

## **Matériaux Polymères & Industrie Automobile:** **Les matériaux plastiques et composites : un atout pour l'allègement des véhicules** **10 et 11 juin 2015** **Mines Douai**

Organisé conjointement par la **SFIP, Mines Douai** et le **GPA**, ce congrès a rassemblé **plus de 200 personnes** représentant environ **108 raisons sociales** dont 62 sociétés industrielles (fabricants de matières premières, transformateurs et donneurs d'ordre), 42 entités et organismes de la filière plasturgie et 4 grands centres universitaires ou écoles.

A noter, le nombre important de sociétés présentes pour la première fois à un congrès SFIP.

*Ce nouveau congrès, consacré aux matériaux plastiques et composites, avait pour objectif de mettre en valeur leur contribution à l'allègement des véhicules afin de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> (95g/km en 2021). De surcroît, ces matériaux, en perpétuel progrès par l'évolution des matières premières et des procédés, permettent aux designers d'apporter la modernité à la carrosserie automobile attendue par les clients.*

*Ces deux journées ont permis de faire un état de l'art sur les innovations proposées, des matières premières (additifs, charges, matrices et renforts) aux applications les plus récentes en passant par les progrès réalisés dans la simulation des procédés et du comportement.*

*Un zoom particulier sur l'allègement par les matériaux cellulaires a permis de montrer l'apport important de ces matériaux et ces technologies.*

*Outre les conférences d'ouverture et de clôture, ces journées étaient articulées autour de 23 conférences, réparties en 4 sessions et une exposition rassemblant 11 stands où étaient représentées les sociétés suivantes : Borealis, Clariant, Exotest, Hexion, IFMAS, LyondellBasell, Milliken, PolyOne, Repsol, SABIC et SGS Sercovam.*

*Le congrès a été ouvert par une présentation de Mines Douai – **Daniel BOULNOIS** (Directeur) – de la SFIP – **Gérard LIRAUT** (Président) et du GPA – **Jean NANOUX** (Président).*

### **Conférence d'ouverture:**

**Michel COSTES – INOVEV et Peter NAGEL – ANP Management Consulting: The polymeric materials: an asset to vehicles weight saving.**

Cette conférence d'ouverture avait pour objectif d'expliciter la problématique à laquelle sont confrontés les constructeurs automobiles européens afin de satisfaire la réglementation actuelle et future relative aux émissions de CO<sub>2</sub> (130g/km en 2015 et 95g/km en 2021). Parmi les leviers permettant d'atteindre ces valeurs (motorisations, aérodynamisme, carburants, gestion du trafic,...), l'allègement des véhicules est un paramètre important.

Alors que la masse des véhicules n'a cessé de croître entre 1990 et 2012 (+ 40% en moyenne), la tendance s'est inversée à partir de 2013. Ces évolutions ont été largement illustrées pour l'ensemble des constructeurs : pour les véhicules électriques, il s'agit d'accroître leur autonomie, pour les véhicules thermiques de réduire les émissions de CO<sub>2</sub>.

Les matériaux, en particulier les matériaux polymères et composites, jouent un rôle déterminant pour alléger les véhicules : les fonctions à prendre en compte prioritairement sont décrites, les atouts majeurs de ces matériaux sont explicités et illustrés par de nombreux exemples, fonction par fonction.

### **Session 1 : Innovation matières, de nouvelles perspectives**

**Jérôme CREPIN-LEBLOND – Imerys Talc: Latest developments with talcs and mineral blends in high performance, lightweight, polyolefin compounds.**

Imerys Talc a décrit ses dernières innovations relatives aux charges minérales permettant d'alléger et d'accroître les performances des matières plastiques oléfiniques, à savoir les charges :

- Jetfine Talcs : augmentation de la raideur, amélioration de la tenue à l'impact et à la rayure,
- HAR Talcs : performances mécaniques augmentées avec des gains de masse de l'ordre de 6 %,
- MOS (Magnésium OxySulfate) : en mélange avec du talc pour renforcer la tenue mécanique.

De nombreux résultats, comparativement à d'autres charges, illustrent les performances technico-économiques obtenues.

#### **Ivan VULIC - Cytec Industries B.V: Innovative TPO stabilization solutions enabling weight reduction of vehicles.**

Après avoir décrit l'intérêt d'utiliser des matériaux polyoléfiniques dans l'automobile, il est expliqué que les spécifications sont de plus en plus exigeantes (thermiques, émissions de COV, fogging, tenue intempéries..) et que l'utilisation d'additifs traditionnels ne permet plus de les satisfaire. Il est donc nécessaire de développer de nouvelles technologies d'additifs.

