaques périodiques épaisses, application aux panneaux sandwichs à âme pliées en chevrons » au Laboratoire Navier de l'Université Paris Est, encadrée par Karam Sab.

Ces travaux ont permis à Monsieur LEBÉE d'obtenir deux premiers prix de Thèse dont celui de ParisTech (636 thèses en 2010) et celui de l'Université Paris Est. Puis, durant une année, il est en Post Doc à l'Université de Berkeley en Californie sur la thématique de fiabilité des structures appliquée au risque sismique. Il est actuellement en poste au sein de l'équipe Matériaux et Structures Architecturés du Laboratoire Navier basé à l'École des Ponts ParisTech où il développe ses thèmes de recherche autour de la modélisation des composites, de l'homogénéisation et de la fiabilité des structures.

Les travaux de recherche de Monsieur LEBÉE ont à la fois porté sur l'étude d'un nouveau type d'âme de panneau sandwich mais ont aussi permis d'approfondir la compréhension des effets de l'effort tranchant dans les plaques épaisses.

En reprenant les travaux effectués par Reissner (1945) dans le cas des plaques homogènes mais en les appliquant à une plaque hétérogène, il a mis en évidence que dans le cas général il est nécessaire d'introduire de nouvelles variables (« bending gradient ») pour bien prendre en compte l'effort tranchant.

L'application de ce modèle aux plaques stratifiées en fibres de carbone a révélé d'excellents résultats dans des configurations tout à fait générales, là où d'autres théories se limitent à des restrictions sur les symétries (essentiellement orthotropie).

Ces travaux ont conduit à une production scientifique qui témoigne de la reconnaissance académique de Monsieur Arthur LEBÉE et à des applications pour l'industrie de la réparation navale (patch). Notons également, qu'un brevet a été déposé sur le sujet.

En parallèle des activités de recherche, Monsieur LEBÉE dispense des enseignements à l'École des Ponts et à l'École d'Architecture de Paris-Malaquais.

Monsieur Arthur LEBÉE présentera ses travaux lors des prochaines Journées Nationales des Composites, JNC18, en Juin 2013 à Nantes.

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

Bilan de la JST « Usinage des composites », Châtillon le 23/05/2012

Les matériaux composites sont souvent considérés comme une composante clé pour allègement des structures dans tous les secteurs du transport (aéronautique, automobile ou ferroviaire) ou de l'énergie (éolien, hydrolien, etc.). Le choix d'une utilisation accrue de ces matériaux dans ces différents domaines impose un accroissement de la maîtrise des procédés d'usinage. Le caractère anisotrope et hautement abrasif des renforts associé à l'hétérogénéité des structures composites rend leur usinabilité délicate. Les problèmes majeurs rencontrés lors de l'usinage d'un matériau composite fibres longues sont le délaminage, l'arrachement des fibres, la dégradation thermique et mécanique de la résine, etc. Ces problèmes s'amplifient lors de l'usinage d'un empilement multi-matériaux (érosion endommagement de la partie composite par les copeaux métalliques), etc.

Les objectifs de la rencontre scientifique organisée à ONERA Châtillon en 2012 sur l'usinage des matériaux composites étaient de :

- Favoriser la communication scientifique et technologique dans le domaine de l'usinage conventionnel et non conventionnel ;
- Présenter les différentes approches numériques et analytiques utilisées pour traduire la physique de l'enlèvement matière dans les matériaux composites ou les empilements multi-matériaux ;
- Contribuer à la compréhension des liens existants entre les procédés d'usinage et les procédés de fabrication des composites sur les défauts d'usinage induits et leur impact sur le comportement mécanique ;
- Débattre des différents critères employés dans l'industrie pour qualifier la qualité d'un usinage d'une pièce composite (rugosité, délaminage, etc.) ou d'un empilement multi-matériaux et notamment souligner les différences avec les critères en usage pour les pièces en matériaux homogènes et isotropes.

