



## EMM 2012

6 & 7 juin 2012 - Espace Grand-Bo - Le Grand-Bornand

Les 10<sup>èmes</sup> rencontres européennes de la Mécatronique organisées par Thésame ont porté sur les innovations et les enjeux environnementaux liés à la mécanique intelligente. Le titre « La Mécatronique passe au vert » signale clairement cette orientation environnementale centrée sur la problématique de l'efficacité énergétique. Cette manifestation a couvert, du point de vue du développement durable, plusieurs marchés distincts : habitat, industrie, énergie et transport. Cette manifestation a également permis de faire connaître et essayer des véhicules à zéro émission tout électrique, commercialisés ou au stade de démonstrateur concret de la Mécatronique dans les transports, à l'exemple de celui de NTN SNR.

### Mercredi 6 juin 2012

#### Session Mécatronique et habitat intelligent

**Mécatronique et Habitat Intelligent, le grand témoin : Jean-Philippe Demaël, Directeur général de Somfy Activités**

Cette conférence introductive de Jean-Philippe Demaël permet d'appréhender les enjeux de l'habitat intelligent. Un rappel historique du bon sens mis en œuvre dans les bâtiments et constructions traditionnels au travers des siècles est mis en avant. Ce bon sens se caractérise par une adaptation à l'environnement extérieur et aux besoins intérieurs. Il se retrouve dans les premiers bâtiments avec l'utilisation de matériaux locaux, des ouvertures adaptées par leurs tailles et leurs orientations aux conditions climatiques... M. Demaël cite l'efficacité du positionnement des façades par rapport à l'ensoleillement, les ouvertures de tailles très différentes selon l'exposition à la chaleur ou au froid. Au cours du XX<sup>ème</sup> siècle, du fait d'une construction de masse très standardisée, le bâtiment intelligent s'est malheureusement dégradé. Cette uniformisation de la construction devient alors contraire au bâtiment intelligent.

L'anticipation des futurs enjeux de l'habitat de demain, avec notamment des défis urbains, sociétaux et environnementaux à relever, est une nécessité. En effet, en 2020, le milieu urbain devrait concentrer 70% de la population mondiale. Dès 2015, 300 villes abriteront plus de 2 millions d'habitants et 150 cités plus de 4 millions de résidents. Dans le même temps, la société doit faire face au vieillissement de la population, qui demande des conditions adaptées de confort et de sécurité pour leur permettre un meilleur maintien à domicile.

Les défis environnementaux liés au développement durable et à la réduction des gaz à effet de serre sont immenses pour le futur. En effet, le bâtiment correspond à environ à 40% de la consommation énergétique et à un peu plus du tiers des émissions de CO<sub>2</sub>. Aussi, la question suivante se pose : « comment diviser par quatre nos émissions à l'horizon 2050, sans réviser radicalement la construction dans une logique de développement durable ? »

Enfin, il convient de répondre à un enjeu citoyen, en sachant que le poste logement reste le premier budget dans les dépenses des ménages : comment en finir avec le mal logement qui concerne 3,7 millions de personnes en France et offrir des solutions économiques adaptées pour tous ?

Pour en finir avec les enjeux et évolutions majeures, il convient de souligner les opportunités des technologies qui placent l'intelligence au cœur de la matière. Parmi les mutations technologiques, on note l'innovation dans les matériaux avec les exemples des vitrages intelligents ou de surfaces



adaptatives. On met en lumière aussi la montée en puissance de l'Internet mobile avec des applications directes de pilotage de l'habitat à distance. En complément de ces grands défis, il faut prendre en considération un élément fondamental : 99% de l'habitat de 2020 est déjà construit. Notez par ailleurs que pour la France, les 2/3 des logements ont été construits avant 1975. Il faut donc faire évoluer le parc existant.

Dans ce contexte, pour répondre aux enjeux et contraintes déjà exposés, le bâtiment intelligent de demain sera construit à partir de matériaux locaux et adaptés. Il sera adapté à son climat. Il devra être dynamique et évolutif, c'est-à-dire qu'il devra s'adapter tout au long de l'année aux températures extérieures, par exemple, mais aussi à l'âge et aux besoins de ses habitants. A titre d'illustration, on note la gestion automatique de la façade pour laisser entrer la chaleur en hiver mais aussi maintenir la fraîcheur en été. Le bâtiment intelligent devra aussi être davantage interrogeable et pilotable à distance. Enfin, il devra marier de plus en plus des univers qui étaient jusqu'ici séparés, avec une convergence des technologies (automatismes, télécoms, Internet, sécurité, électricité...).