Les nouveaux stabilisants Cytec sont présentés (V 703 et V 708 T) et leurs performances illustrées par de nombreux exemples : tenue UV, adhérence peinture, stabilité thermique, aspect de surface, fogging, VOC, odeur, stabilité couleur....

#### **Marc MEZAILLES - PolyOne: Lightweight specialty thermoplastic solutions for automotive/transportation lighting and under-the-hood applications to contribute to reduction of CO2 emissions.**

PolyOne a présenté deux innovations :

- Une nouvelle gamme de matériaux allégés –reSound NF – renforcés 30 % de fibres naturelles au minimum permettant des gains de masse de l'ordre de 7% et présentant des performances supérieures aux matériaux couramment utilisés et renforcés par des fibres de verre,
- Un procédé de fabrication de pièces plastiques conductrices en remplacement de l'aluminium dans les systèmes électroniques – MID, Molded Interconnect Devices – grâce à la création d'un circuit conducteur en surface par laser et métallisation plasma.

#### **Olivier FARGES - Evonik Industries AG: How to optimize composite material technologies for the automotive industry?**

Après avoir décrit la gamme des matériaux Evonik pour des applications automobiles, plusieurs innovations destinées à la fabrication de composites pour l'allègement ont été présentées :

- VESTANAP PP: matrice PU pour la fabrication de prépregs stables renforcés par des fibres de carbone,
- ROHACELL Triple F pour la fabrication in situ de noyaux moussés structurels,
- Thermoplastic UD-Tapes à matrice PA, semi produits pour la fabrication de pièces structurelles,
- VESTAMELT Hylink, adhésif structurel pour l'assemblage métal/plastique.

Pour chacun de ces produits, les conditions de mise en œuvre, des exemples de réalisations de pièces et d'applications concrètes et les gains de masse obtenus sont présentés.

#### **Alain LEROY - Hexion Inc.: New epoxy matrix technologies enabling automotive industry light-weighting and high-built rates.**

Lors de cette présentation, des gains chiffrés d'allègement par l'utilisation de matériaux à base de résines époxy renforcées par des fibres de carbone sont présentés pour des applications telles que : structure de caisse, pièces extérieures, ressorts de suspension droits et hélicoïdaux. L'atteinte de ces avantages à des coûts acceptables sera possible grâce au développement de résines époxy réticulables en 1 min et par l'optimisation de l'ensemble des paramètres liés aux procédés de fabrication et plus particulièrement aux procédés RTM (HP/LP-RTM) couplés au LCM (Liquid Compression Molding).

## **Session 2 : l'allègement par les matériaux cellulaires**

#### **Xavier CLEMENT - Clariant: Light weighting strategies with chemical foaming of thermoplastic parts in automotive applications.**

L'obtention de matériaux cellulaires peut-être réalisée par **voie chimique** par l'ajout d'agents de moussage exothermiques (libération d'azote) ou endothermiques (libération de CO2). Les procédés « classical » et « core

back expansion » TFIM – Thermoplastic Foam Injection Molding- et les avantages liés à l'utilisation des agents de moussage Hydrocerol lors de l'injection des pièces sont décrits. Des applications industrielles illustrent les résultats obtenus : support de planche de bord BMW 3 et 5, conduit d'air Audi A 8, pièces d'aspect. Sans investissements particuliers, des gains de masse de l'ordre de 25% sont atteignables.

**Martin JACOBI – Trelxel: Possibility to realize new design options by using the Mucell process.**

Le procédé Mucell permet de réaliser des pièces en matériaux cellulaires par **voie physique** par l'introduction d'azote dans la vis d'injection lors de la fabrication des pièces. Les conditions de fabrication avec le procédé Mucell et les gains obtenus sont comparés à ceux de l'injection traditionnelle : investissement machine nécessaire, diminution de la viscosité (-25%), de la pression, du temps de cycle, de la masse et meilleure stabilité dimensionnelle. Il est souhaitable d'adapter la conception – moule et pièce – très tôt. Des modules de simulation existent. 70% des applications se font actuellement dans l'industrie automobile.

