

## « Matériaux Polymères & Industrie Automobile: Les solutions composites pour alléger les véhicules de demain »

11 et 12 juin 2014

Ecole Centrale de Nantes

Organisé conjointement par la **SFIP**, la **SIA**, l'**IRT Jules Verne** et l'**Ecole Centrale de Nantes**, ce congrès a rassemblé 185 personnes représentant plus de 90 sociétés, associations et écoles (centres techniques, laboratoires universitaires, écoles d'ingénieurs, pôles de compétitivité, etc).

*Il a permis de mettre en évidence l'apport des matériaux composites pour répondre aux évolutions futures imposées à l'industrie automobile de grande série. Celles-ci, au travers de cahiers des charges de plus en plus sévères, vont se traduire par des ruptures technologiques dans le domaine des matériaux et des procédés, et tout particulièrement dans le domaine des matériaux polymères et composites afin d'alléger les véhicules de demain. Pour répondre à ces exigences, de véritables challenges seront à relever moyennant des solutions matériaux robustes (durabilité, qualité, maîtrise économique, ...), tout en continuant de proposer des produits fiables, durables, économiques tant à l'achat qu'à l'utilisation, respectueux de l'environnement et attrayants.*

*Ces deux journées étaient articulées autour de 16 conférences, réparties en 3 sessions, 3 « ateliers-tables rondes », une visite des laboratoires de l'Ecole Centrale de Nantes (ECN) et une exposition rassemblant 12 stands où étaient représentées les sociétés suivantes : Altair, Borealis, Clariant, Dow, Exotest, IFTH, LyondellBasell, Milliken, Momentive, SABIC, SGS et Siemens.*

Le congrès a été ouvert par une présentation de ECN – **Christophe BINETRUY** (représentant Arnaud POITOU, Directeur de ECN), de l'IRT Jules Verne – **Stéphane CASSEREAU**, de la SIA – **Daniel PFRIMMER** et de la SFIP – **Gérard LIRAUT**.

**Deux conférences d'introduction** ont suivi :

**Christophe AUFRERE – Faurecia : « Roadmap matériaux et technologies de la filière automobile.**

La stratégie de la Plateforme de la Filière Automobile (PFA) pour l'allègement par les matériaux est décrite : les données de base (- 10 kg = -1g CO<sub>2</sub>/km, nécessité de diminuer la masse de 200 à 300 kg/véhicule pour satisfaire les exigences de diminution de CO<sub>2</sub> à moyen terme), l'organisation mise en place, les bases de données élaborées (caractéristiques matériaux, familles d'applications, technologies). Une synthèse des perspectives et orientations à court et moyen termes est explicitée. Enfin, la mise en place d'une filière « fibres de carbone bas coût » est présentée. En conclusion, l'obligation de construire une filière globale (matériaux, procédés, conception, simulation et assemblage) est mentionnée.

**Yannick AMOSSE – Faurecia et Christophe BINETRUY – ECN : L'allègement de l'automobile par l'application des composites structuraux.**

Lors de cette conférence, il est montré que les propriétés et les qualités des matériaux composites leur confèrent un potentiel important pour réduire la masse des véhicules et donc leur émission de CO<sub>2</sub>. L'accent est mis sur l'importance de collaborer étroitement avec les architectes véhicules et de travailler la conception avant d'adapter les matériaux. Les challenges technico-économiques auxquels les composites doivent répondre sont passés en revue. Des exemples de conceptions de pièces de structure et d'intégrations de fonctions sont décrits. Enfin, la nécessité de développer des outils de couplage conception mécanique / conception procédés est explicitée.