La Journée Scientifique et Technique s'est articulée autour de deux thèmes principaux que sont l'usinage des matériaux composites et l'usinage des multi-matériaux.

Cette journée a réuni une quarantaine de participants représentatifs de la communauté nationale en matière d'usinage des composites parmi lesquels figuraient dix représentants de l'industrie. Suite à cette manifestation, certains articles ont été sectionnés pour être publiés dans un numéro spécial de la revue RCMA. La parution de ce numéro est prévue en septembre 2013.

Cette journée a permis de faire émerger une question clé qui reste ouverte à savoir : quels sont les critères à utiliser pour qualifier la qualité d'un usinage (perçage, détournage ou fraisage) pour les matériaux composites ?

R. ZITOUNE, N. CARRERE, F. LAURIN, R. SERA et J.F. MAIRE

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

Bilan d'ECCM15 Venise Juin 2012

La quinzième conférence européenne sur les composites ECCM15 s'est tenue à Venise du 24 au 28 juin 2012. Bien entendu l'AMAC était au nombre des sociétés savantes ayant parrainé cette manifestation. Le premier fait extrêmement marquant d'ECCM15 est que le périmètre des sociétés savantes qui ont soutenu cette conférence s'est considérablement élargi en 2012 et a dépassé allègrement les frontières européennes, puisqu'on compte des patronages venant du monde entier : SAMPE, ASC (american society for composites), CA-CSMA (canadian association for composite structures and materials), JSCM (japan society for composite materials), SMS (society of materials science of japan), AACM (asian-australian association for composite materials), KSCM (korean society for composite materials), ACSS (australian composite structures society). Cette présence de sociétés savantes à l'échelle mondiale se retrouve bien entendu dans la participation internationale avec des représentants originaires de multiples pays qui est illustrée sur la photographie ci-après où l'on remarquera (pays grisés sur la carte) que les origines des participants sont aussi hors Europe. ECCM15 a rassemblé très exactement 1 469 participants. La France était la première nation en nombre de représentants (170) à ECCM15 devant l'Allemagne avec 145 inscrits et le Royaume-Uni avec un peu plus de 120 délégués. Il convient aussi de souligner que le nombre de participants à ECCM15 est de loin très supérieur au nombre de participants de la dernière conférence internationale sur les composites ICCM18 en Corée du Sud. On peut voir là un effet de l'énorme attractivité de Venise, mais pourquoi pas aussi un intérêt et une activité croissants dans le domaine des composites.

Du point de vue scientifique, ECCM15 offrait 28 General Sessions plus 58 Thematic Sessions hyper spécialisées. Cinq sessions thématiques ont été organisées par des collègues français dont 3 étaient proposées par des membres de l'AMAC : 'Durability of organic matrix composites' organisée par M. Gigliotti, X. Colin et F. Jacquemin, 'Composites Repair' organisée par F. Collombet, 'Multiscale Modelling (Nano to Macro) of smart composites' organisée par M. Drissi-Habti.

Même si l'idée des organisateurs d'offrir la possibilité aux membres des associations de proposer des sessions thématiques était au départ plus que séduisante car synonyme sur le papier de réunions avec des états de l'art très concis et des discussions pointues sur des sujets ciblés, les faits ont montré que dans certains domaines cette multiplication de thématiques souvent connexes a été nocive pour la lisibilité globale des plannings d'ECCM15.

