

ÉDITORIAL

Composites et Normalisation
Par : Michel BOURGEON, Snecma Propulsion Solide
Et
Alain VAUTRIN, Ecole des Mines de saint-Etienne



1 - LES COMPOSITES A MATRICE CERAMIQUE SE NORMALISENT

Par Michel BOURGEON,

Snecma Propulsion Solide, Responsable du service caractérisation, Président du TC 184SC1.

● Du fait de leurs excellentes propriétés thermomécaniques à haute température, de leur grande résistance à la propagation de fissures (quasi insensibilité à l'entaille), de leur faible densité et de leur potentiel de durée de vie à haute température sous atmosphère oxydante (plus de 1000 h à 1100°C sous 160 MPa pour la nouvelle génération de CMC développée par Snecma Propulsion Solide, SPS), les composites à matrice céramique CMC et les composites carbone-carbone C/C trouvent leur place dans de nombreuses applications industrielles :

- bien sur, les pièces chaudes des moteurs fusée, ou de moteur d'avions, mais aussi
- le freinage aéronautique et terrestre,
- les outillages de traitement thermique,
- le tirage du silicium,
- etc.



Col de tuyère en c/c (booster A5)



Outillage en C/C pour traitement thermique

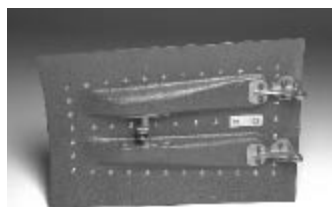
Ayant atteint ce stade de maturité, il est absolument nécessaire de disposer de bases de données de caractéristiques issues de méthodes d'essais fiables, reconnues par tous.

La normalisation est l'outil mis à la disposition des différents acteurs pour acquérir ce référentiel via les organismes officiels que sont l'ISO (International Standardisation Organisation), le CEN (Comité Européen de Normalisation) et l'AFNOR (Association Française de Normalisation).

Si ces organismes garantissent un label et assurent la diffusion des documents, il appartient aux experts, qu'ils soient issus du monde industriel ou de celui de la recherche, d'établir ces documents en partageant leur savoir faire. On comprend donc bien tout l'intérêt qu'il y a d'être acteur si l'on ne



Disques de freins en C/C



Volet en CMC du M88

veut pas se voir imposer par d'autres ce que l'on sait bien faire.

La France, au travers de ses industriels et de ses laboratoires de recherche, occupe une place privilégiée au niveau mondial pour ce type de matériaux, aussi dès 1988, sous l'impulsion de l'ex-SEP aujourd'hui Snecma Propulsion Solide fut créée une commission AFNOR (B43).

En 1989, l'industrie européenne, par l'intermédiaire de son syndicat (groupe HYSOL) demande à la Commission Européenne de Normalisation CEN, la création d'un comité technique en charge des céramiques avancés (TC 184), lui-même structuré en sous-comités, Pour traiter des différents types de céramiques (poudres, revêtements,

monolithiques et composites) C'est ainsi que tout naturellement, la France prend en charge l'animation et la présidence du TC 184SC1, spécifiquement dédié aux Composites à Matrice Céramique (C/C inclus) et à leurs renforts.

Les travaux réalisés

En treize ans d'existence, ce sous-comité affiche un bilan très positif et productif, puisque 29 Normes couvrant la détermination des propriétés mécaniques, thermiques, physiques ont été publiées. Treize nouveaux projets sont en cours d'instruction et seront publiés dans les 3 ou 4 années qui viennent.

Les acteurs

Pour produire des documents normatifs de grande qualité, il est indispensable de pouvoir réunir autour de la table, les experts reconnus du domaine. C'est ce que nous avons réussi au sein du TC184 SC1. Les grands industriels et les grands centres de recherche européens sont présents, 9 pays sont représentés et participent directement aux réunions d'experts (Autriche, Allemagne, Espagne, Royaume-Uni, Italie, Portugal, Grèce, République Tchèque, France, ainsi que le laboratoire commun de recherche de la CEE à Petten).
(voir tableaux page 2)

L'impact au niveau mondial

La normalisation internationale est couverte par les normes ISO. En 1990, parallèlement à l'action européenne, le JAPON a mis en place une commis-

sion ISO (TC206) sur les céramiques avancées. L'essentiel des travaux pris en compte concerne les céramiques monolithiques, les revêtements et les poudres; seuls 4 projets concernant les CMC sont proposés.

Lors d'une réunion commune CEN/ISO en juin 2000 il est décidé, vu l'ampleur du travail mené dans le TC 184 SC1, de confier le leadership du développement des méthodes relatives aux CMC à ce sous-comité par application des accords de Vienne. Ces accords permettent d'éviter la duplication du travail entre CEN et ISO lorsque les deux organismes le décident.

En conclusion

La caractérisation des CMC peut donc se faire au travers d'une panoplie de normes permettant de parler le même langage entre client et fournisseur. Ce travail est un excellent exemple de collaboration entre la recherche où bien souvent s'élaborent de nouvelles méthodes pour aider à mieux comprendre le comportement des matériaux et l'industrie qui doit disposer de bases de données fiables pour dimensionner ses pièces.

En fait, comme le dit souvent le Professeur Naslain, «les normes sont aux méthodes d'essais ce que sont les brevets pour les nouvelles inventions».