### **Session 1 : simulation / modélisation**

**Christophe WOJCIECHOWSKI – Plastic Omnium : Vers une simulation numérique adaptée aux matériaux composites thermodurcissables réalisés par thermocompression (SMC haute performance).**

Pour satisfaire les exigences d'allègement, la substitution de l'acier par des matériaux composites hautes performances est une solution pour la réalisation de pièces structurelles. Toutefois, leur dimensionnement sans réalisation de pièces prototypes nécessite le développement de nouvelles méthodologies de simulation principalement dues à l'anisotropie de ces matériaux et à l'influence des procédés de transformation sur leurs caractéristiques finales. Des exemples de corrélations simulation / comportement au choc et de réalisations de pièces développées chez Plastic Omnium illustrent l'apport de l'utilisation de ces nouvelles méthodologies.

**Michael BRUYNEEL – LMS : Outils numériques de conception de structures composites de haute performance : transfert de technologie de l'aérospatial vers l'automobile.**

Les matériaux utilisés dans l'aéronautique sont des stratifiés constitués de plis de fibres de carbone continues, soit unidirectionnels, soit tissés. La méthodologie de conception des structures, pratiquée dans l'aviation depuis plus de 30 ans, est décrite et nécessite l'utilisation d'outils numériques avancés. Ils sont de plus en plus complexes et permettent de modéliser de manière très précise les endommagements tels que rupture de fibres, fissuration de la matrice et délaminage. Le logiciel SAMCEF permet de modéliser ces endommagements ; des cas d'applications sont présentés. Cette méthodologie et cette modélisation ont été validées pour des applications automobiles qui seront publiées prochainement.

**Simon PAROISSIEN – IRT Jules Verne : Méthode de modélisation d'une liaison métal / composite thermoplastique pour siège.**

Le projet LIMECO (Faurecia, ECN, CETIM, Compose et IRT Jules Verne) concerne deux cas d'études (siège automobile et hayon) d'assemblages multi-matériaux (acier/thermoplastique). Les techniques d'assemblage retenues sont le collage et le surmoulage. La simulation numérique de ces assemblages utilise des codes commerciaux : ANSYS en statique et LS-DYNA en dynamique. Un exemple basé sur une configuration réelle de liaison de siège illustre la pertinence des approches proposées et montre la corrélation des résultats expérimentaux et numériques.

## **Session 2 : matériaux / renforts / procédés**

**Vincent DESCOMBES – Dupont : Vizilon, développement de thermoplastiques composites au service de l'allègement automobile.**

Après une présentation de la gamme des produits Vizilon® (plaques PA66-6 renforcées par des fibres de verre tissées, unidirectionnelles et non tissées pour thermocompression et des grades injectables pour surmoulage), sont montrés les bénéfices techniques que ces matériaux peuvent apporter au niveau de la conception, de la transformation et de l'assemblage pour la réalisation de pièces de structure et de sous-ensembles soumis à des contraintes de chocs et produits en grandes cadences. Les supports techniques mis en place par Dupont pour accompagner les constructeurs et équipementiers sont exposés.

**Francisco DE OLIVEIRA – Chomarar : Contribution de la gamme C-PLY pour des pièces composites renforcées de carbone faciles à peindre.**

C-PLY SP est une gamme de matériaux multiaxiaux utilisant le procédé d'étalement des fibres de carbone pour obtenir des plis parfaitement fins, réguliers et homogènes. Une collaboration impliquant Roding, Henkel, Krauss Maffei, Zoltek, Rülh et Chomarar a permis d'atteindre, sur une base d'injection PU haute pression combinée à une injection d'un apprêt (In Mold Coating RTM), des pièces d'un niveau de finition sortie outillage prêtes à peindre, sans reprise. Les avantages revendiqués sont : grande déformabilité, perméabilité compatible avec le procédé RTM, réduction des coûts et de la masse, et optimisation des performances.

**Guillaume CLEDAT – CCP Composites : Résines polyester sans styrène et époxy méthacrylates pour applications automobiles.**

Au cours de cette conférence, les matériaux proposés par CCP ont été présentés ainsi que leurs applications :

- Gamme Eprovia Optimum – époxy vinylester pour injection RTM,

- Gamme Encore Prime : époxy méthacrylate pour injection RTM et polyester insaturé sans styrène et à faible émission d'odeurs pour SMC.

