

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON STRUCTURAL COMPOSITES

Les 8 et 9 juin 2016

au Centre Culturel Pierre Messmer de Saint-Avoid et au Composite Park de Porcelette



Ce Symposium, organisé conjointement par la **Société Française des Ingénieurs des Plastiques (SFIP)**, le **Groupe Institut de Soudure**, sa marque **Composite Integrity**, l'**IRT M2P** et le **Groupe Plasturgie Automobile (GPA)**, a rassemblé plus de 300 personnes de la filière plasturgie et des composites.

Il était consacré aux derniers développements et aux applications des matériaux composites structuraux dans le domaine des transports. Ces matériaux, constitués de matières plastiques hautes performances renforcées principalement par des fibres de carbone et de verre, remplacent de plus en plus les métaux afin de diminuer l'empreinte carbone dans le domaine des transports, particulièrement dans l'automobile, l'aéronautique, le ferroviaire et le nautisme.



Au cours de ces deux journées, très denses et riches en informations technico-économiques, les participants, chercheurs et industriels internationaux, se sont rencontrés et ont échangé leurs expériences autour de quatre grands centres d'intérêt :

- **Dix conférences avec une exposition (onze stands)** consacrées aux matériaux, aux procédés de fabrication, aux applications et aux caractérisations des matériaux et des pièces,
- **Trois « ateliers » consacrés à l'avancement des projets de recherche** présentés lors du Congrès International SFIP de Nantes en juin 2014 : **procédés RTM, estampage des thermoplastiques et assemblage multi matériaux,**
- **Focus sur les plates formes automobiles à l'international : présentations des stratégies française, anglaise et allemande** pour diminuer la masse des automobiles de demain, produites en grande série,
- **Démonstrations, en vraie grandeur, des moyens de contrôles de qualité, de performances et de fabrications de pièces avec les acteurs présents sur le Composite Park, comme l'IRT M2P qui a présenté sa nouvelle plateforme FAST RTM.**

[La conférence d'ouverture :](#)

Car of the future: at the crossroads of new innovative materials, présentée par Gérard LIRAUT (Renault Nissan) et Louis DAVID (PSA Groupe).

Sont explicités le contexte (l'histoire des matériaux dans l'automobile / aéronautique et l'évolution des exigences en terme d'émission de CO₂), les évolutions futures de l'architecture des véhicules, la contribution des matériaux polymères / aux métaux pour

leur allègement et les stratégies des constructeurs, illustrées par de nombreux exemples. En conclusion, il est rappelé que l'allègement, qui n'est pas une fin en soi, et la sécurité des véhicules doivent se faire sous le contrôle des coûts et en tenant compte des moyens de production suivant les cadences.



Les conférences :

Céline LARGEAU – IRT Jules Verne et Célia MERCADER – CANOE : FORCE project: a « low cost » carbon fiber for more intensive use of composites.

Cette excellente conférence a présenté le projet FORCE (14 partenaires), une filière française de fabrication de fibres de carbone bas coût : réduire le coût des fibres de carbone (passer de 15/20 €/kg à moins de 8 €/kg) afin de favoriser, pour des applications de masse, l'emploi de composites ainsi renforcés. Il est rappelé qu'actuellement le coût des fibres représente 40 à 45% du coût d'un composite. Afin d'atteindre cet objectif, ce projet prévoit de remplacer le précurseur PAN par de la lignine et/ou de la cellulose et de développer des procédés de fabrications spécifiques. L'état d'avancement et la feuille de route du projet sont présentés.

Luca TORLAJ et Massimo BRESCIANI – Polynt : Carbon molding materials for production of semi-structural parts.

Après une présentation de la société Polynt et de ses matériaux SMC/BMC, dont le SMCCarbon, cette conférence a décrit le matériau RECCarbon - un SMC renforcé par des fibres de carbone issues du recyclage de chutes de mats de carbone - et ses applications. Ces travaux sont effectués en collaborations avec ACF, SGL et BMW.

Régis BIGOT – Arts et Métiers ParisTech Metz, Jean-Marie RISSER – Setforge et Henri PERRIN – Institut de Soudure : EPITHER : a new technology dedicated to automotive and aeronautic industries.

A l'image du forgeage pour les pièces métalliques, le projet EPITHER (début 2011) utilise des fibres continues de verre ou de carbone, imprégnées de résine thermoplastique (PA, PEKK...), positionnées autour d'un outil (la préforme) et ensuite compactées par forgeage. Les pièces massives obtenues sont « net shape » (sans besoin d'usinage et sans perte de matières). La présentation de démonstrateurs illustre le procédé retenu et les caractéristiques technico-économiques obtenues. Un pilote industriel est prévu pour 2018.