En marge se sont tenues les réunions du conseil de l'ESCM (European Society of Composite Materials). L'ESCM essaie de promouvoir les composites à l'échelle européenne et de structurer les échanges entre les acteurs de ce domaine. Elle organise la série des conférences ECCM, décerne un prix à un jeune chercheur (de moins de 35 ans) européen pour son activité remarquable dans le domaine des composites, et décerne un prix pour le meilleur poster. En 2012, le Prix de l'ESCM n'a pas été décerné. On peut trouver toutes les informations à ce sujet sur le site (<http://www.escm.eu.org>). Les français sont encouragés à présenter un dossier de candidature. Les élections au Conseil d'ESCM ont lieu lors de l'Assemblée Générale, laquelle précède généralement le banquet. Le banquet a habituellement plus de succès que l'Assemblée Générale. La représentation française au conseil n'est pas la plus nombreuse. Elle est inversement proportionnelle à la participation à la Conférence. Elle est restée longtemps bloquée à deux membres. En 2012, elle est passée à 3 (J. Lamon, P. Olivier, C. Hochard). ■



J. LAMON et P. OLIVIER
lamon@imt.ens-cachan.fr ;
philippe.olivier@iut-tlse3.fr

Cérémonie d'ouverture : illustration des origines géographiques des participants à ECCM15. Noter l'étendue (pays grisés) à l'échelle mondiale.

Le Laboratoire MATEIS INSA de Lyon



Le laboratoire MATEIS (MATERIAUX Ingénierie et Science) créé en 2007, fait suite à plus de 35 années d'activité du Groupe d'Etudes de Métallurgie Physique et Physique des Matériaux (GEMPPM) fusionné avec le Laboratoire de Physico-chimie Industrielles (LPCI) et renommé à cette occasion MATEIS. C'est une unité mixte de recherche commune à l'INSA de Lyon, au CNRS (UMR 5510) et à l'université Claude Bernard.

Le laboratoire est organisé en six groupes de recherche : Céramiques et Composites (CERA) / Corrosion et Ingénierie des Surfaces (CORRIS) / Métaux et Alliages (METAL) / Polymères, Verres, Matériaux Hétérogènes (PVMH) / Structures, Nano et Microstructures (SNMS) / Interaction Biologiques et Biomatériaux (I2B). Il rassemble plus de 60 enseignants-chercheurs (INSA) ou chercheurs (CNRS), autant de doctorants, 25 ingénieurs, techniciens et secrétaires.

Il étudie les quatre classes de matériaux métaux, céramiques, polymères, composites, sous plusieurs angles : élaboration, observation microstructurale, observation de transformations thermomécaniques ou électrochimiques in situ, caractérisation non destructive, comportement mécanique, modélisation fondée sur la microstructure. En effet, le laboratoire élabore et caractérise les matériaux de structure,

il en relie la microstructure aux propriétés d'emploi (mécaniques ou environnementales) par des relations qualitatives et de plus en plus par des modèles quantitatifs.

Il optimise ainsi les propriétés d'emploi (résistance mécanique, corrosion...) des matériaux existants ou vise à en créer de nouveaux, principalement pour les applications dans le domaine des transports, de l'énergie, de l'environnement et de la santé.

Activités des différents groupes du laboratoire

Le groupe CERA étudie et caractérise une large gamme des matériaux céramiques et composites, allant des céramiques techniques, nanostructurées et/ou des composites thermo-structuraux en vue d'applications dans des domaines tels que l'aéronautique et le spatial, la santé, l'optique, jusqu'aux matériaux de construction texturés à porosité contrôlée pour des applications dans les domaines de l'énergie, de la construction et l'environnement.

En s'appuyant sur des études fondamentales et appliquées, le groupe s'intéresse plus particulièrement :

(1) à la compréhension des mécanismes qui contrôlent leurs propriétés en lien avec leur microstructure,

(2) au développement des nouvelles techniques de caractérisation des matériaux, de leurs propriétés mécaniques et/ou leur endommagement in-situ,

(3) à la maîtrise des procédés d'élaboration (mise en forme et frittage) afin d'obtenir des microstructures et/ou des architectures contrôlées à toutes les échelles (nano, micro, macro) et adaptées aux applications envisagées.

Le chemin traditionnellement suivi concernant le lien microstructure-propriétés est ainsi renforcé par cette démarche en amont « maîtrise du procédé d'élaboration-microstructure-propriétés ».

