

Septembre 2018 - n°35

## ÉDITORIAL



Les années paires apparaissent parfois comme des années creuses pour l'AMAC car ce sont les années sans JNC. Pourtant, entre le renouvellement du conseil d'administration, la préparation de la prochaine édition des JNC et l'organisation très dynamique de JST et autres manifestations, c'est loin d'être le cas. Ce numéro 2018 d'AMAC Infos vous donnera l'occasion d'en juger, à commencer par le mot du président...

### Le mot du président

par Philippe BOISSE (LaMCoS), président de l'AMAC ([philippe.boisse@insa-lyon.fr](mailto:philippe.boisse@insa-lyon.fr))

Le conseil d'administration de l'AMAC vient d'être renouvelé comme c'est le cas tous les deux ans. Son rôle est large et dépasse sa dénomination. Pilotant une partie importante des actions de l'AMAC, il est au centre de la vie de l'association. Les Journées nationales sur les composites (JNC) constituent la principale manifestation de l'AMAC. Elles ont lieu tous les deux ans depuis 1978. Chaque JNC est présidée par un membre du CA de l'AMAC. Un grand nombre des thèmes concernant les matériaux composites sont abordés lors de ces JNC. Chacune de ces conférences regroupe 250 à 300 participants. Les 19<sup>e</sup> Journées nationales sur les Composites se sont déroulées à Lyon les 29, 30 juin et 1<sup>er</sup> juillet 2015. Les 20<sup>e</sup> JNC se sont déroulées à Champs-sur-Marne du 28 au 30 Juin 2017. Les JNC 21 auront lieu du 1<sup>er</sup> au 3 juillet 2019 à Bordeaux.

Les Journées scientifiques et techniques (JST) sont également des manifestations scientifiques organisées par l'AMAC au rythme moyen de deux par an. Il s'agit de colloques sur un thème précis concernant les matériaux composites et d'une durée d'un ou deux jours. Ces JST sont au cœur de l'activité scientifique et technique de l'AMAC. Certaines JST donnent lieu à la parution d'un numéro spécial de la Revue des

composites et matériaux avancés (RCMA), aux éditions Lavoisier. Des JST récentes ont concerné : la fatigue des matériaux et structures composites, les 14 et 15 décembre 2017 à Marseille ; la mise en œuvre des composites à matrice thermoplastique, les 26 et 27 Janvier 2017 à Toulouse ; ou encore la compression, les instabilités et ruine de matériaux et structures composites, le 28 Octobre 2016 à Safran Paris Saclay.

L'AMAC a initié en mars 2013 « Les entretiens de l'AMAC ». Pour cette première édition, des industriels ont présenté les applications des matériaux composites dans leur domaine respectif. Les seconds entretiens de l'AMAC auront comme thématique l'enseignement des composites. Elles auront lieu à l'ENS de Paris Saclay. Elles seront en particulier composées d'un bilan sur l'offre de formation et d'une analyse des besoins.

L'AMAC décerne chaque année le prix Daniel Valentin à un jeune chercheur dans le domaine des matériaux composites. Les travaux des chercheurs qui ont obtenu ce prix attestent de la qualité des recherches académiques et industrielles concernant les matériaux composites en France.

L'AMAC est aussi présente dans des manifestations organisées par des associations avec lesquelles elle entretient des collaborations.

Les membres du nouveau CA de l'AMAC m'ont renouvelé leur confiance pour assurer la fonction de président et je les en remercie. Michel Cataldi et Philippe Olivier sont vice-présidents et représentent respectivement les laboratoires industriels et académiques.

Fédérica Daghia est secrétaire de l'AMAC. En collaboration avec le président, elle convoque les membres aux réunions du conseil, définit les ordres du jour et en rédige les comptes rendus. Jérôme Bikard est secrétaire adjoint.

La fonction de trésorier de l'association est assurée par Christian Hochard. Si l'AMAC est une association à but non-lucratif dont les actions sont menées par des membres bénévoles, les colloques, journées scientifiques et les publications de documents ont un coût qu'il convient d'équilibrer strictement avec les recettes. Ces dernières sont constituées principalement par les adhésions des membres. Cédric Huchette est trésorier adjoint. En accord avec Christian Hochard, la gestion de l'association est assurée par Viviane Bernadac (société ProMoSciences). Elle réalise en particulier la collecte des adhésions.

Les fonctions ci-dessus constituent le bureau d'une association loi 1901. En plus, la plupart des membres du CA de l'AMAC sont responsables de certaines activités.

Nicolas Feld est devenu éditeur de la revue AMAC Infos dont le contenu est essentiel pour l'association. (Philippe Olivier a assuré cette fonction d'éditeur de 2001 à 2015). Laurent Guillaumat travaillera aussi à l'édition de cette revue.

Le site Internet de l'AMAC joue un rôle de plus en plus important. Il est développé par Nathalie Godin avec Vivianne Bernadac. En prévision d'une mise à jour prochaine, Nicolas Feld et Cedric Huchette contribueront à son amélioration. Ce site permet d'annoncer les manifestations propres l'association (JNC, JST, Entretiens de l'AMAC) et les manifestations externes soutenues par l'AMAC.

Frédéric Dau et Nicolas Boyard coordonnent les JST qui doivent être réparties le long de l'année.