Les conditions de succès du bâtiment de demain peuvent se résumer en trois points : simplicité, prix abordables et solutions évolutives. La simplicité se conçoit à la fois pour l'utilisateur, avec une ergonomie et des automatismes bien étudiés, mais aussi pour les installateurs des systèmes. Le critère économique se montre déterminant pour assurer le retour sur investissement des solutions techniques mises en œuvre, et leur diffusion.

M. Demaël présente les résultats d'une enquête consommateur de Somfy, réalisée il y a deux ans, qui témoigne des véritables attentes des utilisateurs sur la domotique. Tout d'abord, 56% considèrent la domotique extraordinaire. 75% souhaitent être « tranquilles » avec le plus de services possibles, 73% se montrent favorables à un fournisseur unique de solution intégrée et 58% désirent piloter tous les équipements avec une seule télécommande.

La conférence se termine sur des messages très encourageants pour la France et son industrie. Les opportunités liées aux bâtiments intelligents du futur devraient créer de nouveaux métiers et emplois afin de mettre en œuvre ces nouvelles solutions. De grands acteurs nationaux occupent une position de leaders à l'échelle internationale dans les métiers et activités liés au bâtiment durable intelligent : Saint Gobain, Legrand, Schneider, Somfy...

Lors de la session de questions/réponses, deux catégories de problématiques se dégagent : les questions économiques et sociales d'une part et les solutions technologiques d'autre part. Pour le premier domaine, on note le rôle de la fondation Somfy pour réduire l'exclusion, le potentiel en Haute Savoie, la priorité donnée à la sécurité et à l'économie dans les attentes des clients, les réponses apportées pour les personnes âgées et enfin le lobbying en faveur du bâtiment intelligent auprès des architectes, promoteurs, constructeurs et investisseurs.

Pour le second domaine, celui de la technologie, plusieurs sujets sont évoqués. Parmi ceux-ci, la maison multi protocole radio, les acteurs hétérogènes en termes de métiers et de technologies (spécialistes des automatismes de la construction, électriciens, opérateurs téléphoniques...), le processus d'intégration de fonctions multiples et l'expérimentation.

## **CANOPEA du bâtiment intelligent à l'écosystème urbain interconnecté : Maxime Bonnevie, Architecte & Project manager Canopea**

Cette conférence est centrée sur le projet CANOPEA du team Rhône-Alpes qui va participer à la compétition universitaire Solar Decathlon, à Madrid, en septembre 2012. Cette compétition confronte plusieurs équipes internationales qui concourent pour construire, en quelques jours et sans toucher au sol, le meilleur bâtiment éco responsable, innovant, efficace en énergie, confortable, agréable à vivre et viable économiquement. Une dizaine de critères et un potentiel de 1 000 points servent à départager les constructions des candidats engagés.

Le projet CANOPEA est un concept de nano-tour avec un logement intégré par étage. Le dernier étage fait l'objet d'une utilisation partagée. Le concept de nano-tour fait partie d'un réseau de tours

du même type avec des interfaces communes et des systèmes de récupération énergétique comme la géothermie. Ce concept s'inscrit dans un éco quartier. Plusieurs projets ou réalisations sont évoqués autour de ce concept de nano-tours : la Caserne de Bonne à Grenoble, le Carré de Soie à Lyon, l'Isle d'Abeau. Pour le concours, seuls les deux derniers étages seront montés. La conception du toit permet de générer de l'énergie à partir du solaire ; quant à la partie supérieure commune, elle a une très forte dimension conviviale car partagée via l'utilisation des réseaux sociaux.



Le projet Canopea\* proposé par la team Rhône-Alpes : un ensemble de nano tours, intégrées à un eco-système urbain

Le concept s'articule autour de trois termes :

- Core : les éléments centraux sont préfabriqués ce qui favorise la rapidité de la construction,
- Skin : le bois et la filière locale sont utilisés comme matériaux isolants des façades, avec un souci de proximité de la ressource,
- Shell : on note la combinaison de solaire thermique et photovoltaïque pour contribuer à l'efficacité énergétique de la construction.