Chung-Hae PARK – Mines Douai : Direct impregnation molding process for high performance bio-based composites of flax fiber and polyamide : a cost effective way to manufacture automotive composite parts.

Afin de fabriquer des matériaux composites obtenus à partir d'un taux important (> 45%) de fibres naturelles continues (lin et chanvre) et de matrices thermoplastiques performantes (PA), le projet FIABILIN (15 partenaires dont Mines Douai, Arkema et Dedienn Group) a développé des matériaux nouveaux et des technologies de fabrication bas coût. Le procédé présenté consiste en une imprégnation du textile par la matrice directement dans le moule ouvert, suivi d'une compression séquentielle en moins de 4 minutes. Il est ainsi possible de trouver un bon compromis entre une

bonne imprégnation des textiles par des résines visqueuses et une non-dégradation thermique des fibres naturelles. Les résultats obtenus sont présentés.

Marc-Philippe TOITGANS – CSP: Cost competitive, lightweight decklid concept.

Cette conférence décrit le développement d'un coffre arrière de véhicule constitué d'une peau extérieure en SMC, d'une peau intérieure en RTM (mat de fibres de carbone courtes et recyclées + résine époxy), le tout renforcé par un insert en pré-imprégné PA. La simulation, la conception et la fabrication sont décrites. Un allègement de 13% par rapport à la même pièce en aluminium est obtenu avec un temps de cycle inférieur à 3 minutes.

Stephan COSTANTINO – Huntsman Advanced Materials: Novel compression moulding process makes 1 minute cycle time : a reality for structural composites.

Le procédé DFCM (Dynamic Fluid Compression Moulding) est décrit comparativement aux procédés classiques HP-RTM et WCM (Wet Compression Moulding). Les différentes étapes du procédé DFCM sont : imprégnation de la préforme hors du moule, introduction de l'ensemble dans le moule, fermeture, application du vide et réticulation. Ce procédé assure l'imprégnation rapide et complète de préformes complexes et très denses (> 60%) avec un temps de cycle d'1 minute.

Helena SIMMONDS – Warwick Manufacturing Group: Use of in-mould instrumentation to characterise the carbon SMC compression moulding process.

Cette étude, centrée sur le SMC renforcé par des fibres de carbone (CF-SMC), caractérise, sur un moule instrumenté (pression, température, mesures diélectriques), l'écoulement et la réticulation du matériau. Deux cas de figure sont présentés : SMC avec mats et SMC avec des fibres orientées. Ces données permettront de diminuer les temps de cycle grâce à une meilleure compréhension des écoulements matière dans le moule.

Mathieu IMBERT – ESI Group / Ecole Centrale de Nantes : High speed reactive resin transfer molding (RTM) process simulation for mass production of automotive structural parts.

La qualité des pièces fabriquées par le procédé RTM est dépendante de la réticulation de la résine et de sa diffusion dans la préforme. Celle-ci est constituée de fibres assemblées présentant deux types de porosités : une faible dans les fibres et une forte entre les fibres (uniquement prise en compte actuellement dans les simulations). Ceci conduit à une imprégnation et une réticulation hétérogènes au sein de la pièce. L'objectif de la thèse présentée est de proposer un modèle de simulation numérique prenant en compte ces deux phénomènes, en liaison avec la réticulation de la résine. L'étape suivante sera de confronter ces résultats avec les résultats expérimentaux et d'introduire cette simulation dans PAM-RTM d'ESI Group.

Jerôme GRANDO et Damien BOISSON – Plastic Omnium : High performance SMC process fine tuning and contribution of Non Destructive Testing analysis.

L'introduction de SMC hautes performances (A-SMC 50% GF, C-SMC 50% CF avec des résines époxy et vinyl ester), associés au procédé HP-SMC développé par P.O., permet la fabrication de pièces de plus en plus structurelles. Toutefois, les imperfections telles que fissures, lignes d'écoulement et délaminations doivent être particulièrement supprimées. Si la mise sous contrôle des paramètres du process permettent d'éliminer fissures et lignes d'écoulement, la délamination nécessite la mise en place en ligne d'un contrôle CND afin d'éviter des essais laboratoire longs et coûteux. Cette conférence décrit les moyens mis en place, les résultats obtenus et les actions futures à prévoir.

Trois « ateliers » consacrés à l'avancement des projets de recherche :

Fluid TP RTM and reactive RTM workshop: cet atelier a pour objectif de faire le point sur l'avancement des travaux menés dans les projets TAPAS, C-RTM, COMPOFAST et FAST RTM depuis la présentation de leurs feuilles de route en 2014 à Nantes. **Il est animé par Michel GLOTIN- Arkema.**

- **Fluid TP RTM: TAPAS and C-RTM projects:**

Gilles ORANGE – Solvay, Joël BREARD – Université le Havre, Christophe BINETRUY –GeM – Ecole Centrale Nantes et Clemens DRANSFELD – FHNW.