Frédéric Thiébaud coordonne le prix scientifique Daniel Valentin. Les expertises sont réalisées par les membres du conseil de l'AMAC.

Jean-François Caron assure le fonctionnement et la modération de la liste de diffusion de l'AMAC. Elle permet à ses membres de diffuser par courriel des informations concernant les matériaux composites à l'ensemble de ses membres.

Enfin, Laurent Guillaumat et Caroline Petiot coordonnent les relations entre l'AMAC et les autres associations.



## Prix Daniel Valentin : le lauréat 2017

par Frédéric THIEBAUD (FEMTO-ST)

[frederic.thiebaud@univ-fcomte.fr](mailto:frederic.thiebaud@univ-fcomte.fr)

Monsieur Antoine Le Duigou, âgé de 32 ans au moment de sa déclaration de candidature, est le lauréat du Prix Daniel Valentin 2017. Monsieur Le Duigou est

titulaire d'une thèse de doctorat en Sciences pour l'Ingénieur de l'Université de Bretagne Sud, soutenue en septembre 2010. Ces travaux intitulés « Contribution à l'étude des biocomposites » ont été réalisés au LIMATB et au laboratoire Matériaux et Structures d'IFREMER, sous la direction de Christophe Baley et Peter Davies.

En 2011, Antoine Le Duigou est nommé en qualité de Maître de Conférences à l'Université de Bretagne Sud, rattaché au LIMATB (devenu iRDL après sa fusion avec le LBMS). Ses activités de recherche concernent l'étude des matériaux composites et biocomposites. Les deux thématiques principales abordées sont la compréhension des mécanismes d'adhérence fibre végétale/polymère et le vieillissement en condition aqueuse. Une démarche multi-disciplinaire est menée associant mécanique, physico-chimie, biochimie et environnement. Au départ, son activité est tournée sur la compréhension des phénomènes par l'expérimentation. Après cette première phase, ses activités veulent s'orienter vers la modélisation numérique de l'état de contrainte interne dans le matériau afin de proposer des solutions pour améliorer la durabilité et la tenue au vieillissement humide de ces composites.

Antoine Le Duigou démontre à l'aide de moyen expérimentaux spécifiques (déchaussement de microgoutte, nanoindentation) les mécanismes pilotant l'adhésion fibre/matrice et aborde aussi l'origine des contraintes internes du composite.

Sur la thématique prédiction de la durée de vie des composites, la démarche développée s'effectue à différentes échelles de la fibre végétale pour identifier les mécanismes mis en jeux, comme le lessivage de polysaccharides qui est la cause principale de perte de propriétés de la fibre et du composite.

Une dernière thématique de recherche est aussi abordée par Antoine Le Duigou sur la bioinspiration et les composites hygromorphes. Les travaux consistent à tirer parti du caractère hydrophile du matériau et de prévoir les évolutions de géométrie en fonction des cycles d'absorption-désorption des biocomposites.

L'ensemble de ces activités lui a permis d'obtenir une Habilitation à Diriger des Recherches en juin 2017.

Notons que Monsieur Le Duigou participe également à de nombreux projets académiques et industriels, encadrements d'étudiants pour des activités de recherche et a une production scientifique qui témoigne de la qualité de l'ensemble de ses travaux.

Monsieur Antoine Le Duigou présentera ses activités lors des 21<sup>e</sup> Journées nationales sur les composites, en juillet 2019 à Bordeaux.

## Journées Scientifiques et Techniques récentes et à venir

par Frédéric DAU (I2M)

[frederic.dau@u-bordeaux.fr](mailto:frederic.dau@u-bordeaux.fr)

et Nicolas FELD (Safran)

[nicolas.feld@safrangroup.com](mailto:nicolas.feld@safrangroup.com)

### Fatigue des matériaux et structures composites

**Organisateur** : C. Hochard

**Lieu** : Marseille

**Date** : Décembre 2017

**Thématiques traitées** :

- la caractérisation et l'analyse du comportement en fatigue cyclique et fatigue statique ;
- l'analyse de l'influence des chargements mécanique et thermique ainsi que de l'influence de la température sur l'évolution du comportement ;
- la simulation numérique de modèles macroscopiques intégrant la rupture ;

• l'influence du procédé et des paramètres de fabrication ainsi que de l'environnement ;

• la tenue mécanique en usage à très hautes températures et sous conditions extrêmes.

<http://www.amac-composites.org/manifestations/journees-scientifiques-et-techniques/fatigue-des-mat%C3%A9riaux-et-structures-composites>

Les communications de cette JST donneront lieu à un numéro spécial de la Revue des Composites et Matériaux Avancés (Lavoisier). Une nouvelle réunion visant à structurer davantage la communauté sera organisée fin 2018.

## END et CND des composites et END-CND des joints collés

Organisateurs : M. Castaings, F. Dau

Lieu : Bordeaux

Date : Mars 2018

Thématiques traitées :

Ces deux journées visaient principalement à faire l'état de l'art en matière de techniques de contrôle ou d'évaluation non destructives (CND-END) et challenges pour ausculter les matériaux. La 1<sup>ère</sup> jour-

née était consacrée aux applications composites et la 2<sup>nd</sup>e journée portait sur les assemblages collés. Ces JST furent l'occasion privilégiée d'échanger autour des enjeux et verrous scientifiques qui subsistent dans le domaine de l'END et CND pour les années à venir. Les contributions ont balayé l'ensemble des techniques : thermographie IR, US, émission acoustique...