Contact :

Michel BOURGEON
Responsable du service caractérisation
Président du TC 184SC1
Snecma Propulsion Solide
Les cinq chemins
33187 Le Haillan CEDEX

Industriels

EADS	F
SPS	F
CEA	F
SCHUNK	G
ROLLS ROYCE	UK
CEAT	F

Laboratoires

INSA Lyon	France
LCTS Bordeaux	France
LMT Bordeaux	France
Université de Vienne	Autriche
Université Patras	Grèce
IST de Lisbonne	Portugal
JRC Petten	CEE
IRTEC Faenza	Italie
LGAI Barcelonne	Espagne
INST. Rock	Rep. Tchèque

Overview on the standardisation of Ceramic Matrix Composites

THERMOMECHANICAL STANDARDS

	TC184SC1	ISO TC206	ASTM C28-07
tensile properties at RT	EN858-1	ISO 232001	C1225-95
tensile properties in air up to 1700°C	EN1893		C1399-97
tensile properties in inert atmosphere up to 2000°C	EN1892		
compressive properties at RT	EN858-2	WD 20504	C1368-97
compressive properties in air up to 1700°C	EN12201		
compressive properties in inert atmosphere up to 2000°C	EN12200		
flexural properties at RT	EN858-3		
flexural properties in air up to 1700°C	EN12789		
flexural properties in inert atmosphere up to 2000°C	EN12788		
ILSS by compression at RT	EN858-4	CD 20505	C1295-95
ILSS by compression in inert atmosphere up to 2000°C	EN1894		C1425-99
ILSS by short span bending method at RT	EN858-5		
in-plane shear properties at RT (dupress)	EN12789	CD 20506	
resistance to crack propagation	ENV 13234		
elastic properties by ultra-sonic method	ENV 14180		
elastic properties by resonant beam method up to 20000°C in inert atm	W/xxx		
resistance to creep in inert atmosphere up to 2000°C	ENV 13235		C1307-95
cycle fatigue at RT	W/xxx		C1361-95
cycle fatigue in air up to 1700°C	W/xxx		
cycle fatigue in inert atmosphere up to 2000°C	W/xxx		
push-to-compress-tensile properties at room temperature	W/xxx		C1488-00
fibres/matrix bonding by push out	W/xxx		
fibres/matrix bonding by pull out	W/xxx		
fibres/matrix bonding by tensile test on composite	W/xxx		

CBC 1 EUROPE

 Snecma Propulsion Solide
groupe snecma

Overview on the standardisation of Ceramic Matrix Composites

REINFORCEMENT and MATRIX STANDARDS

	TC184SC1	ISO TC206	ASTM C28-07
spare level	EN 1007-1		
linear mass	EN 1007-2		
filament diameter	EN 1007-3		
tensile properties on single fibre at RT	EN 1007-4		D3379-75
tensile properties on single fibre at HT	ENV 1007-6		
tensile properties on a drytow at RT	EN 1007-5		
tensile properties on a drytow at HT	W/xxx		
creep resistance on fibre	W/xxx		
thermal diffusivity on fibre	W/xxx		
preparation techniques for morphological examinations	W/xxx		
carbon matrix anisotropy determination by optical microscopy	W/xxx		
carbon matrix anisotropy determination by TEM	W/xxx		

CBC 1 EUROPE

 Snecma Propulsion Solide
groupe snecma

Overview on the standardisation of Ceramic Matrix Composites

THERMAL and GENERAL STANDARDS

	TC184SC1	ISO TC206	ASTM C28-07
thermal conductivity	EN 1158-1		
thermal expansion	EN 1158-2		
thermal stability	EN 1158-3		
thermal shock resistance	EN 1158-4		
thermal shock resistance (matrix)	EN 1158-5		
thermal shock resistance (fibre)	EN 1158-6		
thermal shock resistance (composite)	EN 1158-7		
thermal shock resistance (matrix)	EN 1158-8		
thermal shock resistance (fibre)	EN 1158-9		
thermal shock resistance (composite)	EN 1158-10		

CBC 1 EUROPE

 Snecma Propulsion Solide
groupe snecma



2 - Présentation de VAMAS.

Par Alain VAUTRIN,

Ecole des Mines de Saint-Etienne, Membre de VAMAS

VAMAS est un acronyme signifiant Versailles Project on Advanced Materials and Standards c'est-à-dire 'Programme de Versailles sur les Matériaux Avancés et les Normes'. Il s'agit d'une organisation regroupant les pays du G7 et l'Union Européenne, créée lors du sommet de Versailles de 1982. Son objet est de promouvoir des projets internationaux de recherche pré-normative pour soutenir le développement de normes internationales dans le domaine de la caractérisation et de la mise en œuvre des nouveaux matériaux. Les centres d'intérêt sont nombreux et touchent aussi bien les méthodes d'essais, de mesure et de traitement des résultats - concernant les matériaux, les films ou les surfaces - que l'interopérabilité des bases de données ou la définition de matériaux de référence. L'établissement de normes internationales techniquement bien fondées est considéré, à juste titre, comme un outil particulièrement efficace permettant à la fois de soutenir la conception de matériaux et de systèmes nouveaux et de favoriser les échanges commerciaux internationaux.

VAMAS n'a pas de statut juridique et tire sa légitimité d'une déclaration d'intention commune, ou Memorandum of Understanding, signée par les pays du G7 et l'Union Européenne et définissant sa mission. Sa crédibilité et sa reconnaissance par les organismes internationaux de normalisation reposent sur la pertinence de ses travaux et propositions. Une convention lie ainsi VAMAS à l'ISO et à l'IEC permettant notamment la publication par ces organismes de documents d'orientation, ou TTAs (Technology Trends Assessments), directement fondés sur les travaux de VAMAS. VAMAS a une politique déclarée d'aide à la reconnaissance mutuelle des normes et favorise tout échange d'information dans cet objectif. L'intégration des travaux de VAMAS dans le processus d'élaboration des normes contribue de facto à l'accélération de leur développement. Cette intégration est en pratique facilitée par le fait que les comités techniques de VAMAS, ou

TWAs (Technical Working Area), et des organismes de normalisation tels que l'ISO ont des membres communs bien souvent.