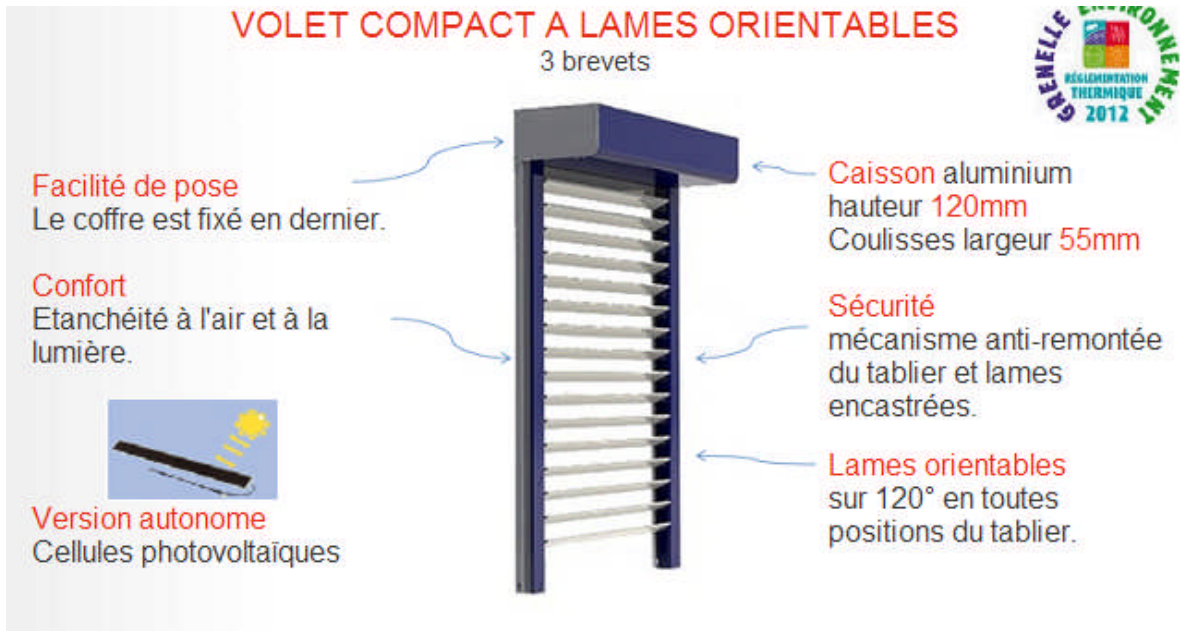


## **Gestion intelligente de l'énergie dans le bâtiment : Sébastien Cadeau-Belliard - Vesta System**

Vesta System est une entreprise spécialisée dans le dimensionnement et la gestion énergétique du bâtiment qui propose des solutions logicielles dédiées à l'efficacité énergétique. Cette conférence explique les enjeux de la conception et l'optimisation des installations pour parvenir à la meilleure efficacité énergétique. Son point de départ consiste à miser sur une adaptation dynamique aux préférences des utilisateurs par la prédiction. Les paramètres sont multiples et dynamiques et très hétérogènes. La météo varie, le prix de l'électricité évolue, les usagers peuvent changer la structure et l'utilisation des locaux à leur convenance, la production locale d'énergie doit parfois être intégrée, et demain la recharge de véhicules électriques devra être envisagée dans certaines installations. Ces nombreux paramètres et leurs variabilités rendent complexe l'optimisation énergétique. L'idée consiste donc à accompagner l'utilisateur dans une installation bien dimensionnée, à contrôler sa consommation énergétique par une solution logicielle avec des effets d'apprentissage et de promotion de bonnes pratiques. Ainsi, un constructeur de bâtiments tertiaires peut, par exemple, disposer dès la construction d'un système de gestion énergétique dynamique pour un pilotage précis et personnalisé de chacun de ses bureaux.

## **Volets hybrides, un exemple de développement Mécatronique multifonctionnel : Lionel Planquette, CimTech Ingénierie**

CimTech Ingénierie exerce une activité de bureau d'études Mécatronique à Rennes et propose, entre autres, une solution de volets hybrides. On trouve, comme toujours, une réglementation qui va renforcer les exigences thermiques des futures constructions, avec une approche globale et renforcée de l'efficacité énergétique. Les ouvrants, avec les ponts thermiques associés, doivent intégrer ce renforcement des exigences. Les ouvrants devenant plus larges et orientés au sud pour la chaleur conviennent bien en hiver, mais posent des problèmes thermiques et d'exposition à la lumière en été. Le point de départ consiste à associer dans un même système les atouts du volet roulant avec ceux d'un brise soleil orientable (principe du store vénitien). Le volet roulant motorisé apporte de nombreuses fonctions utiles : automatisme, télécommande, protection thermique, obscurité parfaite, sécurité des biens et des personnes... Le BSO (Brise Soleil Orientable) procure une gestion fine de l'apport de luminosité parfaitement modulable, avec une limitation de l'apport thermique solaire. La solution se compose de modules pré-assemblés, les clients ciblés sont les assembleurs de volets roulants motorisés. La solution intègre, dans sa conception, une approche plug and play, un double bloc moteur synchrone gauche et droite, un actionneur linéaire pas à pas et une installation dans un coffret, qui est fixé en dernier.