<http://www.amac-composites.org/manifestations/dates/jst-end-cnd-des-composites-et-end-cnd-des-joints-coll%C3%A9s>

Les communications de cette JST donneront lieu à un numéro spécial de la Revue des Composites et Matériaux Avancés (Lavoisier). ■

## Compte-rendu des JNC 20

par Jean-François CARON (Navier), président des JNC 20

[jean-francois.caron@enpc.fr](mailto:jean-francois.caron@enpc.fr)

Les Journées nationales sur les composites (JNC) sont un congrès scientifique bisannuel organisé depuis 1978 par l'Association pour les matériaux composites. Ouvertes à tous les types de matériaux composites incluant les composites structuraux, les composites fonctionnels, les bio-composites, les composites intelligents, les nano-composites et les structures hybrides, de nombreuses thématiques transversales aux matériaux composites y sont abordées, depuis la mise en œuvre et les relations élaboration-microstructures-propriétés, jusqu'aux propriétés mécaniques des structures voire des assemblages. Elles constituent un lieu de rencontre et d'échanges périodique et privilégié pour les chercheurs et industriels dans ce domaine des matériaux composites. Les 20<sup>e</sup> Journées nationales sur les composites (JNC 20 ou JNC 2017) se sont déroulées pour la première fois sur le campus de Paris-Est à Champs sur Marne, et ont été organisées par le laboratoire Navier dans les locaux de l'Ecole des Ponts ParisTech et de l'IFSTTAR (Institut Français des Sciences et Technologies des Transports de l'Aménagement de des Réseaux). Un éclairage particulier a été donné aux applications liées au génie civil et la construction. Le congrès a regroupé 244 participants, autour de plénières et de 3 sessions en parallèle. Le Château de Ferrières, situé en Seine-et-Marne (1829), a accueilli un dîner de gala très réussi.

Le travail d'expertise des soumissions, réalisé par les membres du comité scientifique, a permis de sélectionner 178 résumés pour des présentations orales ou par affiches. Nous tenons à remercier les membres du comité scientifique pour leur travail.

Les communications sont disponibles en ligne sur la plate-forme d'archives ouvertes à l'adresse suivante : <https://hal.archives-ouvertes.fr/JNC20/browse/last>

Ces communications s'avèrent pouvoir être réparties de la façon suivante (il existe quelques recoupements) :

- Applications industrielles (14 papiers)
- Matrices thermoplastiques, matrices thermodurcissables (16 papiers)
- Assemblages et collage (10 papiers)
- Méthodes numériques, simulation et optimisation (24 papiers)
- Contrôle et caractérisation non destructive (12 papiers)
- Mise en œuvre (6 papiers)

- Dynamique, impact, crash (14 papiers)
- Méthodes et approches expérimentales (23 papiers)
- Eco et biocomposites (23 papiers)
- Modélisation multi-échelles (8 papiers)
- Endommagement, rupture (33 papiers)
- Modélisation des procédés (7 papiers)
- Fibres et renforts textiles (6 papiers)
- Vieillesse, durabilité (12 papiers)
- Interface, mouillage, adhésion (4 papiers)

Les conférences plénières suivantes ont été données :

- « Matériaux composites dans la construction de ponts et bâtiments en Suisse », Thomas Keller, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
- « Le concept de *Finite Fracture Mechanics* appliqué à l'initiation de l'endommagement et la rupture dans les composites », Dominique Leguillon, Institut Jean Le Rond D'Alembert, Paris VI
- « Startups et composites », Benjamin Saeeda, Expliseat, et Frederic Thiebaud, Mahytec
- Prix AMAC Daniel Valentin 2015, « Dégradation des structures composites sous chargements mécaniques et environnementaux : modélisation et identification des mécanismes », Federica Daghia, LMT
- Prix AMAC Daniel Valentin 2015, « Composites biosourcés hautes-performances et fonctionnels », Vincent Placet, FEMTO-ST
- Prix AMAC Daniel Valentin 2016, « Modèles multiphysiques pour la mise en forme de composites... Et après ? », Arthur Levy, LTEN

Nous tenons à souligner l'investissement de l'ensemble des membres du comité d'organisation pour la mise en place de ces journées et à leur exprimer nos plus vifs remerciements.

De plus, au nom de tout le comité d'organisation, nous remercions vivement l'ensemble des organismes, institutions et sociétés qui ont soutenu cette manifestation : l'Ecole des ponts, l'IFSTTAR, le CNRS, Paris-Est, l'AMAC et l'association Orgagec.