Le projet ACOSITE est décrit : résine polyester insaturée bio-sourcée pour SMC-BMC.

### **Alexandre HAMLIN – Coriolis : L'automatisation du drapage de composites structurels pour l'automobile.**

Coriolis développe et commercialise des robots de drapage automatique de fibres ainsi que des logiciels adaptés pour la conception, la simulation et la programmation. Cette société est engagée dans plusieurs projets concernant l'automobile : DEMOS, TPRC, FIABILIN, 3DMAT. Les exigences de l'aéronautique et de l'automobile sont comparées. Les futurs défis concernent la productivité, le choix des matériaux et l'optimisation des préformes à réaliser.

### **Hervé FARGE – Mäder Research : Nouveau procédé de fabrication rapide de composites par photopolymérisation robotisée : QCM (Quick Composites Manufacturing).**

Mäder a développé, en partenariat avec le LIPM de l'université de Haute Alsace, un procédé de durcissement sous UV de produits épais et opaques désigné PhotoBcure, actuellement utilisé dans le domaine des peintures et vernis. Une application aux composites est en cours en s'appuyant sur le procédé d'infusion de résine sur renforts (utilisation de lampes à LED en UVA, collaboration avec le LPMT et le LPIM) : le procédé QCM permet de fabriquer des pièces automobiles par dépose robotisée de rubans préimprégnés de résine polymérisant instantanément sur la forme. Après durcissement, le polymère reste thermoplastique. Ce procédé est intégré à COMPOFAST.

### **Marie-Laure GUEGAN – IDI Composites: Thermoset composites solutions to lightweight tomorrow's vehicle.**

Les matériaux SMC et BMC développés par IDI Composites sont présentés. Ils sont destinés à trois grandes familles d'applications : pièces de carrosserie (IDILIGHT et IDIPAINTE : faible densité, classe A et compatibles cataphorèse), pièces intérieures (IDIPURE : faible émissions odeurs et COV, sans styrène) et pièces de structure (IDISTRONG : renforcés fibres de verre et de carbone). Pour chacune de ces familles, les formulations sont explicitées et des exemples d'applications sont présentés.

## **Session 3 : réalisation pièces / véhicules**

### **Damien GUILLON – Cetim et Alain LEROY – Momentive: High volume manufacturing of lightweight epoxy automotive crash structures.**

Après une présentation des matériaux Momentive et des activités du CETIM, la fonction et la conception de la Crash-Box développée sont décrites : fibres de carbone tressées sur mandrin, résine époxy faible viscosité et à réticulation rapide, procédé HP-RTM avec moule 9 empreintes, temps de cycle de 150 s, initiation à la rupture lors du choc, conception des liaisons caisse / face avant et forme conique. Les performances au choc axial et décalé de 15° sont décrites ainsi qu'une évaluation économique, comparativement aux solutions actuelles.

### **Thierry RENAULT – Faurecia : Assemblage multi matériaux : adhésion directe par surmoulage par injection.**

Le projet ASPOME (Adhésion Structures Polymères Métal) financé par l'Agence Nationale de la Recherche et piloté par Faurecia, en partenariat avec Chimie ParisTech et Mines ParisTech, a pour objectif de développer l'adhésion directe entre un substrat en métal ou en composite thermoplastique à fibres continues et un plastique surmoulé par injection. Des traitements de surface des substrats par plasma (atmosphérique froid) avec ou sans dépose de couche mince sont présentés et permettent d'atteindre des tenues similaires à un collage classique (10 – 20 MPa).