Les organes permanents de VAMAS sont le Comité Directeur (Steering Committee) d'une part, composé statutairement de trois représentants au plus de chaque pays du G7 et d'un représentant de l'Union Européenne, et un Secrétariat d'autre part, alternativement accueilli par le NIST (National Institute of Standards and Technology, USA) et le NPL (National Physical Laboratory, UK), la périodicité étant de trois ans. L'animation du Comité Directeur est assurée par un Président, assisté d'un Secrétaire. Depuis mai 2002, la présidence est assurée par le Dr Colin Lea, Head of Centre, NPL Materials Centre du National Physical Laboratory (NPL, UK), le secrétaire étant le Dr Martin Rides du NPL également. Le Comité Directeur évalue chaque année les travaux réalisés par les TWAs et fixe les actions à poursuivre et à engager pour les années suivantes sur la base de propositions formulées par les TWAs ou par les membres du Comité. Un Bulletin présentant l'avancement des travaux est édité annuellement ; en outre VAMAS dispose d'un site www.vamas.org présentant sa structure et ses principales activités.

Cette organisation ne dispose d'aucun budget propre. Le secrétariat est donc à la charge de l'organisme d'accueil, actuellement le NPL, et les partenaires engagés dans les actions de pré-normalisation doivent eux-mêmes trouver des soutiens financiers à l'échelle nationale ou européenne notamment. A cet égard, les PCRD successifs ont toujours proposé des volets 'Normes, Mesures et Essais', parfaitement identifiés ou diffus, permettant de soutenir des recherches pré-normatives. L'implication des laboratoires publics est fortement dépendante de l'existence de soutiens financiers spécifiques, compte tenu du fait que les techniques expérimentales deviennent de plus en plus sophistiquées et par suite lourdes et coûteuses à mettre en œuvre. Enfin, les comités techniques de VAMAS

(TWAs) sont largement ouverts à des partenaires hors pays du G7.

Le champ des thèmes abordés est très vaste et concerne tous les aspects scientifiques ou techniques a priori nécessaires à la mise en place de normes mieux fondées et permettant une meilleure mise en œuvre des nouveaux matériaux : bases de données, méthodes d'essais, méthodes de conception et technologie des matériaux. Ces projets reposent sur des essais d'inter-comparaison, impliquant de nombreux partenaires publics ou industriels, ou peuvent également prendre l'aspect d'ateliers spécialisés, organisés en collaboration avec d'autres structures de recherche pré-normative, telles que CENSTAR en Europe. Ainsi les 5 et 6 juin derniers, VAMAS et CENSTAR ont organisé au NPL l'atelier international 'Measurement needs for nano-scale materials and devices' en vue de dégager les obstacles au développement des nanosystèmes et proposer des actions ciblées pouvant naturellement trouver un financement dans le cadre du nouveau PCRD (un IP 'MEMSTAND' est en voie de montage). Cette action précède très probablement la mise en place par le Dr Colin Lea (NPL) d'un nouveau TWA sur les méthodes de caractérisation des nanomatériaux.

Les TWAs ont des thématiques plus ou moins larges ; les TWAs actuellement actifs sont au nombre d'une vingtaine, sur un nombre total de 28, dont :

- TWA 3, Ceramic for Structural Applications (Dr. K. Breder, Saint-Gobain Abrasives, USA)
- TWA 5, Polymer Composites (Dr. G. Sims, NPL, UK)
- TWA 15, Metal Matrix Composites (Dr. C. Matsuda, NIMS, Japon).

Un TWA est placé sous l'autorité d'un Chairman qui assume la responsabilité scientifique, technique et administrative des divers projets dont le TWA a la charge. Un projet est mené par un groupe de partenaires, regroupant des sociétés industrielles et des laboratoires publics ou industriels de différents pays, sous la responsabilité d'un chef

de projet. Aucun partenariat standard n'existe. Un membre du Comité Directeur assure la coordination du TWA et la liaison avec le Comité Directeur. Le coordinateur est en principe chargé du suivi des travaux et présente le rapport annuel d'avancement des tâches du TWA au Comité Directeur. Chaque TWA définit sa propre composition, stratégie et approche scientifique en accord avec le Comité Directeur. A l'heure actuelle, aucun Chairman n'est français.

Les nouveaux projets font l'objet d'une présentation formelle orale et écrite auprès du Comité Directeur. Cette présentation est suivie d'une évaluation. L'élément d'appréciation essentiel est la pertinence du sujet au plan du développement industriel et commercial et de l'évolution des normes, conformément à la mission de VAMAS. Tout projet devrait à plus ou moins long terme aider au développement technologique et industriel international en donnant lieu à une ou plusieurs normes. Globalement, VAMAS a contribué à l'établissement d'une soixantaine de normes depuis sa création, cette contribution normative est variable suivant les TWA, par exemple, le TWA 5 Polymer Composites a contribué aux documents suivants :

- ISO 61 ISO 15024 Determination of mode I interlaminar fracture toughness, Glc, for unidirectionally reinforced materials
- ISO 61 DIS 13003 Determination of fatigue properties under cyclic loading conditions
- ISO 61 draft Mode II fracture toughness testing

Les contributions les plus nombreuses ont eu lieu dans le champ de l'analyse chimique des surfaces, des céramiques à applications structurelles et des supraconducteurs. Des apports également importants, notamment français sous l'impulsion du professeur Claude Bathias (du CNAM), ont été faits dans le domaine de la fatigue des matériaux. Le dynamisme de VAMAS se manifeste par sa capacité constante à créer, ou à clore, si les travaux ont abouti, des TWAs. Des TWAs récents,

tels que :

- TWA 26, Full Field Optical Stress and Strain Measurement (Dr. Richard L. Burguete Airbus UK Ltd, UK)
- TWA 27, Characterization Methods for Ceramic Powders and Green Bodies (Dr. Rolf Wäsche BAM, Allemagne)
- TWA 28, Quantitative Mass Spectroscopy of Synthetic Polymers (Dr. Charles Guttman Polymers Division, NIST, USA)

témoignent clairement de la dynamique de l'anticipation en recherche pré-normative et du champ d'intérêt étendu de VAMAS. Une contribution significative à la définition de matériaux de référence doit être aussi relevée (NIST, USA).