## Institut de Mécanique et d'Ingénierie de Bordeaux (I2M, UMR CNRS 5295)

par Frédéric DAU

frederic.dau@u-bordeaux.fr

Les activités scientifiques sur les composites au sein de l'Institut de Mécanique et d'Ingénierie de Bordeaux (I2M) sont nombreuses et variées. Elles se retrouvent dans l'ensemble des 6 départements scientifiques du laboratoire :

- Acoustique physique (APy) pour l'évaluation et le contrôle non destructifs ;
- Matériaux, procédés, interactions (MPI) pour la mise en œuvre et le lien procédés-microstructures ;
- Transfert, fluide, énergétique (TREFLE) pour l'imprégnation de préformes sèches et le contrôle non-destructif par techniques thermographiques ;
- Ingénierie mécanique et conception (IMC) pour la conception des matériaux, assemblages et structures composites ;
- Durabilité des matériaux, assemblages et structures (DuMAS) pour le lien procédés-

performances et endommagement-performances ; et

- Génie civil et environnement (GCE) pour la rupture dynamique des matériaux fragiles (béton mais aussi CMC, en collaboration avec le LCTS).

Quelques-unes de ces activités sont mises en lumière au travers de cet article.

### Le recyclage des fibres de carbone (MPI)

Le développement des technologies de recyclage suscite de plus en plus d'intérêt pour répondre à des besoins industriels et réglementaires. Le département MPI a développé un moyen (voir Figure 1) permettant la valorisation de découpes de tissus secs (chutes de découpe ou issues du recyclage) faisant l'objet de deux brevets. Cette technologie permet de déteisser des morceaux de tissus de fibres semi-longues (50 à 300 mm) et

ensuite de les réaligner avec un taux d'alignement élevé (dispersion d'alignement < 10°).

Grâce à leurs caractéristiques techniques, les semi-produits obtenus ont l'avantage de pouvoir être utilisés comme renfort dans de nouveaux matériaux composites. Les bandes de fibres ainsi alignées constituent de nouveaux renforts « unidirectionnels » pour l'industrie du composite (voir Figure 2).



Figure 2 : bande de fibres alignées

Les recherches menées au département MPI sur ces nouveaux semi-produits impliquent la réalisation de préformes et de pièces composites de seconde génération ainsi que leur caractérisation. Ces activités permettent :

- d'une part, l'étude de l'influence des conditions de déteissage/alignement sur la morphologie de l'architecture fibreuse du semi produit. Ces paramètres sont par exemple la nature des fibres, leur longueur, la présence de résidus, d'ensilage, etc.
- d'autre part, la relation entre les paramètres caractérisant l'architecture fibreuse (dispersion d'orientation, de longueur des fibres, imbrication des fibres) et les propriétés mécaniques du composite à base de fibres recyclées.

Afin de passer à l'échelle industrielle, l'I2M souhaite rencontrer des partenaires du domaine des composites pour éco-concevoir et fabriquer de nouvelles pièces innovantes en composite à fibres recyclées.

### Contacts

olivier.mantoux@u-bordeaux.fr  
arnaud.gillet@u-bordeaux.fr

### Les composites à rigidité variable (IMC, DuMAS)

Cette nouvelle thématique de recherche est en plein développement depuis 2015. Elle vise à l'analyse, la modélisation et la conception

des structures composites à rigidité variable (CRV) obtenues à travers le procédé d'Automated Fibre Placement (AFP). Les activités de recherche concernant les CRV au sein de l'I2M sont actuellement en cours de développement et se sont concrétisées en trois projets :

- SMARTCOMPOSITE, un projet régional financé par la région Nouvelle-Aquitaine ;
- ADAMUS, un projet régional financé par la région du Piémont (Italie) ; et
- PARSIFAL (Prandtlplane ARchitecture for the Sustainable Improvement of Future AirLanes), un projet européen financé dans le cadre des appels à projet H2020 (Research Innovation Action).

### SMARTCOMPOSITE

Le projet SMARTCOMPOSITE est centré sur les deux axes de recherche suivants :

1. le développement d'une stratégie de conception-optimisation multi-échelles pour

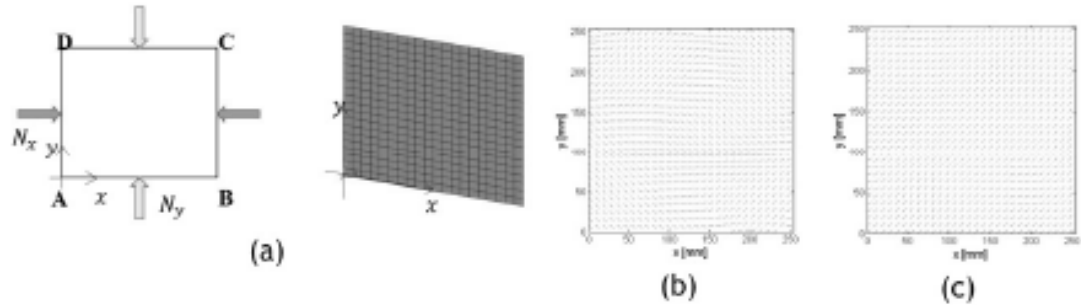


Figure 1 : moyen de déteissage/alignement

les CRV capable d'intégrer les contraintes technologiques et les singularités (i.e. les défauts) du procédé AFP (voir Figure 3 et Figure 4) ;

2. l'étude des phénomènes d'endommagement des CRV, compte tenu des singularités générées par le procédé AFP, et le développement de critères de résistance adaptés.

Ces deux volets de recherche correspondent à autant d'enjeux scientifiques et technologiques auxquels les acteurs industriels du domaine aéronautique (Dassault Aviation, Airbus, Stelia Aerospace) sont actuellement confrontés.