L'activité de recherche du groupe CORRIS est centrée sur l'étude de la corrosion. Son objectif est de mieux comprendre les phénomènes pour proposer des remèdes : choix et définition de matériaux ; définition de revêtements et d'inhibiteurs ; de façon plus large, choix de conception. Cet objectif suscite de nombreuses collaborations aussi bien avec le monde académique qu'industriel.

Les objectifs scientifiques du groupe METAL sont de caractériser, analyser et modéliser les relations entre les propriétés mécaniques de matériaux de structure, métalliques et composites, et leurs microstructures afin d'optimiser celles-ci au regard des propriétés d'usage. Trois grands domaines d'activité peuvent être distingués :

(1) Développement de méthodes expérimentales spécifiques permettant de caractériser, le plus souvent in situ, l'évolution microstructurale des matériaux lors de sollicitations thermiques et/ou mécaniques (Pouvoir thermo-électrique, Bruit Barkhausen, Imagerie 3D par rayons X).

(2) Mise en œuvre, caractérisation et modélisation des transformations microstructu-

rales sans diffusion (transformation martensitiques) et avec diffusion (vieillessement lors des traitements thermomécaniques d'élaboration, lors de traitement d'irradiation ...)

(3) Caractérisation et modélisation du comportement mécanique de matériaux micro-hétérogènes sous chargement monotone ou cyclique mettant largement en œuvre les techniques de caractérisation 3D développées au sein du groupe.

Les activités de recherches du groupe PVMH concernent les matériaux à base polymère. Les axes de recherches fondamentaux de l'équipe concernent l'analyse physique et mécanique des solides non-cristallins, l'étude des mécanismes de déformation des polymères semi-cristallins, la caractérisation de la microstructure à toutes les échelles pertinentes, le développement d'essais in situ permettant d'étudier les évolutions de cette microstructure sous sollicitations. En terme d'élaboration, les méthodes de frittage de poudres polymères font l'objet d'un intérêt tout particulier, elles représentent une activité de « niche » à fort potentiel scientifique et industriel. L'étude des matériaux multifonctionnels se décline en termes d'applications soit pour le domaine des capteurs et actionneurs, soit pour des applications biomédicales.

Les activités de recherche du groupe SNMS sont centrées sur la microscopie électronique. Elles sont souvent effectuées conjointement avec les autres groupes du laboratoire, mais aussi dans le cadre d'études plus spécifiques et en amont, dans le développement de nouvelles techniques. Les thèmes de recherche principaux du groupe se regroupent selon trois axes forts :

(1) caractérisation des matériaux en lien avec leurs propriétés macroscopiques – thermomé-

caniques, optiques, biologiques,
 (2) tomographie et imagerie 3D,
 (3) observations en mode envi-
 ronnemental et essais in situ.

Le groupe SNMS est un acteur majeur du Centre Lyonnais de Microscopie (CLYM).

L'équipe I2B (Interactions biologiques et biomatériaux) est constitué de 12 membres, localisés à l'INSA (6 personnes de compétence 'matériaux') et au pôle Est-Santé (pharmaciens, biologistes et cliniciens) de Lyon. I2B participe à la conception et au développement de biomatériaux innovants, dans les domaines dentaire (céramiques), orthopédique (substituts osseux et prothèses articulaires), ophtalmologique (lentilles intraoculaire). Le groupe est aussi impliqué dans les stratégies actuelles de régénération et d'ingénierie tissulaire (nerfs, os). I2B traite par ailleurs des interactions cellulaires, tissulaires ou bactériennes avec les matériaux, au delà de leur simple biocompatibilité.