Dans le domaine des matériaux composites à matrice polymère, les principaux projets affichés dans le cadre du TWA 5 sont les suivants :

1. 'Assessment and Recommendation to ISO on Mode II Test Method', responsable : Dr Peter Davies, IFREMER, France ;
2. 'Measurement of Mechanical Properties of the Fibre-Matrix Interface', responsable : Dr Donald Hunston, NIST, USA ;

3. 'Measurement of Through-Thickness Properties', responsabilité vacante actuellement, ce projet avait été initialement introduit en 1998 par le professeur F. Pierron (ENSAM).
4. 'Damage Tolerance Assessment of PMCs', responsables : Dr Graham D Sims/ Michael Gower, NPL, UK.

VAMAS s'intéresse fortement aux aspects mesures, sinon métrologiques, et le TWA 26 porte explicitement sur les méthodes optiques de champs. Ce TWA est une initiative anglaise tout à fait pertinente se déclinant en termes de projet européen (projet SPOTS : Standards Project for Optical Techniques of Strain Measurement) d'une part et lié à un projet de normalisation de l'ASTM (M.A. Sutton, USC et NIST) de la méthode de corrélation d'image d'autre part. De même, une initiative récente visant à préparer une activité dans le domaine de la validation des outils de simulation numérique résulte, elle aussi, d'une vision d'avenir de l'évolution profonde des méthodes de caractérisation et de conception des matériaux et des structures.

Les sept pays membres fondateurs de VAMAS sont impliqués de façon très inégale dans les différents projets. En

particulier les engagements du Japon, des Etats-Unis, du Royaume-Unis et de l'Allemagne sont de loin prédominants. L'importance de cet engagement est en partie liée à la prise de conscience que la recherche pré-normative de haut niveau sur les matériaux avancés est une voie majeure conduisant à l'établissement de normes touchant des technologies avancées et complexes, stratégiques pour le développement industriel international dans des secteurs clés (par exemple les matériaux du génie biomédical ou les supraconducteurs), et au statut reconnu de la recherche pré-normative. L'engagement français reste faible, d'une part le nombre d'équipes impliquées françaises est en moyenne inférieur à celui de pays européens comparables (Royaume-Uni, Allemagne, Italie ou Pays-Bas), d'autre part aucun TWA n'est actuellement animé par un président français.

Le dernier Comité Directeur de VAMAS s'est tenu à TSUKUBA (Japon) du 14 au 16 mai 2002. Il a de nouveau souligné tout l'intérêt que trouvent nos partenaires à mener des recherches pré-normatives. Les propositions de TWAs sont stratégiques (création et maîtrise d'un réseau, accès à l'infor-

mation internationale et faculté d'anticipation) et les anglo-saxons l'ont parfaitement compris. Ils disposent des structures ad hoc : NPL, NIST permettant de réaliser les projets qu'ils placent dans le contexte d'actions nationales financées. En un mot : parfaite intégration de VAMAS dans les politiques de pré-normalisation. De même les Allemands et les Japonais ont à leur disposition des centres de recherche nationaux de haut niveau scientifique : BAM, NIMS, dont la mission de recherche est claire, ce dont ne dispose pas la France. Il y a un déficit de propositions françaises (pas d'initiatives françaises) qui réduit nos facultés d'anticipation dans le champ de la normalisation. La mise en place du nouveau programme cadre est clairement une opportunité pour la recherche pré-normative et offre des opportunités de soutien (CRAFT entre autres).

Contact :

Pr. Alain VAUTRIN
Ecole des Mines de Saint-Etienne
158, Cours Fauriel
42023 Saint-Etienne CEDEX 2

ALBUM



Bilan des colloques «Composites» au congrès «Matériaux 2002» de Tours du 21 au 25 Octobre 2002

Le Congrès Matériaux 2002 s'est déroulé au Centre Léonard de Vinci à Tours, du 21 au 25 octobre 2002. Ce congrès a été organisé par 20 sociétés savantes françaises* qui avaient pour objectif d'en faire une vitrine commune des activités de R et D sur les matériaux en France. Comme le souligne le sous-titre du Congrès, en couvrant tous les aspects, «de la conception à la mise en œuvre».

Le chiffre de 1200 participants, dont environ 30 % provenant de l'industrie et des grands centres techniques et scientifiques, indique que les objectifs visés par les organisateurs ont été atteints. A noter près de 70 participants étrangers (Algérie, Allemagne, Suisse, Belgique, Russie, ...), ce qui est honorable pour une vitrine dédiée à la communauté scientifique française.

Matériaux 2002 était, en fait, constitué de 18 colloques, de tailles et durées diverses, et de quelques conférences plénières. Ces colloques correspon-

daient soit au congrès annuel d'une

1. Poudres et matériaux nanostructurés : du fondamental aux applications industrielles.
2. Modélisation et comportement des matériaux hétérogènes et aléatoires.
3. Non-linéarité de comportement des polymères à l'état solide.
4. Comportement et rupture des matériaux sous sollicitations dynamiques.
5. Corrosion et anticorrosion dans les installations industrielles.
6. Interfaces dans les composites et autres multimatériaux.
7. Traitements de surface par voie sèche : structure, fonctionnalité et procédés.
8. Soudage et prospective industrielle.
9. Mise en forme des métaux.
10. Les nouveaux matériaux magnétiques et leurs applications : du massif au nano.
11. Etude et maîtrise des microstruc-

12. Surfaces, interfaces et polymères.
13. Verres et matériaux amorphes.
14. Matériaux pour le stockage de l'énergie et la protection de l'environnement.
15. Elaboration des matériaux métalliques massifs.
16. Les matériaux pour le vivant.
17. Matériaux pour l'industrie nucléaire
18. Les mélanges de polymères

Selon les jours, de 6 à 9 colloques se déroulaient en parallèle. Cela a donné, lorsqu'on arrive sur le site, une impression d'impossibilité de s'y retrouver. Mais, grâce à l'excellente organisation, à la qualité de programme donné aux congressistes et au fléchage (que les personnes concernées de la Société de Chimie Industrielle soient ici remerciées !), cette multiplicité était tout à fait gérable et s'est avérée finalement d'une grande richesse.