Le projet TAPAS-LCM (RTM – Liquid Composite Moulding), ainsi que son objectif, sont présentés : fabriquer des pièces structurales en composite TP, obtenues par injection basse pression d'un polymère TP liquide directement dans la préforme placée dans le moule. Les avantages et les inconvénients de ce procédé sont rappelés. L'accent est mis sur les difficultés liées à la perméabilité et la mouillabilité de la préforme. Les premiers résultats montrent que des optimisations sont nécessaires au niveau des paramètres de mise en œuvre, en liaison avec la rhéologie des polymères et les échanges thermiques, au niveau des matériaux TP et des préformes.

Afin d'améliorer la perméabilité, l'architecture fibreuse est étudiée et de nouveaux modèles de simulation sont développés (voir présentation de M. IMBERT ci-dessus).

Les résultats obtenus montrent la faisabilité du procédé pour des polymères fluides ($v < 25\text{PA.s}$) et des réformes très perméables.

Pour améliorer la performance mécanique des pièces et résoudre le problème de la viscosité des polymères, tout en garantissant une imprégnation parfaite, **le procédé C-RTM** est développé : à savoir, injection du polymère par le haut du moule, suivie d'une compression, sans entraîner un compactage de la préforme qui risquerait de réduire la perméabilité.

- **Reactive RTM : the COMPOFAST and FAST RTM projects:**

Michel GLOTIN – Arkéma, Alain LEROY – Hexion, Jérôme HUBERT et Philippe CAPON – Pinette Emidecau Industries, Christophe MILLIERE – IRT M2P, Jean-Pierre CAUCHOIS – Composite Integrity.

Le projet COMPOFAST (déc 2012 – déc 2016) est décrit. Il a permis la mise au point de nouvelles chimies réactives TP dans le moule de RTM (PA et résine acrylique Hélim d'Arkéma) et des procédés RTM associés, afin de réaliser des pièces composites structurales à matrice TP, à un niveau TRL 3 / 4. Les résultats obtenus sont présentés : caractérisation des matériaux et pièces net shape réalisées en moins de 4 minutes. L'objectif est d'atteindre un temps de cycle < 2 minutes et de permettre le passage des pièces en cataphorèse. Leur recyclabilité est étudiée au sein du projet Reverplast.

Parallèlement, **Hexion** a développé de nouvelles résines époxy TD permettant d'atteindre des résultats similaires. Leurs caractéristiques sont décrites.

Le projet FAST RTM (juin 2014 – juin 2017) est présenté : réalisation d'une plateforme pilote industrielle pour réaliser des pièces structurales TP et TD par le procédé RTM Réactif avec un temps de cycle < 2 minutes. La plateforme, complètement automatisée, développée par **PINETTE EMIDCAU INDUSTRIES** est décrite. COMPOSE TOOLS a développé les moules, SISE leur régulation et un système d'acquisition de données : le Process Safe Production system. L'installation appartient à **I'IRT M2P** et est implantée sur le site du Composite Park de Porcellette.

Aujourd'hui, celle-ci permet la fabrication de pièces en TP et TD en 6 minutes, net shape. L'objectif d'un temps de cycle de 2 minutes sera atteint fin 2017.

Stamping Thermoplastic composites workshop: cet atelier a également pour objectif de faire le point sur l'avancement des travaux dont la feuille de route a été présentée en 2014 à Nantes. **Il est animé par Laurent ROTA – PSA Groupe.**

Christophe CHAMPENOIS – CETIM, Jérôme BIKARD – Solvay.

Après un rappel des résultats présentés à Nantes en 2014, l'importance de la simulation numérique pour appréhender le procédé, la conception et la qualité des pièces est mise en évidence. L'objectif

aujourd'hui est de montrer les progrès réalisés et de décrire les optimisations technico-économiques à moyen et long terme.

Pour les matériaux, **Solvay** a présenté le PA66 Evolite (le matériau PA, le renfort, la fabrication des plaques et des pièces). Afin d'obtenir les performances optimales au niveau des pièces, il est montré l'intérêt de modéliser le procédé d'estampage (projet STIICPA), le surmoulage (projet LYCOS) et les propriétés finales : soit une modélisation multi-échelles, du procédé à la pièce finale. L'approfondissement de cette démarche se fera lors de nouveaux projets (COPERSIM et COMMANDOSTAMP – 2014 à 2018) et en étudiant les contraintes résiduelles.