Thématique transverse : Endommagement et Durée de Vie des Matériaux Composites

L'endommagement des matériaux de structures tels les composites est un point clé pour la maîtrise de la durabilité et de la fiabilité des pièces en service. Au-delà de la caractérisation de l'endommagement, une des problématiques du laboratoire concerne la prévision de la durée de vie des structures en service. Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire non seulement de quantifier l'endommagement mais aussi d'identifier, généralement in situ, les différents mécanismes qui en sont responsables. L'idée est de prévoir la durée de vie d'une pièce en service en analysant son comportement durant la sollicitation. En effet, les événements endommageant se produisant au début de la mise en service influent fortement sur la durée de vie, on peut les qualifier d'événements précurseurs. À ce titre, la caractérisation non destructive tel le suivi par émission acoustique

permettant la détection précoce de défauts évolutifs allée à l'observation des mécanismes de dégradation ou de fissuration des matériaux et à l'analyse du comportement mécanique, permet une évaluation fine de l'état d'endommagement des pièces. Une estimation de leur durée de vie résiduelle, notamment en couplant les informations obtenues avec des modèles mécaniques peut être envisagée. Dans ce contexte, les travaux menés au laboratoire MATEIS et en particulier au sein de la thématique transverse Endommagement et Durée de Vie des Matériaux Composites vont de la caractérisation des fibres à celle des composites sollicités principalement en fatigue statique ou cyclique, en température (> 450 °C) pour les composites à matrice céramique ou après vieillissement pour les composites à matrice organique.

La connaissance de la distribution des résistances des fibres longues utilisées comme renforts dans les composites unidirectionnels est fondamentale pour les prédictions du comportement à rupture, de la résistance mécanique et de la durabilité de ces matériaux. Les travaux menés au laboratoire afin de caractériser les fibres à partir d'un essai de traction sur un ensemble de mono-filaments ou mèche permettent d'obtenir la distribution à rupture des fibres à partir d'un seul essai instrumenté en émission acoustique (Figures 1 et 2).

De plus, plusieurs fibres inorganiques de type verre ou céramique (à base de carbure de silicium) sont très sensibles à la propagation sous critique de fissures, activée chimiquement ou thermiquement. Dans ce cas, la rupture survient d'une façon prématurée à un niveau de contrainte relativement bas comparé à la contrainte de rupture. Une approche statistique de la rupture en fatigue statique fondée sur l'analyse de la rupture des fibres dans une mèche sollicitée en traction à déformation constante a été proposée (essais de relaxation de la charge). Il est important de préciser qu'il s'agit d'un essai relativement difficile à mettre en œuvre de point de

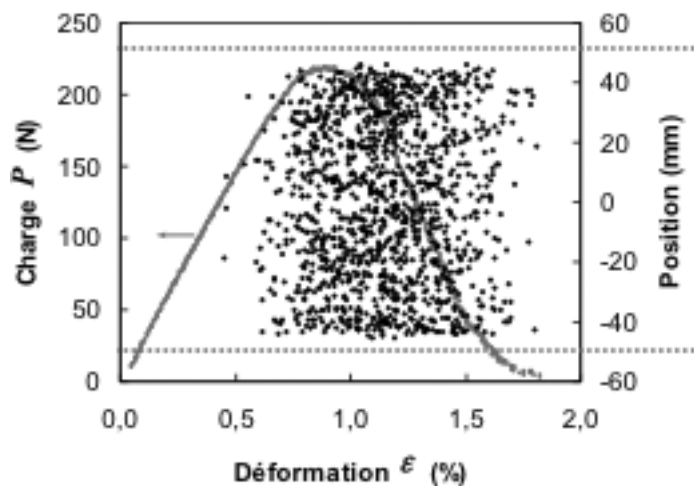


Figure 1 : Localisation des signaux le long de la longueur de jauge (points noirs) dans une mèche de fibres Nicalon. La courbe représente la charge appliquée en fonction de la déformation.