On ne peut assister à tout, mais chacun

pouvait trouver ce qui l'intéresse dans sa spécialité et surtout, pouvait glaner des choses dans d'autres disciplines. Cela a été particulièrement apprécié par les doctorants qui pouvaient découvrir ce qui se fait dans d'autres domaines que le leur. Le fait d'avoir facilité la participation des doctorants est une très bonne chose, qui doit être reconduite sinon amplifiée. Cette possibilité, extrêmement enrichissante, d'avoir une transdisciplinarité par «adjacence» ou «contact» demande aussi aux conférenciers de faire un effort minimal de pédagogie. Cela n'a pas été toujours le cas : est-il raisonnable de modéliser un anévrisme devant un parterre de gens des matériaux, de biologistes et de chirurgiens sans aucun croquis ? Est-ce un bon exemple de parler en long et en large de dureté du diamant et de ne pas savoir, à une question posée, comment on la mesure ?

L'AMAC était partie prenante dans l'organisation de deux colloques :

- Colloque 2 : Modélisation et comportement des matériaux hétérogènes et aléatoires (J. Lamon, AMAC) avec le Groupe Français de la Céramique (GFC), le Groupe Français d'Etude des Carbones (GFEC), le Groupe Français de Mécanique des Matériaux (MECAMAT) et la Société française de Métallurgie et de Matériaux (SF2M).

Ce colloque s'est déroulé sur 3 jours. De l'ordre de 100 auditeurs à chaque session. Sur 48 conférences orales et 26 affiches, 28 communications ont porté nommément sur les matériaux composites.

De nombreuses communications ont porté sur les problèmes d'homogénéisation des propriétés mécaniques, thermiques et électriques, mais aussi sur la modélisation du comportement pendant la mise en forme et la consolidation. La modélisation était souvent associée à la description des méca-

nismes. De très nombreuses familles de matériaux ont été abordées : alliages métalliques, matériaux cellulaires, polymères chargés, bétons et ciments, réfractaires, bois et diamant. Dans les composites à fibres, les familles les plus représentées étaient les composites à matrice polymère et les composites thermostrocturaux.

Ayant assisté à une partie de ce colloque, je puis dire que la diversité des thèmes présentés a permis de profiter de la «transdisciplinarité par adjacence» sans pratiquement bouger de son siège.

- Colloque 6 : Interfaces dans les composites et autres multimatériaux (D. Rouby, AMAC) avec la Société Française de Microscopie (SFm) et MECAMAT. Ce colloque s'est déroulé sur 2 jours et demi : 33 communications orales et 24 affiches, de 60 à

80 auditeurs régulièrement. Les présentations ont couvert l'ensemble de la problématique «interfaces», de la microscopie à haute résolution des joints de bi-cristaux aux essais mécaniques sur plâtre renforcé par des fibres de bois.

Plusieurs aspects m'ont semblé émerger. Le premier est la prise en compte de la rugosité des surfaces interfaciales, que ce soit sa genèse avec des aspects diffusionnels, son influence sur l'interaction chimique avec des aspects fractals et son effet sur le comportement mécanique.

Le second point qui est apparu dans plusieurs présentations est l'aspect «multi-interfaces» comme, par exemple dans les composites à matrice céramique multiséquentée ou dans les fibres cellulose végétales constituées de plusieurs couches. L'interface qui travaille est-elle entre fibre et matrice

ou est-ce une autre un plus loin ?

Enfin, plusieurs travaux ont porté sur le comportement local en présence d'hétérogénéités et donc d'interfaces, comme la déformation locale de la matrice entre les fibres en sollicitation transverse, ou l'amorce des délaminages par effets de bord entre les plis.

En conclusion, le résultat de ce congrès est, de mon point de vue très positif et une réédition me paraît tout à fait souhaitable. On parle d'une période de 2 ou 3 ans. Comme EUROMAT a lieu les années impaires, il faudra trouver une cohérence. En effet, 2 ans est un peu trop court et 4 ans un peu trop long.

Dominique ROUBY
GEMPPM, UMR CNRS 5510
INSA de Lyon

BILAN d'ECCM 10 - du 2 au 6 Juin 2002 à Bruges

ECCM 10 (10th European Conference on Composite Materials) s'est tenue à Bruges du 2 au 6 juin 2002. Le titre « Composites for the Future » rappelait fort justement qu'il s'agissait d'un congrès de scientifiques dont les recherches préparent l'avenir et non d'une assemblée d'historiens des composites.

ECCM est la conférence biennale de l'ESCM (European Society of Composite Materials). ECCM 10 était organisée par un comité nord-européen (Benelux sans le Luxembourg) autour d'Albert Cardon de l'Université de Bruxelles. L'édition de 2004 aura lieu en Grèce (Rhodes) ; celle de 2006 en France (Biarritz).

ECCM 10 était de la taille des JNC. Il y avait 250 participants inscrits, 164 présentations orales et 80 posters annoncés dans le programme, 29 nations dont 9 en dehors des limites géographiques du continent européen : Argentine (1), USA (11), Israël (4), Niger (4), Iran (1), Thaïlande (1), Japon (4), Singapour (1), Australie (1). L'audience la plus nombreuse était fournie par les pays organisateurs. Cela semble être la règle : Belgique (47), Grande Bretagne (40), Pays Bas (26), France (26), Allemagne (21), Italie (15), Russie et Espagne (9), Portugal (6), Grèce (4), etc.

Les communications couvraient une grande diversité de thèmes. On peut les classer en 3 grandes familles :

- les thèmes classiques : endommagement, rupture, applications, conception, durabilité, élaboration, interfaces/interphases, etc.

- les thèmes pauvres : CMC et MMC
- les thèmes émergents : nanocomposites, écocomposites, smart composites, textiles, méthodes expérimentales.