**Pascal EMERY – Reydel Automotive: Injected expanded polypropylene.**

Après une présentation de Reydel Automotive (ex Vistéon : fournisseur de pièces intérieures), le procédé IEPP (Injected Expanded PolyPropylène) est décrit : procédé par voie chimique (idem Clariant), 20 à 40% d'allègement, pour un coût de 0 à 3 € du kg gagné. Différentes approches permettant de simuler cette famille de matériaux sont explicitées. Pour les pièces intérieures, l'objectif est de garantir, en statique, la qualité perçue, l'absence de bruit et la fiabilité des fonctions et en dynamique les performances aux chocs. Reydel dispose d'une base de données de caractérisation de plus de 50 matériaux. Cette démarche est illustrée par la mise au point de la planche de bord passager du Partner PSA.

**Dominique MANCEAU – Plastivaloire – Bourbon AP: Empirical results of the processing of hollow glass spheres with physical foaming.**

Les avantages et inconvénients des différents procédés pour obtenir des allègements de 0 à 70% sont décrits : moussage chimique, blow moulding, Mucell, Mucell + insert moulding et Mucell + induction (procédé Roctool qui permet de supprimer les bulles en surface). La technologie développée par Plastivaloire est présentée : compounds à base de PP, ABS ou PA, comprenant des billes de verre creuses associées (?), à l'obtention de matériaux cellulaires par voie chimique. Des exemples concrets illustrent les performances obtenues : gain masse de 35 à 55%.

La présentation se termine par des exemples d'obtention de pièces structurelles.

**Raphael MOSNIER – Cadflow: The simulation of foam injection moulding.**

Lors de la mise en œuvre des procédés d'injection de mousse micro cellulaire, certaines règles et contraintes doivent être appréhendées. Le nouveau module CADMOULD 3D-F Foaming permet la simulation du procédé, la validation de la pièce et la quantification des gains technico-économiques, tout en réduisant les mises au point du moule et des paramètres de mise en œuvre. Cette démarche est illustrée par le développement d'une custode Mécaplast. Par ailleurs, ce module peut être couplé avec d'autres logiciels.

**Paul-Marie MICHAUD – EC2-Modélisation: Better energetic and mechanical efficiency of cellular polymer foams: from microstructure scale to macroscopic behavior.**

Après une présentation du projet ANR-THOMMI – THERMO Mécanique dans les Matériaux cellulaires multifonctionnels – (partenaires, différents types de mousses, propriétés mécaniques, isolations thermique et acoustique et leurs applications), le développement de modèles mécaniques et de simulation pour analyser leur comportement thermomécanique par une approche multi-échelle est décrit. Cette démarche repose sur quatre niveaux d'échelles : micro ( $\mu\text{m}$  : caractérisation à cœur), méso (mm : structure de la mousse), macro (cm : comportement thermomécanique) et enfin structurel (m : validation). Elle ouvre des perspectives dans de nombreux domaines en termes de dimensionnement et d'optimisation de structures composites sandwich avec une âme mousse.

## **Session 3 : Modélisation/simulation des procédés et du comportement**

**Kevin LE MEUR – COGIT Composites: Simulation of thermo-stamping process.**

Les matériaux concernés sont des tissus (fibres de verre, de carbone, de matériaux biosourcés) enduits par une matrice thermoplastique (PP, PA, PPS, PEEK...) transformés par estampage à chaud. Ce procédé reste complexe à maîtriser et à simuler. Des phénomènes « multi-physiques » sont mis en jeu : déformation des textiles, chocs thermiques au sein du matériau, frottements lors du formage,...). Cette étude s'intéresse à la mesure et à la caractérisation du procédé et des matériaux afin de simuler le refroidissement de la matrice et la mise en forme du textile. Sont mentionnés, les défauts récurrents et des solutions industrielles pour les supprimer. Ces simulations permettent de prédire la faisabilité de la pièce et l'orientation optimale des fibres.

**Frédéric ROGER – Mines Douai: Fatigue design of short glass fibre reinforced thermoplastic automotive components: integration of fibres distributions obtained from micro CT scan.**

Cette étude concerne des pièces sous capot (PA66 + 35% FV) soumises à des cycles de chargements thermomécaniques et à l'humidité. Elles sont fabriquées par injection et sont de formes complexes qui génèrent des distributions de fibres complexes et parfois des porosités. Leur dimensionnement en fatigue et leur durée de vie nécessitent de déterminer un état mécanique stationnaire à partir duquel une estimation de la durée de vie est possible. Une estimation des propriétés mécaniques locales en chaque point de la pièce par une analyse tomographique RX permet d'obtenir ces informations et de caractériser l'anisotropie du matériau et la porosité des cavités. Ces données sont alors intégrées dans les démarches de dimensionnement en fatigue pour améliorer les prédictions.