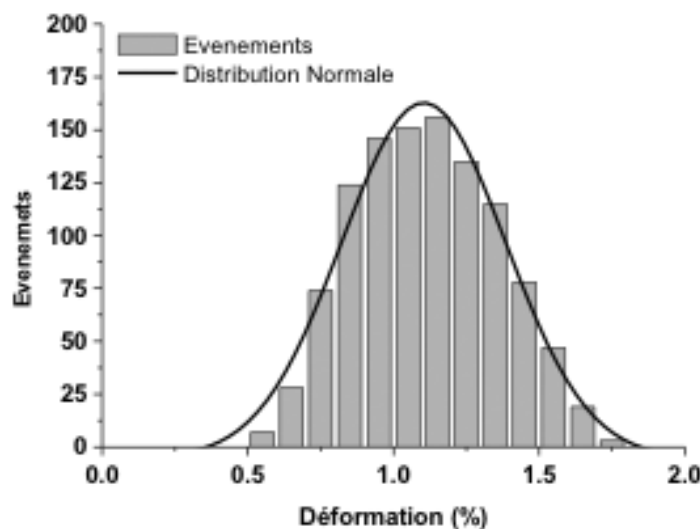


Figure 2 : Histogramme des déformations à rupture des fibres individuelles et modélisation de la distribution par une loi Normale

vue expérimental. Au cours d'un essai les mono-filaments présents dans la mèche sont soumis à une contrainte uniforme et constante. Des essais de fatigue ont été réalisés sur des fils contenant de l'ordre de 2 000 fibres de verre dans une ambiance saturée en eau. Les constantes de la loi de fissuration sous critique sont déterminées à partir des données expérimentales « effort-temps à rupture ».

Le laboratoire et principalement l'équipe Céramiques et Composites travaille depuis les années 1985 en partenariat avec HERAKLES-Groupe SAFRAN. Le composite SiCf/[Si-B-C], à fibres en carbure de silicium et à matrice autocicatrisante, a été développé pour être utilisé à haute température et en milieux oxydants. Actuellement, les applications visées dans le domaine de

l'aéronautique civile requièrent des durées de vie de l'ordre de 20 000 h, ce qui dépasse les durées d'expérimentation envisageables. De nouvelles méthodes sont donc nécessaires pour faire des prévisions de durées de vie de ces matériaux et valider leur utilisation sur le long terme. Les travaux réalisés visent à déterminer quels sont les mécanismes d'endommagement contrôlant la durée de vie du composite en température et à mesurer les cinétiques de ces mécanismes pendant les essais de fatigue statique ou cyclique (jusqu'à 1 200 °C). Des essais de fatigue réalisés au-delà de 450 °C permettent de tracer un diagramme de durées de vie et d'analyser le processus de dégradation à chaud. Plusieurs indicateurs de l'endommagement (Figure 3) sont enregistrés en temps réel : la déformation, le module d'élasticité ainsi que

l'énergie dissipée par cycles (mesurés à partir des boucles d'hystérésis des cycles de charge-décharge) et l'activité acoustique. Une procédure de classification des signaux d'EA

module d'élasticité) ou des paramètres d'émission acoustique (énergie libérée). L'analyse de la libération d'énergie des sources d'EA au cours d'essai de fatigue montre la

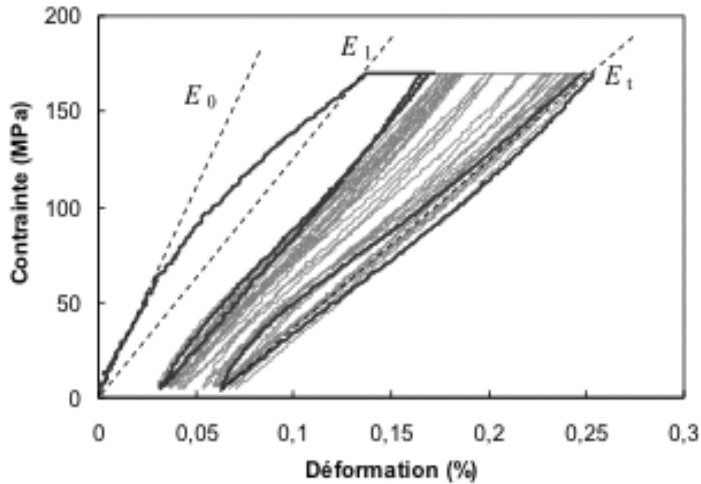


Figure 3 : Évolution du module d'élasticité au cours d'un essai de fatigue à 500 °C