L'aéronautique et l'aérospatiale semblent dominer encore le monde des composites. Les problèmes endémiques qui freinent le développement des composites ont été soulignés par plusieurs conférenciers qui ont proposé des diagnostics :

- le coût est rédhibitoire dans bien des cas ;

- le comportement à rupture et l'endommagement sont insuffisamment compris. La rupture n'est pas prévue de manière précise et fiable de sorte que les avantages que pourrait procurer la résistance élevée des composites n'est pas exploitée ;

- la production est souvent restée artisanale, de sorte que les composites sont réservés à des pièces produites en petite série ;

- les méthodes de conception sont limitées, lentes et lourdes. Les limites sont attribuées à l'empirisme avec lequel est traité l'endommagement. Les méthodes de conception doivent tirer profit du fait que les composites peuvent être adaptés aux performances recherchées, à condition que l'on soit capable de prévoir celles-ci en fonction du choix des fibres, de la matrice, de l'architecture et du procédé d'élaboration associé ; les progrès récents dans le génie génétique, la science des composites et le développement de fibres naturelles offrent des perspectives prometteuses pour le développement de nouveaux matériaux fabriqués à partir de ressource-

ces renouvelables et qui soient biodégradables ou recyclables. Une large variété de matériaux à hautes performances et faible coût peut-être élaborée à partir d'huiles végétales, de fibres naturelles (fibres de feuilles d'ananas, fibres de coco, fibres de sisal, de banane, de palmier à huile, lin, jute, chanvre, etc...) et de lignine, ce sont les écocomposites. Ils présentent un intérêt économique, ils peuvent être produits en masse, et ils sont envisagés ou employés dans un grand nombre de domaines : équipements agricoles, applications marines, construction, mobilier, containers, etc... Des traitements chimiques permettent d'améliorer l'interface fibre/matrice.

L'intérêt industriel pour les thermoplastiques biodégradables produits naturellement ou synthétiquement a été suscité par l'augmentation des prix du pétrole dans les années 1970 et depuis a été stimulé par l'épuisement des gisements dans un grand nombre de pays. Les polymères biodégradables produits par la nature sont connus depuis longtemps. Par exemple la production de polyhydroxybutyrate (PHB) par les bactéries a été découverte dans les années 1920. Des polymères naturels tels que la cellulose et à base de féculents sont étudiés depuis le 19^e siècle. Combinés à des fibres naturelles, ils donnent les composites recyclables. Ces matériaux sont employés de manière croissante dans l'automobile. Le projet européen ECOFINA porte sur la substitution des fibres minérales par des fibres naturelles dans les composites destinés au secteur de l'automobile.

Les nanotubes de carbone présentent des propriétés remarquables associées à leurs dimensions nanométriques. Cependant, ils ne peuvent assurer seuls un renforcement efficace. La production de composites aux propriétés extraordinaires renforcés par des nanotubes de carbone relève de l'utopie selon T.W. Chou. Cette affirmation pleine de bon sens est corroborée par l'exemple passé des whiskers qui n'ont jamais donné des composites aux propriétés mécaniques intéressantes. Ils sont plutôt envisagés comme mode de renfort des composites à fibres de carbone. En effet, les bénéfices escomptés des renforts à l'échelle nanométrique combinés à ceux des composites à fibres continues devraient permettre de créer des composites hybrides micro/nano multifonctionnels. Des progrès récents dans la synthèse des nanotubes de carbone ont permis de faire croître des nanotubes de carbone sur des fibres de carbone par voie CVD. Une échelle supplémentaire de renfort offre un degré de liberté de plus pour adapter les propriétés mécaniques et physiques des composites. La croissance de nanotubes sur des fibres augmente la résistance des interfaces. La voie des composites hybrides est explorée par plusieurs auteurs. Bref, ECCM 10 était une conférence intéressante et d'assez bonne qualité qui éclaire le futur des composites et le futur avec les composites.

Jacques LAMON, LCTS, Pessac,
Président de l'AMAC

Prix Daniel Valentin 2001 : Quelques précisions

Dans notre précédent numéro rubrique « Vie de l'association » Claude DUBOIS présentait le CV de Xavier COLIN co-lauréat du prix Daniel Valentin 2001 (AMAC INFOS n°15 de Juillet 2002, page 6). Il nous fait parvenir aujourd'hui les précisions et rectifications suivantes au sujet de Xavier COLIN :

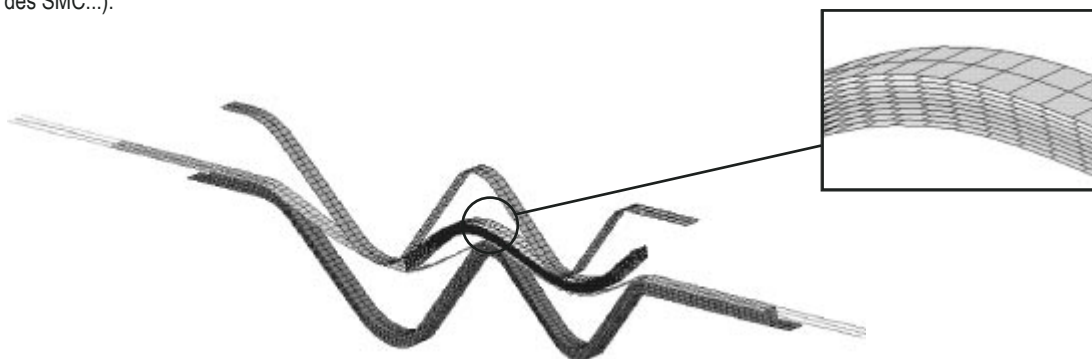
Xavier COLIN a préparé sa thèse à l'ONERA Châtillon dans le service DMSC sous la responsabilité de M. Christian MARAIS et sous la direction scientifique du Pr. Jacques VERDU et la co-direction de Mme L. AUDOIN du LTPV de l'ENSAM Paris.