**Jan Jaap TIMMERMAN – BMW: Composites solutions for future vehicles weight saving. CFRP qualifications for the BMW i Series.**

A partir de l'expérience BMW pour d'autres applications, la qualification des matériaux pour le développement du « life module » de la BMWi3 a démarré en 2008. Les challenges étaient : un développement simultané du procédé (RTM + tressage + préforme), des matériaux et de la conception, une grande diversité de matériaux et un procédé de fabrication en grande série. Les essais et les résultats obtenus sont décrits.

**Charles LEROUX – PSA : Les enjeux de l'intégration des matériaux composites pour un constructeur généraliste, une des solutions en rupture qui pourrait répondre à la problématique du CAFE au-delà de 2020 ; un exemple : VÉLV.**

Il est d'abord rappelé l'évolution du marché automobile depuis les années 80 (marché de conquête vers un marché de renouvellement, alourdissement des véhicules, réglementations de plus en plus contraignantes), d'où l'obligation de s'adapter. Les évolutions actuelles sont ensuite décrites : nouvelle stratégie modulaire des plateformes, stratégie multi matériaux pour réduire les masses (-110 kg en 2015 + - 110 kg en 2020/2025) : aciers hautes performances, aluminium, plastiques et composites. Ces évolutions vont entraîner une réduction drastique de la production par modèle d'où une grande difficulté pour amortir les investissements. Les composites sont une des réponses potentielles mais la difficulté sera de choisir la bonne technologie pour passer des véhicules niches actuels à de petits véhicules urbains.

L'étude PSA-VÉLV, avec une structure entièrement composite, est décrite : partenaires, spécifications, conceptions de développement phases 1 et 2, choix des technologies et des matériaux, architecture, validations, assemblage et retour d'expérience.

*Les trois ateliers suivants ont pour objectif de montrer que tous les acteurs de la filière se mobilisent de manière cohérente et solidaire, avec une volonté partagée de construire ensemble des projets de lignes grande cadence conduisant à disposer d'une filière française de fournisseurs aptes à fournir des matières/procédés/pièces en vue de l'allègement des véhicules.*

## « Atelier » RTM TP Fluide : Gilles ORANGE – Solvay

**Nouveau procédé RTM à base de polymères thermoplastiques haute fluidité pour le développement de pièces composites structurales : présentation des projets RTM TAPAS et C-RTM : Emeline BESSARD – Hutchinson, Jean-Luc BAILLEUL – LTN, Université Nantes, Joël BREARD – LOMC, Université Le Havre et Julia SCHELL – Cetim EMC2 Technocampus.**

Les matrices thermoplastiques (TP) présentent un potentiel certain pour la réalisation de pièces de structure en composite. Le procédé RTM permet une fabrication directe mais demande des résines de très faibles viscosités (< 10 Pa.s) et présentant une très bonne mouillabilité des préformes dont la déformabilité et la perméabilité auront une grande importance. Les projets **RTM TAPAS** (Thermoplastic Processing for Automotive Structure) et **C-RTM** (RTM + 1 phase finale de compression) sont présentés. L'objectif est de démontrer la faisabilité du procédé RTM TP pour de nouveaux polymères et des préformes à haute perméabilité. Les travaux en cours sont centrés sur : les résines (PA 66 HF de Solvay), les préformes (architecture des fibres, déformabilité, perméabilité, mouillabilité), la modélisation de l'imprégnation et des échanges thermiques, le contrôle de la cristallinité / retrait, les contraintes résiduelles, la stabilité dimensionnelle des pièces et la réalisation de démonstrateurs.

Au cours de cet atelier, trois thèmes sont particulièrement illustrés : la connaissance et le contrôle de la cristallinité du TP dans des conditions confinées, la déformabilité / perméabilité / mouillabilité des préformes et l'apport de la compression dans le procédé RTM.