**Thomas ILLING- Valeo Shalter und Sensoren GmbH: Enhancement of the understanding of hygrothermal aging of injection-molded PA6 GF-materials and their mechanical and thermal properties for simulation purpose.**

Ce projet scientifique (VALEO, BASF et universitaires allemands) a été entrepris pour améliorer la compréhension des propriétés thermomécaniques des matériaux renforcés par des fibres de verre courtes (PA 6 + FV) lors de vieillissements en température à l'état humide. Les résultats obtenus permettent de quantifier l'influence de l'orientation des fibres et du vieillissement humide sur les propriétés mécaniques. Il est alors possible, dès la phase de développement d'une pièce en R&D, de coupler une simulation produit/process afin de dimensionner la pièce au juste nécessaire et d'en réduire la masse et le coût.

**Denis MERCIER – SIGMA Engineering: 3D tools for optimization of design and process simulation with SIGMASOFT virtual molding.**

Afin de déterminer un process stable qui permette de produire des pièces sans contraintes internes et de qualité reproductible, Sigma, via le logiciel SIGMASOFT virtual molding, intègre le maximum de paramètres relatifs au matériau, au moule, au process et à la géométrie de la pièce. Il s'agit d'utiliser un algorithme évolutif pour déterminer les solutions optimales en un minimum de temps. Deux exemples illustrent cette démarche : l'optimisation de la position de circuits de régulation pour obtenir à la fois une déformation faible et un temps de cycle court et l'optimisation géométrique d'un canal d'alimentation pour obtenir un équilibrage rhéométrique.

**Amaury CHABOD – HBM nCode : Short fiber composite fatigue.**

Le logiciel nCode DesignLife est dédié à la simulation en fatigue des composants en polymère. Il s'intègre dans la chaîne numérique classique en s'interfaçant aux principaux logiciels éléments-finis ou d'homogénéisation. Des exemples d'applications sont présentés : compartiment roue de secours réalisé avec des polymères renforcés par des fibres courtes et assemblage collé sur caisse en blanc Jaguar.

## **Session 4 : Innovation procédé et conception, vers de nouvelles applications**

**Philippe BILLEROT – MGI COUTIER: Weight reduction by rethinking the system: MAGICWASH.**

Cette première innovation montre que la reconception permet également d'obtenir des allègements significatifs.

En partant du manque d'efficacité du lavage des pare-brises (une partie importante du liquide n'est pas employée pour le lavage), la conception d'un nouveau type de gicleur intégré dans la raclette d'essuyage a permis d'améliorer l'efficacité du lavage et donc de diminuer notablement la quantité de lave glace embarqué. Cette démarche est illustrée par l'application de ce concept sur le Berlingo Citroën : gain 5 kg/ véhicule. Le concept MAGICWASH est appliqué en série sur Citroën Cactus C4.

**Eric LAFRANCHE- Mines Douai et Xavier CERILLO- Faurecia: “One shot” moulding of Continuous Fabric Reinforced Thermoplastics (CFRT) for manufacturing plastic flasks of an automotive seat cushion demonstrator.**

Le projet Lycos (Light Hybrid Composite Structures) piloté par Faurecia Automotive Seating en partenariat avec 6 industriels et 3 laboratoires, dont Mines Douai, a permis de développer et de valider un démonstrateur d'assise de siège multimatériaux en composite PA, acier et aluminium. La fabrication des parties latérales, d'abord prévues en deux étapes (estampage à chaud d'un CFRT à base de PA6 et surmoulage d'un PA6 + FV) est réalisée en une seule fois (estampage et surmoulage dans la même opération). Cette présentation décrit la démarche suivie, la validation et les résultats obtenus.

**Catherine TUAL – PSA Peugeot Citroën et Jérôme VIDALIE: Composite structural applications for mainstream automotive industry: PSA Peugeot Citroën Innovation and Plastic Omnium material/process developments.**

Cette présentation décrit le développement d'un module de plancher avant réalisé en SMC–vinyl ester, 50% fibres de verre où quatre pièces en composite remplacent plus de 30 pièces métalliques. L'ensemble de la démarche est exposée : spécifications, conception, dimensionnement, fabrication, validation, assemblage sur véhicule. Les principaux résultats sont : 12 kg gagnés, 2 min de temps de cycle, validation crash conforme au cahier des charges et intégration sur véhicule compatible avec la ligne d'assemblage.