**Figure 3 : (a) le problème ; (b) trajectoire optimale pour la direction principale d'orthotropie ; (c) trajectoire optimale pour la direction principale d'orthotropie en intégrant la contrainte sur le rayon de courbure locale des fibres**

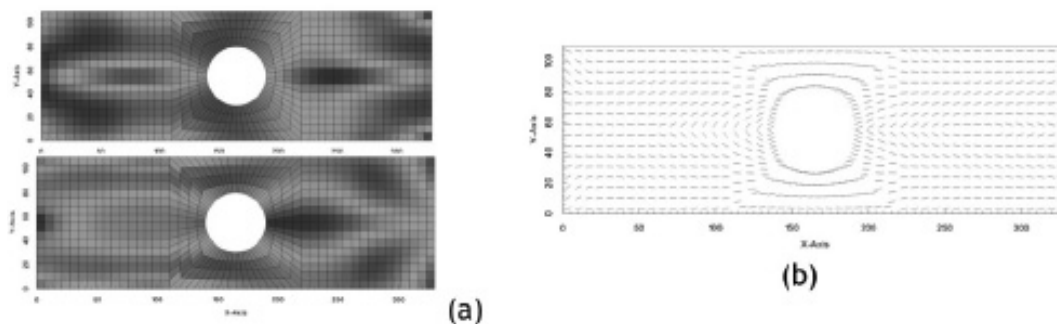
bases pour la mise sur le marché d'un modèle d'avion innovant, le PrandtlPlane (PrP), basé sur la configuration de l'aile de Ludwig Prandtl ("Box Wing"). En raison de ses performances aérodynamiques accrues et de

**Contacts**

marco.montemurro@u-bordeaux.fr  
anita.catapano-montemurro@u-bordeaux.fr

instrumentés sont associées à des modèles éléments finis raffinés incluant l'ensemble des phénomènes non-linéaires (endommagement, plasticité, contact frottant) pour analyser les transferts de charge dans différentes technologies d'assemblages, qu'elles soient basées sur de l'adhésion, de l'ancrage mécanique ou hybrides (C. Bois et al. 2013 ; Van Der Sypt, Chérif, and Bois 2017 ; Léard et al. 2017). Un apport significatif a notamment été produit sur la modélisation des mécanismes de dégradation en compression et en matage. Différentes stratégies numériques ont été proposées pour pallier les difficultés inhérentes à l'utilisation de lois de comportement fortement adoucissantes nécessaires à la modélisation des matériaux quasi-fragiles (Le Goff, Bois, and Wagnier 2017) (cf. Figure 1).

En parallèle, des modèles simplifiés sont développés sur la base d'analyses physiques afin de réduire les temps de calcul (Askri et al. 2016 ; Lecomte et al. 2014). Ces modèles permettent de réaliser des propagations d'incertitude sur des structures réelles comportant un grand nombre de fixations et ainsi de mettre en place des démarches



**Figure 4 : (a) distribution optimale des modules d'anisotropie sur la structure CRV ; (b) trajectoire optimale pour la direction principale d'orthotropie**

**ADAMUS**

Le projet ADAMUS vise à intégrer dans la stratégie d'optimisation les théories cinématiques d'ordre supérieur pour structures minces (aussi bien les modèles équivalent single layer que les modèles de type zig-zag). Plus précisément, l'objectif principal de ce projet est de coupler le potentiel d'une formulation unifiée, nommée Carrera's Unified Formulation (CUF), pour les modèles éléments finis de plaque/coque avec la méthodologie d'optimisation développée à l'I2M dans le cadre du projet SMARTCOMPOSITE.

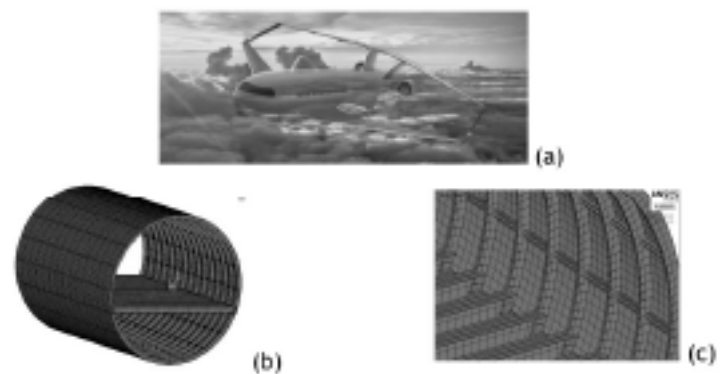
la géométrie révolutionnaire de ses ailes, ce nouvel avion permettra d'augmenter de manière significative le nombre de passagers tout en conservant une envergure d'aéronef compatible avec les dimensions des aéroports existants. Il se positionne comme la solution la plus prometteuse et novatrice pour résoudre le problème des aéroports congestionnés et représente de ce fait une avancée majeure pour le secteur. Les activités du projet sont organisées autour de 8 thématiques. Au sein du projet, l'I2M est en charge de la conception et de l'optimisation des pièces composant la structure de l'avion et s'appuie pour cela sur son haut niveau d'expertise en conception et optimisation multi-échelles des matériaux et structures composites (voir Figure 5). Les équipes de recherche mèneront des études sur le comportement des structures des ailes et du fuselage qui seront réalisées en utilisant les composites classiques et les CRV.