a été développée, de manière à différencier les signaux provenant de différents mécanismes (fissuration matricielle, décohésion interfaciale, ruptures de fibres). Cette méthodologie a été mise au point sur des matériaux modèles de plus en plus complexes : mèches de fibres, mini-composites, mono-strates. Elle a ensuite été utilisée et validée pour le matériau composite d'architecture industrielle. La classification des données d'EA, à l'aide des analyses statistiques multi-variables développées au laboratoire, permet d'isoler des signaux qui peuvent être associés grâce à l'analyse du comportement mécanique et aux observations microstructurales par exemple aux ruptures de fibres, et donc de mesurer la cinétique de ces ruptures. La durée de vie étant contrôlée par la dégradation du renfort fibreux, cela ouvre des perspectives très intéressantes pour une modélisation de la dégradation du composite.

Afin d'obtenir une corrélation entre le comportement mécanique et la durée de vie, des critères permettant d'évaluer la durée d'un essai à partir de l'évolution du composite au début de la sollicitation sont établis. Plusieurs méthodes ont été proposées basées sur l'évolution des paramètres mécaniques (déformation,

présence d'un temps caractéristique autour de 50 % du temps à rupture. Ce temps caractéristique se manifeste au niveau global par une valeur minimale du coefficient d'émission acoustique. Il se manifeste aussi au niveau local, au voisinage du point de rupture, par un caractère critique de la libération d'énergie, traduit par une loi de type puissance. Ainsi, le temps caractéristique est associé à l'entrée dans une phase critique de l'endommagement, contrôlée par la rupture des fibres par fissuration sous-critique. Ce critère est particulièrement intéressant dans le cas des essais de longue durée (< 5 000 h), qui sont très coûteux mais nécessaires pour faire des prévisions de durées de vie très longues (20 000 h).

Une approche équivalente est développée sur les composites à matrice organique. L'objectif principal est d'identifier l'impact du vieillissement sur les mécanismes d'endommagement (Figure 4) en relation avec l'architecture du renfort fibreux.

Contact : Nathalie Godin, INSA de Lyon, MATEIS, 7 avenue Jean Capelle, 69621 Villeurbanne Cedex

nathalie.godin@insa-lyon.fr

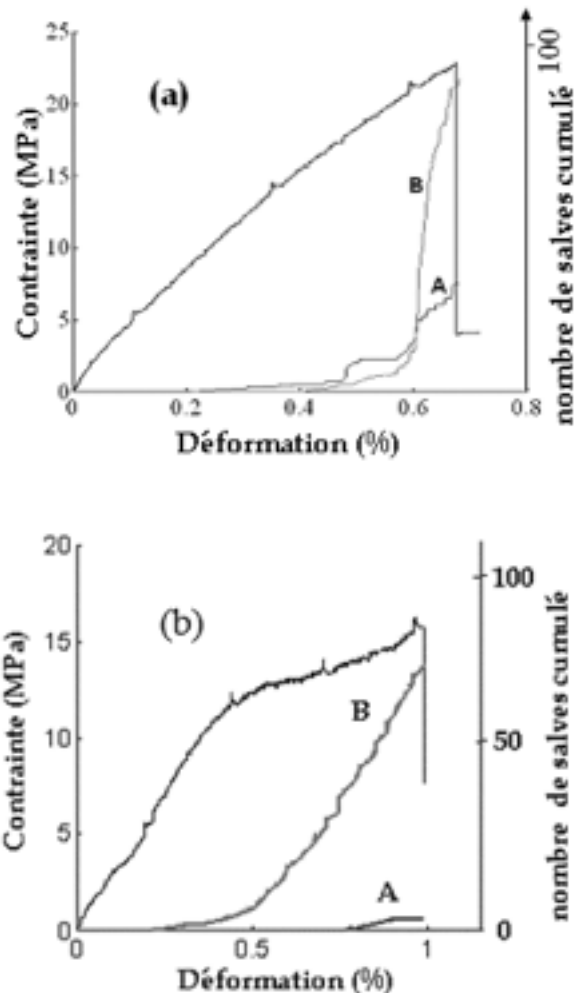
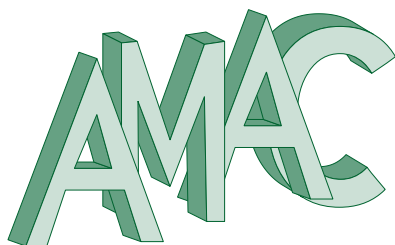