AMAC INFOS demande donc aux personnes concernées de bien vouloir accepter toutes ses excuses (faute de ne pouvoir vérifier la totalité de ses sources).

Bilan de la JST « Mise en forme des composites » - ENSAM Paris 3 Octobre 2002

La journée Scientifique et Technique (JST) « Mise en Forme des Matériaux Composites » a eu lieu le 3 octobre 2002 à l'ENSAM Paris. Elle a réuni quarante deux participants issus des laboratoires R&D des entreprises (EADS, ATOFINA, SNECMA, RENAULT, ESI, ONERA, DGA, HUTCHINSON, AIRBUS, SCHNEIDER Electric) et des laboratoires universitaires. Des chercheurs espagnols et japonais ont participé à cette journée.

La journée a permis de réunir des équipes dont les travaux concernent des procédés où il y a écoulement et structure induite (BMC, SMC, granulés fibres courtes ou longues), écoulement ou imprégnation avec structure de fibres bien maîtrisée (RTM, pultrusion) et celles qui analysent le formage des renforts continus. La modélisation d'un procédé complet demande souvent plusieurs de ces compétences. Des travaux récents ont été présentés concernant à la fois les études expérimentales, les modélisations et aussi les outils et méthodes de simulations. Ils concernent, aussi bien les procédés pour les composites à fibres continues (RTM, drapage de préimprégnés, CFRTP) que les composites à fibres discontinues (courtes ou longues) visant des applications en grandes séries (injection, ou injection-compression des BMC, compression des SMC...).



Thermoformage d'un stratifié à fibres continues (LMSP/EADS)

Les techniques utilisées pour la mise en forme des matériaux composites sont nombreuses. Elles se différencient des méthodes de formage des autres matériaux compte tenu de la composition fibres-matrice du composite qui sont désolidarisées durant le formage. On part souvent d'un semi-produit (BMC, SMC, TRE), granulés de thermoplastiques à fibres courtes ou longues, préimprégnés. Dans le cas de l'injection RTM au contraire, l'association fibres-matrice se fait pendant l'opération de mise en œuvre, et la question principale est de maîtriser l'imprégnation et le remplissage du moule. Le but ultime d'une mise en forme est d'obtenir un produit composite où les constituants matrice et fibres sont solidarisés avec une architecture du réseau fibreux optimisé. Une demande existe au niveau industriel pour une meilleure connaissance et des modélisations de ces procédés à la fois pour définir des paramètres optimaux de formage et pour connaître l'état du composite en service (position des renforts, présence de défauts...).

Les textes complets feront l'objet d'une publication (en cours de réalisation) dans un numéro spécial de la Revue des Composites et Matériaux Avancés (Hermès)

Philippe BOISSE
ESEM Orléans & LMSP ENSAM Paris

Compte-rendu du 2nd Colloque Franco-Coréen

La série de séminaires franco-coréens a été amorcée en 1999. L'objectif de ces séminaires est de promouvoir des projets de coopération franco-coréens répondant à une demande industrielle. Ces projets associant universitaires français et coréens, et recevant l'appui d'entreprises industrielles, peuvent trouver un financement dans le cadre des actions de coopération soutenues par le Ministère des Affaires Etrangères, l'association ARIEL (Association for Research with Industrial and Educational Links) et la KOSEF (Korean Science and Engineering Foundation).

Le premier séminaire a eu lieu à Paris, au CNAM (1999) le deuxième à Séoul, à l'Université Nationale (2000). Le troisième s'est tenu sur le campus de l'Université de Bordeaux 1, à l'Ecole Nationale Supérieure de Chimie et Physique, les 25 et 26 juin 2002. Il était organisé par le LCTS et l'Ecole des Mines de Saint Etienne, sous

le copatronnage du Ministère des Affaires Etrangères et de la KOSEF, avec le soutien de ARIEL, AMAC et KSCM (Korean Society for Composite Materials), et avec le concours de SNECMA et EADS.

Le thème de ce 3^e séminaire était les composites pour l'Aéronautique et pour l'Espace. Il a rassemblé une trentaine de participants français et coréens. La délégation coréenne était composée d'une dizaine de membres, issus des grandes universités (Seoul National University, Pusan National University, Korea Advanced Institute of Science, Pohang Institute of Technology), et du secteur industriel (Korea Aerospace Industries, Ltd).

Les sujets suivants ont été traités :

- l'élaboration et les procédés de fabrication : composites C/C, céramiques multicouche, composites à matrice aluminium renforcés par des fibres de carbone,
- les techniques de caractérisation : micro-spectrométrie RAMAN, ondes sonores et ondes ultrasonores,
- les techniques de contrôle in-situ : capteurs piezoélectriques, actionneurs piezo-composites,
- le comportement mécanique et l'endommagement,
- et les effets associés à la température : contraintes résiduelles, fluage.

SNECMA, EADS et Dassault Aviation ont chacun dressé un tableau complet de leur activité respective dans le domaine des matériaux composites pour l'aéronautique et le spatial, mettant clairement en évidence la part grandissante prise par ces matériaux que ce soit dans les structures et dans la propulsion.

Les communications portaient sur l'ensemble des matériaux composites : matrices céramique, carbone, métallique et polymère. Les composites thermostructuraux (à matrice céramique ou carbone) étaient préférentiellement traités dans les communications françaises, les communications coréennes portaient plutôt sur les composites C/C, Al/C et sur les composites à matrice polymère.

Jacques Lamon, LCTS
Président de l'AMAC

AGENDAMAC



28-30 Avril 2003, SALERNO (Italie)

ESAFORM 6

La 6^{ème} édition d'ESAFORM se tiendra à Salerno en Italie du 28 au 30 Avril 2003. Tous les procédés de mise en formes sont concernés : hydroformage, formage des métaux en feuilles, forgeage, usinage, etc. Tous les types de matériaux sont aussi concernés : métaux, verres, polymères, composites, ... Au sujet des matériaux composites, un mini-symposium leur est dédié : mini-symposium n°14 « Mise en forme des composites ».