**Les assemblages composites et composite-métal (IMC)**

L'objectif de ces travaux, menés au sein du département IMC, est de développer des outils et des méthodes pour dimensionner les assemblages de structures composites en intégrant l'effet des variabilités géométriques et matériau et ainsi optimiser industriellement les structures. Des études expérimentales basées sur une large gamme d'essais multi-

**PARSIFAL**

Enfin, le projet PARSIFAL porte sur la conception d'une nouvelle architecture d'avion pour embarquer un nombre de passagers jusqu'alors inenvisageable (jusqu'à 1 500, contre 800 aujourd'hui) avec une consommation minimale. Plus précisément, le projet PARSIFAL vise à établir les



**Figure 5 : (a) configuration d'aéronef «Prandtl-Plane» ; (b) modèle EF d'un tronçon de fuselage ; (c) détails des raidisseurs longitudinaux et transversaux**

de tolérancement des défauts et des variabilités (Askri et al. 2018).

**Contacts**

christophe.bois@u-bordeaux.fr,  
jean-christophe.wahl@u-bordeaux.fr

**La rupture dynamique des matériaux polymères et composites (DuMAS, GCE)**

Le mécanisme de fissuration rapide est très largement connu pour générer la ruine d'une structure. Il reste néanmoins complexe à étudier pour des matériaux anisotropes (comme les composites) et au comportement fortement dépendant du temps (viscoélastiques, viscoplastiques...) et de la température.

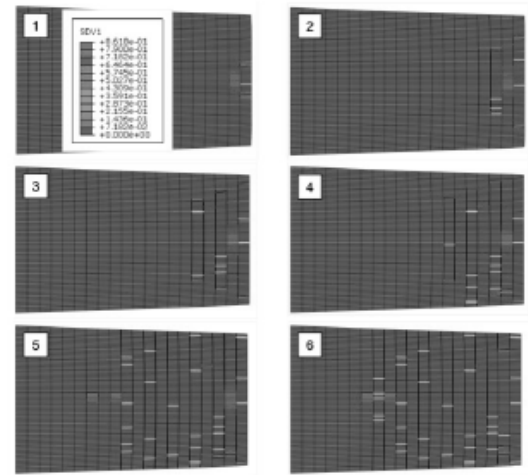
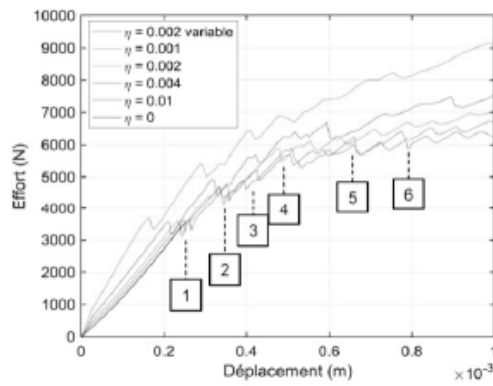


Figure 6 : réponse mécanique d'une éprouvette trapézoïdale [90/0/90] sollicitée en matage plan et champ d'endommagement sens fibre dans le pli à 0° à différents niveaux de chargement (η = 0.002 variable)

ainsi que le comportement du matériau sont pris en compte dans cette estimation.

**Contacts**

jean-benoit.kopp@u-bordeaux.fr  
stephane.morel@u-bordeaux.fr

le couplage de ces différentes sollicitations sur la réponse macroscopique du matériau et/ou de la structure reste une vraie question d'intérêt, aujourd'hui limitée notamment à cause du manque

l'influence du trajet de chargement sur la réponse macroscopique du matériau et/ou de la structure. L'identification de lois phénoménologiques pour des matériaux cellulaires par exemple (au comportement hyper-visco-élastique et hystérique) est faite pour ensuite être utilisée dans la modélisation par éléments finis de structures destinées à la protection des biens et des personnes.

**Contact**

sandra.guerard@u-bordeaux.fr

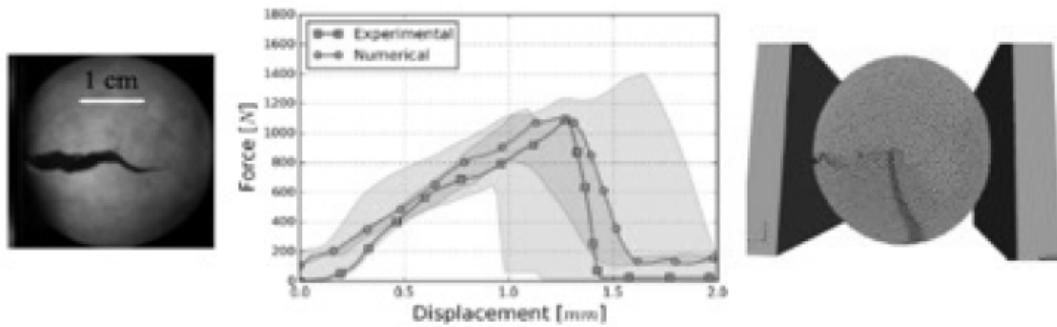


Figure 7 : évolution de la force en fonction du déplacement F(d) lors d'un essai de compression uni-axial sur sphère creuse (au centre) ; enregistrement par caméra rapide (à gauche) et modélisation par la méthode des éléments discrets de l'essai (à droite)

