

Journée d'étude SIA « OPTIMISATION DES COMPOSITES »

Mercredi 12 Février 2014

IRT SYSTEMX - PALAISEAU

Cette journée d'étude, organisée par la **SIA** (Société des Ingénieurs de l'Automobile – Section Technique « Simulation et Méthodologies associées »), était dédiée à l'optimisation des composites structuraux et s'est tenue à l'**IRT SystemX** à Palaiseau (*Accélérateur de la transformation numérique : l'ingénierie des systèmes du futur au cœur des filières transport, communication, sécurité numérique et énergie ; pour plus d'informations voir : <http://www.irt-systemx.fr/>*).

Ces matériaux, encore rares dans l'automobile, vont bouleverser les processus de conception numérique : Comment paramétrer les formes en lien avec le procédé de mise en œuvre ? Comment modéliser les composites, les assemblages hybrides et à quelle échelle ? Quelles prestations sait-on simuler ? Face à cette complexité, de nombreux défis sont posés pour l'optimisation numérique qui doit devenir un outil incontournable d'aide à la conception afin de proposer les meilleurs compromis coût/masse/prestations.

L'assistance comptait environ 110 personnes composées d'experts des nouveaux matériaux pour l'automobile et de spécialistes français de la simulation et de l'optimisation numérique. Ils ont écouté une dizaine de présentations techniques délivrées tout autant par des chercheurs que des industriels et des éditeurs de logiciels qui ont eu l'occasion de faire la démonstration de leurs nouveaux outils.

La journée était articulée en **trois sessions** abordant les thèmes suivants :

- Les matériaux composites adaptés aux structures automobiles dans un futur proche,
- Les composites en simulation numérique,
- Les apports de l'optimisation et les défis associés.
-

Une table ronde clôturait cette journée.

Session 1 : Les composites, conception et process

Les matériaux composites pour les structures automobiles, Stéphane PANIER, Mines de Douai (présenté par Edmondo DI PASQUALE, Simtech).

Cette conférence a présenté les matériaux composites à fibres continues (généralités, comportement mécanique, endommagement par fatigue, tenue au crash), les procédés de mise en œuvre (moulage en autoclave, procédé RTM, thermo-estampage, surmoulage/comoulage) et les assemblages. En conclusion : les matériaux composites à fibres continues présentent un réel intérêt pour l'automobile grâce à leurs très bonnes propriétés spécifiques en termes de résistances et de rigidités. Leur essor dans l'automobile a été freiné pendant de nombreuses années par des procédés de mises en œuvre trop lents et des coûts de matières prohibitifs. L'amélioration des procédés mais surtout la proposition de résines avec des formulations adaptées permettent maintenant l'utilisation de ces composites pour des pièces de structures automobiles. Malgré les progrès réalisés par les résines thermodurcissables en terme de temps de cycles (procédé RTM HP), les composites à matrice thermoplastique sont plus avantageux en termes de recyclabilité, de temps de mise en œuvre et de nocivité des émissions ; ce sont donc ces composites qui ont le plus d'avenir dans l'automobile. Un des points clés de la démocratisation des composites dépend de l'amélioration de la conception intégrée (du procédé de fabrication jusqu'à l'utilisation finale), comme c'est le cas pour les matériaux métalliques et les pièces thermoplastiques injectées. Cette démarche nécessite des efforts importants de modélisations du choc grande vitesse et de la tenue en fatigue mais également des procédés de mise en œuvre.

Engineering carbon fiber composite material structures for high performance road cars and racing cars, Luca PIGNACCA, Dallara Automobili.

Depuis des dizaines d'années, les matériaux composites renforcés par des fibres de carbone (CFRP) sont largement utilisés dans la conception des voitures de course et ils deviennent de plus en plus courants dans la conception des « super cars ». Les concepteurs peuvent ainsi inventer de nouvelles formes et de nouveaux matériaux. Une profonde compréhension des propriétés des matériaux et de leurs comportements physiques est nécessaire pour en optimiser une plus large utilisation. Cette présentation décrit l'approche de Dallara lors de la conception à l'aide de ces matériaux et plus particulièrement la simulation en fatigue et lors d'impacts. En conclusion, les avantages et les points critiques de cette simulation sont mentionnés.

Conception d'un triangle de suspension composite: procédés et optimisation, Denis ESPINASSOU, CETIM.

L'ONERA et le CETIM ont travaillé ensemble à la conception et à la fabrication d'un triangle de suspension automobile entièrement en composite à matrice thermoplastique, selon des spécifications fournies par PSA. Cette présentation décrit : la conception et la modélisation du matériau et de la structure, le procédé de mise en œuvre, les essais et l'optimisation numérique. Le travail réalisé en 2013 a permis de fabriquer une première version prometteuse : par rapport à la version métallique, la masse passe de 2,4 kg à 1 kg. Les optimisations numériques en cours devraient permettre une conception multi épaisseurs et multi matériaux et une optimisation du procédé de fabrication (nappage intégré).

Session 2 : La modélisation des composites en simulation numérique

Composites for automotive: the challenges of numerical modeling, Laurent ROTA – PSA Peugeot Citroën.

Après un rappel du contexte automobile actuel (\searrow CO2 et masse), cette conférence présente pourquoi et comment utiliser les matériaux composites, compare les conceptions métalliques et composites en particulier au niveau du pré-dimensionnement et décrit les essais et caractérisations nécessaires : simulation des procédés, alimentation des lois de comportement, problématique des assemblages, simulation des prestations choc, acoustique et vibratoire, tenue en fatigue. Un récapitulatif de la maturité des différentes technologies en présence est présenté : comparaison acier, aluminium et procédés de mise en œuvre des composites. Le numérique sera le point clé pour l'introduction des composites structuraux dans l'automobile grande série.