Contact :

Secrétariat : G. Lamberti,
Tel. : (39) 08 99 64 026 - Fax : (39) 08 99 64 057
e-mail : esaform2003@dica.unisa.it,
site web : <http://www.dica.unisa.it/esaform2003>

1-3 décembre 2003, SAINT-ÉTIENNE

EUROMECH 453

'Internal Stresses in Polymer Composite Processing and Service Life'

Ce congrès international est organisé par l'École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne, en coopération avec l'Université Federico II de Naples, sous le co-patronage de l'AMAC et de l'AFM (Association Française de Mécanique). La thématique scientifique du colloque couvre tous les aspects expérimentaux et théoriques liés aux contraintes internes de mise en œuvre ou de service dans les composites à matrice polymère thermodurcissable ou thermoplastique. Le colloque vise à rassembler des scientifiques de la mécanique des matériaux et des structures et de la physico-chimie des polymères.

Les thèmes suivants seront privilégiés :

Stabilité dimensionnelle; influence de l'anisotropie et des procédés d'élaboration, couplages multiphysiques, analyses hybrides pour l'identification des états mécaniques sous environnements

variables, méthodes expérimentales à base de mesures de champs, méthodologies d'essais accélérés, effet des contraintes internes sur le comportement en fatigue et la durabilité des structures, validation des critères de résistances incorporant les contraintes internes, problèmes spécifiques de l'élaboration et de la mise en œuvre de pièces épaisses, effets de bords libres, essais pour mesurer les contraintes internes et normalisation.

Contact :

Bernadette Degache, EUROMECH 453
ENSM.SE, MEM/SMS, 158, cours Fauriel, F-42023 SAINT-ÉTIENNE CEDEX 2, France,
Tel. : 04 77 42 01 86, Fax : 04 77 42 02 49
e-mail : degache@emse.fr,
site web : www.emse.fr/euromech453/

L'ENSAM de Bordeaux organisera en mai 2003 (la date exacte reste à définir - les adhérents de l'AMAC en seront informés via la liste de diffusion Internet de l'AMAC) une journée scientifique et technique (JST AMAC) sur le thème de l'impact dont le titre est : « Chargement dynamique sur structures composites ».

Objectifs de la journée:

La vulnérabilité des structures composites soumises à un chargement dynamique oblige les concepteurs à réaliser des surdimensionnements souvent empiriques en raison à la fois de la complexité et de la nature aléatoire du problème. En effet, les caractéristiques qui permettent de définir ce type de chargement sont nombreuses : les conditions aux limites, la nature du matériau (composition, loi de comportement dynamique,...), la géométrie de la structure, la masse et la vitesse du projectile, ... Afin d'améliorer la compréhension des mécanismes engagés et de les intégrer dans une logique de dimensionnement des structures il convient conjointement de mettre au point des essais pertinents en laboratoire et des outils numériques adaptés. L'approche expérimentale demande des dispositifs et une métrologie

spécifiques dont la vocation est d'atteindre l'évolution des variables du problème en fonction du temps. Les bases physiques ainsi établies permettront d'orienter et d'alimenter des modélisations analytiques et/ou numériques. Cette journée devrait donc être l'occasion de faire le point sur l'avancé des techniques et des modélisations concernant le chargement dynamique des structures composites.

Détails du calendrier de cette JST (soumission de résumés, textes des communications, etc.) :

Contact :

Laurent GUILLAUMAT, LAMEFIP, ENSAM Bordeaux, Esplanade des Arts & Métiers, 33405 Talence
Tel : 05 56 84 53 63 ; Fax : 05 56 84 53 66

e-mail : l-guillaumat@lamef.bordeaux.ensam.fr

L'AMAC n'a plus de secrétariat à

~~— L'ENSAM - LM3 / AMAC —~~

~~151, boulevard de l'Hôpital, 75013 - Paris
Tel : 01 44 24 63 41 ; Fax : 01 44 24 62 90
e-mail : secretariat.amac@paris.ensam.fr~~

Veillez dorénavant vous adresser aux membres suivants du CA :

Président : Jacques LAMON
LCTS, 3 Allée La Boétie, Domaine Universitaire, 33600 Pessac
Tel : 05 56 84 47 03 - Fax : 05 56 84 12 25
mél : lamon@lcts.u-bordeaux.fr

Secrétaire : Marie-Christine LAFARIE-FRENOT
ENSMA - LMPM UMR CNRS 6617, 1, av. Clément Ader, B.P. 40109,
86961 Chasseneuil Futuroscope CEDEX
Tel : 05 49 49 82 29 - Fax : 05 49 49 82 38
mél : lafarie@lmpm.ensma.fr

Pour les adhésions :

(le formulaire d'adhésion peut être téléchargé depuis le site WEB de l'AMAC)

Trésorier : Yves REMOND
IMFS UMR CNRS 7507, 2, rue Boussingault, 67000 Strasbourg
Tel : 03 90 24 29 18 - Fax : 03 88 61 43 00
mél : remond@imfs.u-strasbg.fr

Liste de diffusion aux adhérents de l'AMAC

Pour les annonces de soutenance de thèse, proposition de sujets de thèse...
envoyez un courrier électronique (sans fichier attaché) à : amac@enpc.fr

SITE WEB - AMAC

<http://www.amac-composites.asso.fr>
(formulaire d'adhésion téléchargeable)

AMACINFOS
Rédaction - Information

Philippe OLIVIER
PRO²COM - Laboratoire de Génie Mécanique de Toulouse
Dépt. GMP, IUT Paul Sabatier, 133 avenue de Ranguel, 31077 Toulouse CEDEX 4
Tél : 05 62 25 88 36 ; Fax : 05 62 25 87 47 ; e-mail : Philippe.Olivier@gmp.iut-tlse3.fr

AMACINEO
AMACINEO
AMACINEO
AMACINEO
AMACINFOS