L'objectif de ces travaux consiste à mettre au point des montages expérimentaux et des modèles numériques pour accéder au taux de restitution d'énergie critique permettant d'entretenir la propagation d'une fissure en régime dynamique. Les effets inertiels qui dépendent de la structure et de la vitesse de propagation de la fissure

**Le comportement de matériaux et structures sous chargements complexes 3D**

Si le comportement mécanique des matériaux et structures est largement étudié pour des sollicitations mécaniques élémentaires (traction/compression, torsion,

de moyens expérimentaux permettant la génération de trajets de chargements fortement non proportionnels.

L'adaptation d'un septième vérin sur un hexapode de mouvement permet de générer des trajectoires complexes totalement maîtrisées. Il est alors possible d'étudier

**Des stratégies de modélisation originales (DuMAS, GCE)**

**Méthodes numériques de réduction de modèles pour les matériaux composites**

D'un point de vue numérique, le développement de nouveaux modèles prenant en compte la complexité des composites (caractère multi-échelles, modes d'endommagement variés et couplés, microstructure à forte variabilité) est limité par

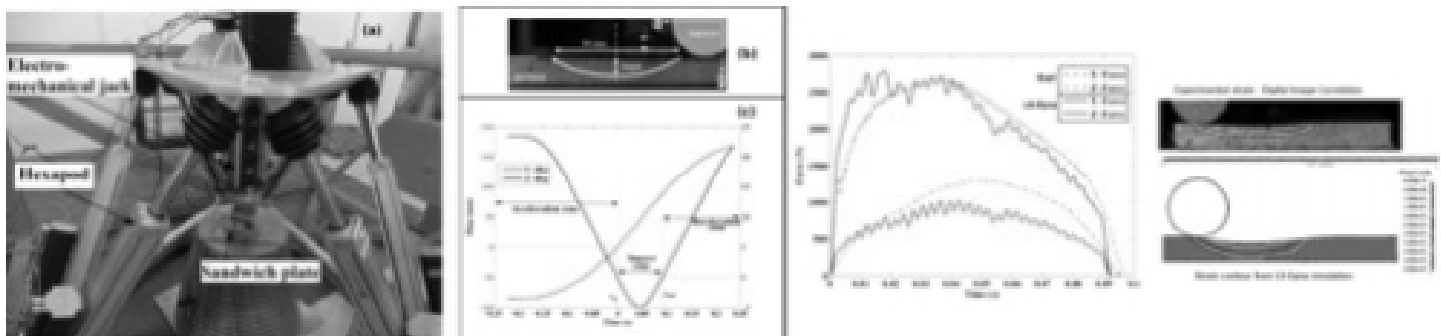
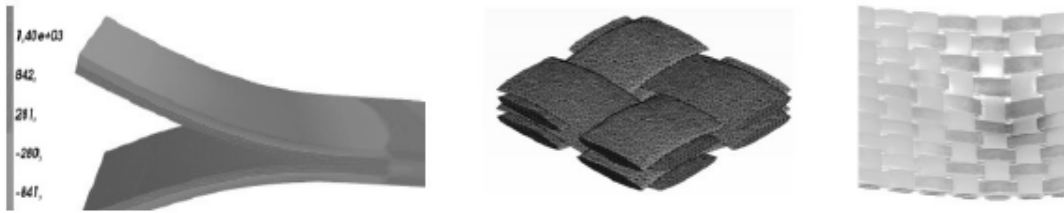


Figure 8 : exemple de réponses obtenues lors d'un essai d'impact frottant réalisé à l'aide d'un hexapode ; exploitation par corrélation d'images





**Figure 9 : simulation d'un essai DCB (gauche) ; cellule élémentaire de tissu (centre) ; déformée d'un tissu taffetas impacté (droite)**

la puissance de calcul des ordinateurs, particulièrement lorsqu'il s'agit de traiter des problèmes dynamiques. Cet axe de recherche consiste à développer des stratégies numériques originales basées sur des techniques de réductions de modèles pour diminuer des coûts de calcul bien souvent prohibitifs. Une attention particulière est donnée aux modèles multi-échelles prenant en compte l'endommagement.

**Modélisation discrète de matériaux composites et de tissus secs / approche multi-échelles / couplage**

Cette activité consiste à mettre à profit la Méthode des Éléments Discrets (DEM) comme une variante appréciable aux approches de la mécanique de l'endommagement et de la rupture pour décrire localement les mécanismes d'endommagement et leur couplage. C'est une méthode précieuse permettant

d'introduire facilement la variabilité. Les applications visées sont majoritairement en dynamique rapide et concernent l'impact sur structures composites, le confinement de débris, le blindage.

**Contacts**

frederic.dau@u-bordeaux.fr  
 etienne.pruliere@u-bordeaux.fr  
 jeremie.girardot@u-bordeaux.fr

**Contacts**

**Directeur du laboratoire**  
 jean-christophe.batsale@u-bordeaux.fr

Points de contact sur les composites...