Figure 4 : Évolution des deux modes d'endommagement au cours des essais de traction pour des composites unidirectionnels à matrice polyester sollicités à 45 ° par rapport aux fibres (a) à l'état sain ; (b) à l'état vieilli - B endommagement interfacial, A endommagement de la matrice.



Présentation de l'AMAC

L'Association pour les Matériaux Composites a été créée en 1979. C'est une association relevant de la loi de 1901. Elle a pour objet de rassembler les enseignants, chercheurs et ingénieurs de l'université et de l'industrie, concernés par l'étude, la fabrication, le contrôle et l'utilisation des matériaux composites. Il s'agit d'une structure ayant pour vocation essentielle de réunir l'ensemble des acteurs concernés par les matériaux composites. Le vocable composites est pris dans une acception très large, indépendante de la nature des constituants.

L'AMAC participe activement à l'élaboration et à la diffusion des connaissances concernant les composites en France et à l'étranger. Elle est membre de la Société Européenne des Matériaux Composites (ESCM : European Society of Composite Materials) de l'Association Française de Mécanique (AFM) et de la Fédération Française des Matériaux (FFM). Elle entretient des relations suivies avec les autres sociétés françaises de matériaux: SF2M, GFP, GFC, GAMI, MECAMAT notamment. Elle est en relation avec d'autres associations similaires à travers le monde.

L'une des activités importantes de l'AMAC est l'organisation des Journées Nationales sur les Composites (JNC) tous les deux ans. Ces journées sont un lieu de rassemblement et de rencontre de la communauté française des composites; les comptes rendus des JNC constituent un ensemble de références bibliographiques unique en langue française.

L'AMAC organise également des Journées Scientifiques et Techniques (JST AMAC), ciblées thématiquement. Les présentations aux JST ont été publiées dans les Annales des Composites diffusées aux membres de l'association. Depuis deux ans elles font l'objet de numéros spéciaux de la revue des Composites et des Matériaux Avancés, ciblées thématiquement.

L'AMAC participe à l'organisation de Conférences Internationales (ICCM 12, ECCM 12), de Conférences Nationales (Matériaux 2002, Matériaux 2006), de séminaires, ou accorde son label à des manifestations.

À travers AMAC-Infos, publié deux fois par an, l'AMAC informe sur la vie de l'Association mais aussi sur l'activité composite en général.

L'annuaire, mis à jour tous les deux ans, contribue à une meilleure visibilité de l'AMAC et de ses potentialités.

Chaque année, le Prix Daniel Valentin récompense l'activité d'un chercheur de moins de trente-cinq ans pour l'ensemble de ses travaux ayant trait aux composites.

CONTACTS



Adhésions :

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

Président de l'AMAC jusqu'au 30/04/2013 : Yves REMOND – remond@unistra.fr

Président de l'AMAC depuis le 01/05/2013 : Jacques LAMON – jacques.lamon@lmt.ens-cachan.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

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