The heterogeneous and multi-phases modelization of composites for automotive lightweighting, Sylvain CALMELS, e-Xstream Engineering.

L'industrie automobile envisage de plus en plus d'utiliser des matériaux composites dans des applications soumises à des contraintes mécaniques sévères (choc, endurance, résistance statique et dynamique, exigences vibro-acoustiques). Les difficultés liées au développement de ces nouvelles applications résident dans la prise en compte de l'influence des procédés de mise en œuvre sur la géométrie et du comportement des microstructures de ces matériaux. La simulation doit aider à définir la conception optimale. Cette présentation montre l'importance de choisir un modèle multi-phase pour simuler précisément le comportement non-linéaire des composites – matériaux à structure hétérogène et anisotrope - et leur dépendance à la vitesse de déformation et à la température. Des exemples d'applications de cette méthode à des pièces automobiles sont présentés et illustrent les avantages acquis lors de la conception de pièces de structure.

Prediction and correction of manufacturing induced distortions of automotive composite parts through simulation, Mathilde CHABIN, ESI.

Les concepteurs et fabricants de pièces en composites doivent s'assurer que les pièces produites présentent des tolérances compatibles avec les phases d'assemblages. Après une présentation des procédés de mise en œuvre pour des productions de masse et des risques de distorsions associés, des techniques de simulation permettant de prévoir les contraintes résiduelles liées à la mise en œuvre et les distorsions rencontrées lors de la fabrication de pièces (matrice TD + fibres continues), la présentation d'une application industrielle est décrite. La démarche à adopter est la suivante : savoir comment la pièce sera déformée après fabrication, rechercher ensuite des solutions à l'aide de la simulation : choix des paramètres de transformation, géométrie du moule...

Cette présentation veut montrer que seule la simulation complète de la chaîne de fabrication permettra de valider une solution permettant de résoudre un problème de distorsion géométrique.

Session 3 : L'optimisation des composites

Composite structures optimization: state of the art, Michael BRUYNEEL , LMS.

Cette conférence se propose de faire un état de l'art de l'optimisation des structures réalisées en matériaux renforcés par des fibres. Les variables et fonctions caractéristiques lors de la conception sont définies. Les différentes formulations sont passées en revue, ainsi que les procédés et les disciplines impliquées dans l'optimisation des structures composites.

Multiscale composite optimization with design guidelines, François-Xavier IRISARRI, ONERA.

Les matériaux composites présentent deux caractéristiques particulières qui influencent les démarches permettant leur optimisation. D'une part, le procédé de mise en œuvre affecte leurs performances structurelles, d'autre part, ils peuvent être décrits à différents niveaux. Cette présentation résume les contributions qui s'adressent à ces deux particularités. Il est montré comment les règles métiers pour la conception peuvent être prises en compte lors de la conception de structures stratifiées grâce à des tables de drapage (*Stacking Sequence Tables*) et des algorithmes évolutifs. Il est également expliqué comment l'optimisation peut être rendue plus performante en travaillant simultanément au niveau de l'épaisseur et des niveaux de stratifications.

Product-process optimization of automotive parts with a process estimator for the RTM process, Benedikt ECK, Ecole Centrale de Nantes.

Le principal challenge pour l'industrie automobile lors de l'utilisation de composites est de réduire l'impact du coût élevé des matériaux par une conception optimale des pièces. Les conceptions doivent être optimisées par la géométrie et les empilements. Toutefois, le procédé de mise en œuvre doit être pris en compte lors de l'optimisation car d'infimes modifications des séquences d'empilement ou de la géométrie peuvent générer d'importantes variations lors de la fabrication. Pour cela, une bonne méthode pour tenir compte du procédé lors d'une optimisation est l'utilisation de « Process Estimators » : des exemples appliqués au procédé RTM illustrent cette démarche comparativement aux méthodes standards et aux méthodes utilisant uniquement la simulation du procédé.

Structural optimization in the design of a composite rail car body, Edmondo DI PASQUALE – Simtech/ Pascal GHYS – Alstom Transport.

Ce travail a été effectué dans le cadre du projet ULTIMAT – UtilisaTion Innovante des nouveaux MATériaux dans la construction ferroviaire – décrit au cours de l'exposé : conception d'un wagon réalisé grâce à des matériaux innovants afin d'atteindre des améliorations significatives au niveau de la masse, du nombre de pièces, des coûts de mise en œuvre et du temps d'assemblage. Pour mener à bien ce projet, un démonstrateur MOD (Multi Disciplinary Optimization) a été développé. L'ensemble de la démarche est décrit : conception, choix des matériaux, simulation, évaluation des performances et des coûts

Table ronde animée par Yves TOURBIER, Renault :

Elle réunissait quatre personnalités confrontées aux problématiques des composites dans l'automobile : Erwan BEAUCHESNE, Altair - Louis DAVID, PSA Peugeot Citroën - Eric VAILLANT, Renault, et Jérôme PASQUIET, Safran Engineering Services.

Un large débat a eu lieu avec la salle afin d'apporter des réponses aux questions suivantes :

- Quel est l'impact des composites dans la conception?
- A quand une intégration des composites dans le processus numérique de conception de l'industrie automobile?
- Quel sera l'apport de l'optimisation dans le processus de conception produit/procédé ?