... pour le laboratoire  
 christophe.bois@u-bordeaux.fr et  
 frederic.dau@u-bordeaux.fr

... par département :

**APy**  
 michel.castaigns@u-bordeaux.fr

**GCE**  
 stephane.morel@u-bordeaux.fr

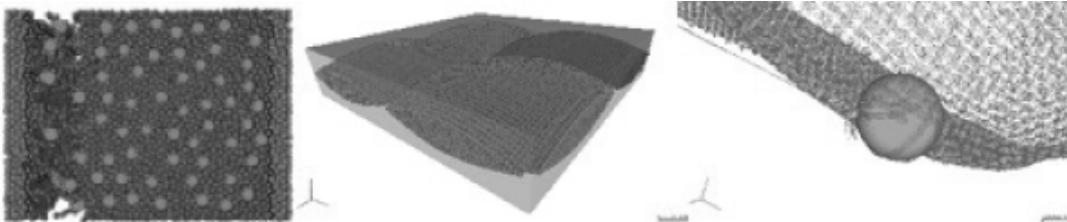
**DuMAS**  
 frederic.dau@u-bordeaux.fr

**IMC**  
 christophe.bois@u-bordeaux.fr  
 marco.montemurro@u-bordeaux.fr

**MPI**  
 eric.lacoste@u-bordeaux.fr

**TREFLE**  
 jean-christophe.mindeguia@u-bordeaux.fr

**Site Internet**  
<https://i2m.u-bordeaux.fr>



**Figure 10 : modélisation d'un composite UD (gauche) ; modèle discret d'un tissu taffetas (centre) ; simulation d'un impact sur tissu sec (droite)**

## Conférences organisées ou parrainées par l'AMAC

- **ECOMAT 2018** Saint-Nazaire, France, 10-12 octobre 2018  
Dégradation des éco-matériaux au cours de leur cycle de vie  
Contact : <https://ecomat2018.sciencesconf.org>
- **JNC 21** Bordeaux, France, 1-3 juillet 2019  
21<sup>e</sup> Journées Nationales sur les Composites  
Contact : <http://www.amac-composites.org>

## Autres conférences

- **JLO du projet FLOWER** Lorient, France, 20 septembre 2018  
Journée de lancement officielle du projet FLOWER (Flax composites, low weight, end of life and recycling)  
Contact : <https://docs.google.com/forms/d/1ekxtRZxEPqvFhxzqUpMbf4dXBmtB-4Tofx9Uv-TZPQo>
- **GdR MiC Week 2018** Orléans, France, 5-9 novembre 2018  
GdR CNRS 3671 – Mise en œuvre des composites et propriétés induites  
Contact : <http://www.amac-composites.org/manifestations/groupes-de-reflexion>
- **EUROMECH Colloquium 602** Lyon, France, 13-15 mars 2019  
Composite manufacturing processes. Analyses, modelling and simulations  
Contact : <http://602.euromech.org>
- **ESAFORM 2019** Vitoria-Gasteiz, Espagne, 8-10 mai 2019  
Composite manufacturing processes. Analyses, modelling and simulations  
Contact : <https://esaform2019.mondragon.edu>
- **ICCM22** Melbourne, Australie, 11-16 août 2019  
22<sup>nd</sup> International Conference on Composite Materials 2019  
Contact : <https://iccm22.com>
- **ICCS 20** Paris, France, 4-7 septembre 2017  
20<sup>th</sup> International Conference on Composite Structures  
Contact : <https://events.unibo.it/iccs20>
- **Composites 2019** Girone, Espagne, 18-20 septembre 2019  
7<sup>th</sup> ECCOMAS Thematic Conference on the Mechanical Response of Composites  
Contact : <http://composites2019.udg.edu>
- **HT-CMC/10th** Bordeaux, France, 22-26 septembre 2019  
10<sup>th</sup> International Conference on High Temperature Ceramic-Matrix Composites  
Contact : <https://htcmc10.sciencesconf.org>
- **Form and Force** Barcelone, Espagne, 7-10 octobre 2019  
Join 60<sup>th</sup> Anniversary Symposium of the International Association for Shell and Spatial Structures and 8<sup>th</sup> International Conference on Textile Composites and Inflatable Structures  
Contact : <http://congress.cimne.com/Formandforce2019>

## CONTACTS

### Adhésions

- Formulaire téléchargeable sur le site de l'AMAC : [www.amac-composites.org](http://www.amac-composites.org)
- Président de l'AMAC : Philippe BOISSE – [philippe.boisse@insa-lyon.fr](mailto:philippe.boisse@insa-lyon.fr)
- Secrétaire de l'AMAC : Federica DAGHIA – [federica.daghia@ens-paris-saclay.fr](mailto:federica.daghia@ens-paris-saclay.fr)
- Trésorier de l'AMAC : Christian HOCHARD – [hochard@lma.cnrs-mrs.fr](mailto: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](mailto:amac@enpc.fr)

### Rédaction AMAC Infos

Envoyez vos annonces à publier dans AMAC Infos à l'éditeur :

Nicolas FELD, Safran – [nicolas.feld@safrangroup.com](mailto:nicolas.feld@safrangroup.com)  
Etablissement Paris Saclay, rue des Jeunes Bois - Châteaufort, 78114 Magny-les-Hameaux