Dans une deuxième partie, P.O. a présenté des nouvelles technologies telle que la pultrusion thermoplastique associées à des procédés d'injection qui ouvrent la voie à des pièces résistantes et fonctionnalisées (exemple d'une poutre avant).

**Stéphane BETRANCOURT - S.ARA Composites: Lightweight composite coil springs technology for vehicles suspension.**

Après une présentation de S-ARA Composites et de la genèse du projet de développement de ressorts hélicoïdaux en composite (résine époxy + 70% fibres de verre continues), les avantages de cette innovation sont décrits (en particulier, un gain de masse de 45 à 75% / acier, soit 4 à 6 kg et pas de modification de l'implantation dans la suspension, 1,5 à 4 € du kg gagné). Le procédé de fabrication est illustré pour les prototypes (2010), les petites séries (2014) et la grande série (2018). Enfin, les essais de validation sont explicités.

**Mylène LAGARDERE – Mines Douai et François BOUSSU – ENSAIT : MAPICC3D : Thermoplastic composite solutions for automotive application.**

Cette conférence conjointe Mines Douai et ENSAIT a présenté le projet MAPICC3D : les partenaires et les objectifs. Par rapport à un processus de fabrication classique (du textile à la pièce finie), il s'agit d'avoir une approche d'ingénierie inverse : en parallèle du développement des technologies de tissage 3D, une chaîne numérique suit le processus de mise en œuvre, de la génération des préformes à l'évaluation des performances mécaniques des pièces. Les fractions volumiques locales et les orientations des fils sont alors connues et servent de données d'entrée aux modèles de prédiction des performances mécaniques. Des exemples de réalisations de pièces illustrent cette démarche qui permet une optimisation du cycle temps-température-pression et garantit une qualité d'imprégnation acceptable.

**Geert Jan DOGGEN – SABIC: An all-plastic tailgate concept, maximizing weight savings, functionality and styling freedom.**

SABIC décrit son approche pour la réalisation d'un hayon entièrement réalisé en matériaux thermoplastiques : optimisation de la conception par rapport à une solution métallique, prise en compte des performances des matériaux (conception et fabrication) afin d'obtenir le maximum d'allègement, de performances et d'intégrations de fonctions. Les matériaux SABIC utilisés, la démarche de conception, les performances attendues, les validations et les résultats obtenus sont décrits (exemple du hayon Subaru R 1).

**Laurent TAUPIN – Renault: With 1 litre/100km, EOLAB rises to the challenge of ultralow fuel consumption!**

La démarche suivie par Renault pour concevoir EOLAB, un prototype qui explore les voies de l'ultra basse consommation et affiche une valeur de 1 litre/100 km, soit 22 g CO2/km est décrite. Trois fronts ont été travaillés simultanément : la technologie moteur, l'aérodynamique et l'allègement. Concernant l'allègement (-400 kg / véhicule du segment B), les solutions retenues sont : une caisse multi-matériaux acier, aluminium, magnésium et composites. Les solutions composites retenues sont : le plancher central AR (TP + fibres continues estampé), traverse AV et pied B (PA + FV), ouvrants (TP injection), dossier siège AV et dossier

structurel siège AR. Ces allègements, à iso raideur de caisse, constituent un cercle vertueux permettant de réduire la taille et le coût des organes mécaniques et de financer le choix de matériaux onéreux.

## **Conférence de clôture :**

**Jean-Luc BROSSARD – Directeur de programme R&D de la Plateforme de la Filière Automobile : *Plastics and composites contribute to the improvement of the vehicle consumption performance.***

Après avoir synthétisé les travaux présentés lors des deux journées du congrès, rappelé les enjeux de l'allègement et le rôle primordial de la contribution des matériaux polymères à un coût contrôlé, J.L. Brossard a exposé les grands jalons de l'Industrie du Futur qui fait suite aux 34 plans de la « Nouvelle France Industrielle ». Neuf axes de travail sont retenus dont la mobilité écologique (95g de CO2/km en 2021, ce qui signifie un allègement de 250kg/véhicule avec un taux de plastiques par véhicule qui devrait être supérieur à 20%).

Les appels à projets de R&D de la PFA sont ensuite présentés dont le projet FORCE (Fibres de carbone bas coût, 8€/kg) et les deux appels à projets futurs : Initiative PME 2015 et Véhicule routier et mobilité du futur.