## « Atelier » RTM semi-réactif : Michel GLOTIN – Arkema

**Composites thermoplastiques par RTM réactif pour pièces structurales automobile grande cadence : présentation des projets COMPOFAST : Didier DELAUNAY – LTN Polytech'Nantes, CNRS et FAST-RTM : Aurélien PHILIPPE – PPE et Jérôme HUBERT – PEL.**

**COMPOFAST** est un projet collaboratif (support financier ADEME, 2 pôles de compétitivité, 18 partenaires) dont l'objectif est de développer de nouvelles technologies pour produire en grande série des pièces en composites thermoplastiques renforcées par des fibres continues. Les pièces sont réalisées par le procédé RTM : la préforme, introduite dans le moule, est imprégnée d'un monomère (viscosité très inférieure à 1 Pa.s + des additifs), chauffée pour obtenir la polymérisation. L'ensemble est refroidi pour obtenir la pièce finale. De nombreux phénomènes physico-chimiques interviennent lors de ce processus (réactions chimiques, échanges thermiques, cristallisation, retrait, imprégnation, gradient de viscosité....) et peuvent entraîner des défauts internes ou de surface. La tomographie thermique développée par le LTN Polytech'Nantes permet de modéliser ces phénomènes.

**FAST-RTM** est un projet de plateforme nationale pour démontrer la faisabilité de produire des pièces de structure automobile en grande série à l'aide du procédé RTM, niveau TRL 6 (temps de cycle 2 min, 30 pièces par heure). Il est soutenu par l'IRT-M2P et l'IRT Jules Verne, associés à 11 partenaires. Les objectifs sont : optimiser la conception (matériaux TP et TD, renforts, intégration de fonctions, procédés, moyen de contrôle non destructif en ligne), atteindre des coûts acceptables et proposer une ligne de fabrication pilote en 2016.

**GLOBALRTM** est une alliance stratégique soutenue par quatre PME (ISOJET, PEI, SISE et COMPOSE) pour proposer en commun une ligne RTM clés en main.

## « Atelier » Composites TP estampables : Laurent ROTA – PSA Peugeot Citroën

**Applications structurales des composites TP estampés : présentation des projets ADEME et IRT Jules Verne : Diego DOUGLAS D'AULIGNAC – BASF, Agnès EXERTIER – Cetim EMC2 Technocampus et Jérôme BIKARD – Solvay.**

Cet atelier a pour but d'illustrer l'état de l'art concernant la réalisation de pièces en composites TP estampables (thermocpression de plaques sèches constituées de renforts préalablement imprégnées de résines TP). Cette technologie matériaux/procédés présente un fort potentiel technico-économique pour fabriquer des pièces de structure automobile. Solvay et BASF ont présenté les développements récents de leurs résines thermo-estampables, illustrés par des cas d'applications faisant intervenir différentes natures de renforts. Ceux-ci montrent la problématique liée à la simulation du procédé et mettent en évidence les différents verrous à maîtriser et à lever. Le Cetim présente les travaux menés avec l'ONERA sur la conception et la fabrication d'un triangle de suspension automobile entièrement réalisé en composite TP estampable sur des spécifications fournies par PSA : conception, procédé, essais, optimisation numérique.

## Conférence de clôture : Philippe BLOT, Expert matériaux composites – ex Airbus Group

A partir d'exemples d'applications des composites pour la réalisation de pièces de structure dans l'aéronautique, il a été mis en évidence quelques constatations et recommandations applicables à l'industrie automobile (pour certaines applications, Airbus est amené à fabriquer 600 à 5000 pièces/jour) : l'importance de prendre en compte les risques de corrosion galvanique et de fatigue thermique lors des assemblages carbone/aluminium, la sensibilité à l'impact des fibres de carbone, l'importance de mettre en œuvre des Contrôles Non Destructifs, la nécessité de concevoir les intégrations de fonctions en liaison avec les gains de masse et de coûts pour atteindre l'optimum. En conclusion, la démarche de conception de pièces préconisée par Airbus est la suivante : dessiner la pièce, choisir le bon procédé, adapter les matériaux et les assemblages.