Pour le procédé, le **CETIM** a présenté QSP (the Quilted Stratum Process : pièce net shape en 1 minute) dont les étapes sont : pultrusion du préimprégné TP, découpe des patches, assemblage de la préforme, chauffage, mise dans le moule et formage ; le tout en 60 à 90 secondes. Les résultats technico-économiques et les réalisations sont décrits.

JOINING Workshop : cet atelier a pour objectif de présenter les contraintes et les solutions liées à l'assemblage de structures multi-matériaux et composites dans des applications destinées aux transports terrestres. **Il est animé par Yves COULON – Groupe Renault, Pascal POIRIER – Volvo Trucks, Jonathan FENOLL – ARaymond, Pierre CHALANDON – CETIM et Jérémy KEERSBULIK – Alstom Transport.**

Les principales contraintes pour assembler des pièces composites sont rappelées : fiabilité dans le temps (cas du collage), manque de modèles de simulation, difficultés pour contrôler la qualité, dilatation différentielle des matériaux et intégration dans les lignes d'assemblage existantes...

Ensuite, les développements en cours, chez chacun des participants, sont décrits :

CETIM : le procédé QSP offre des opportunités telles que : introduction d'inserts métalliques (IMTEC), création de trou « one-shot » durant le formage (travaux avec BOLLHOFF) et surmoulage.

Alstom : développement de structures sandwich.

Volvo Trucks : étude du collage dans le projet Composite CAB (10 partenaires) afin de créer des outils expérimentaux permettant de mieux connaître le comportement des assemblages collés et établir des bases de données pour alimenter des modèles de simulation.

ARaymond : le projet SDR étudie des rivets auto-taraudeurs.

Renault : description du soudage Laser associé au traitement plasma pour l'assemblage des pièces en PP des hayons.



Focus sur les plates formes automobiles à l'international :

Les stratégies française, anglaise et allemande pour diminuer la masse des automobiles de demain, produites en grande série, sont exposées.

Christophe AUFRERE – Faurecia: Lightweight challenges for the French automotive industry.

La PFA (Plate-Forme Automobile française) a été créée en 2012 pour organiser et structurer le secteur automobile en France. Au sein de son organisation, le CRA (Conseil de la Recherche Automobile) est chargé d'élaborer une vision des innovations, de prioriser les thèmes de recherche

et de structurer des projets de recherche collaboratifs. Un projet important concerne le véhicule écologique à faible consommation. L'allègement grâce aux matériaux composites est un des leviers permettant d'atteindre cet objectif. Une feuille de route et une organisation au niveau national ont été mises en place. Les différents projets sont : FASTFORM, FAST RTM, COMPOFAST et FORCE.

Kenneth KENDALL – Warwick Manufacturing Group: Trends in UK automotive composites.

Les matériaux composites sont utilisés dans l'industrie automobile anglaise depuis une soixantaine d'années. L'historique de l'évolution des applications pour les marques Lotus, Aston Martin, McLaren, Jaguar et Land Rover est présenté. Le programme VARCITY (Vehicle ARchitecture for CITY cars) est décrit : partenaires et objectifs (le véhicule premium urbain pour 2020). Les orientations principales sont : fabrications faible cadence, procédé RTM, renforts en fibres de carbone ; les freins restent la fabrication des préformes et le coût des matériaux.

Denny SCHUPPEL – Technische Universität München : The leading edge cluster MAI Carbon and its meaning for the automotive industry.

Le cluster MAI Carbon (2012) a été développé pour promouvoir une utilisation grande cadence des matériaux composites fibres de carbone dans l'automobile (Audi, BMW et des PME sont impliqués). Les principaux objectifs sont : temps de cycle < 1 minute, réduction des coûts procédé de 90 %, réduction des déchets de 10% et recyclabilité. MAI Carbon prévoit la mise en place de plus de 35 projets de R&D. De nombreuses actions de communication sont mises en place, mais aucun résultat concret n'est présenté.

[Démonstrations, en vraie grandeur, des moyens de contrôles de qualité, de performances et de fabrications de pièces avec les acteurs présents sur le Composite Park, comme l'IRT M2P qui a présenté sa nouvelle plateforme FAST-RTM.](#)

La visite du Composite Park de Porcelette a permis à l'ensemble des participants de prendre connaissance des moyens du Groupe Institut de Soudure, à savoir :

- **La plateforme CND** : ultrasons C-Scan, thermographie, vibro-thermographie, émission acoustique.
- **La plateforme caractérisations** : essais mécaniques, physico-chimiques, fatigue et feu.
- **La plateforme FAST RTM** : voir description ci-dessus dans l'atelier RTM réactif.



Crédit photos : Groupe Institut de Soudure