## De la micro génération d'énergie à la macro économie d'énergie : Jean-Frédéric Martin, CEO Arveni

Arveni est reconnu comme spécialiste des micros générateurs. Les micros générateurs convertissent l'énergie mécanique environnante en électricité avec un haut rendement, ils deviennent donc une nouvelle source d'énergie renouvelable. Les produits, les micros générateurs (energy harvester) sont destinés à l'alimentation des applications simples sans fil (wireless) et aux réseaux de capteur sans fil (wireless sensor networks). Il s'agit de transformer une énergie mécanique de l'environnement, par exemple une vibration, la pression d'un doigt en électricité, en utilisant le principe physique de la piézoélectricité. Sa technologie brevetée, basée sur la piézoélectricité, génère plus de 13 fois plus d'énergie qu'une dynamo. Une des premières applications a été la télécommande de TV sans pile pour Philips. Les applications possibles sont très nombreuses dans le bâtiment. On note ainsi l'automatisation de la maison : interrupteur sans fil ou détection d'ouverture. Des applications de capteurs autonomes sont également très intéressantes. Ainsi, pour le Réseau Ferré de France, la technologie permet d'alimenter les capteurs installés sur les voies en récupérant l'énergie des vibrations. Le besoin et l'intérêt de la récupération d'énergie s'expliquent aussi par les gains économiques possibles dans le coût des installations. Dans certains cas, 80% de ce coût est lié à la technologie d'alimentation électrique filaire. Supprimer cette contrainte par un micro générateur sans fil permet de fortes économies.



Jeudi 7 juin 2012

## Session Mécatronique et énergies durables

### **DESERTEC, les grands témoins - Dr. Olivier Steinmetz, membre du conseil de surveillance Fondation Desertec ; Francis Petitjean, cofondateur et coordinateur pour la France de la Fondation Desertec**

La conférence Desertec débute par une image et une ambition forte, une énergie propre venant des déserts. « Les déserts reçoivent en 6 heures plus d'énergie solaire que n'en consomme toute l'humanité en toute une année ». Il faudrait exploiter largement cette énergie solaire issue des déserts, complétée par toutes les autres énergies renouvelables de manière pragmatique et ouverte. Quelques chiffres clés à l'échelle mondiale peuvent éclairer les enjeux sur le long terme. On prévoit en 2050 une consommation électrique mondiale de 60 000 TWh. A cette date, 25 000 TWh pourraient provenir des déserts pour une surface utilisée égale à seulement 0,31% de leur surface totale. On note au passage que la désertification progresse chaque année. De plus, compte tenu de la géographie et des contraintes de distribution et de disponibilité, près de 90% de la population mondiale pourrait bénéficier de cette énergie propre en provenance des déserts (car située à moins de 3 000 kms d'un désert).

Pour l'Union Européenne, le Moyen Orient et l'Afrique du Nord, une étude scientifique a été conduite sur les potentiels des différentes énergies renouvelables, à l'horizon 2050. En 2050, le besoin en énergies renouvelables pour cette zone se situe à 7 500 TWh/an. Les différentes énergies renouvelables en Europe correspondent, à cette échéance, aux potentiels suivants : hydraulique (1 350 TWh/an), éolien (1 950 TWh/an), géothermie (1 100 TWh/an) et biomasse (1 350 TWh/an). Le solaire se distingue par son énorme potentiel : 630 000 TWh/an. Pour l'Europe, le Moyen Orient et l'Afrique du Nord, un projet global et un scénario énergétique sont proposés jusqu'à 2050, qui comprennent notamment l'essor des énergies renouvelables, la diminution des ressources fossiles et une forte importation du solaire en Europe. Pour ce dernier point, il a été avancé que l'Europe pourrait gagner 10 à 15 ans dans son combat contre le réchauffement climatique en important 15% de sa consommation issue d'une énergie propre en provenance du désert.

Au-delà de ces projections sur le long terme, des réalisations concrètes sont évoquées. Le site Andasol 1 en Espagne, d'une capacité de 50MW, fonctionne grâce à la technologie de centrale à concentration. Il est équipé de 210 000 miroirs avec stockage thermique par du sel fondu qui lui permet de produire 7 heures en pleine nuit. Le site de Puerto Errado en Espagne opère avec le système Fresnel, dont l'optique concentre la lumière solaire. On note l'utilisation de robot de nettoyage et le refroidissement d'une partie des installations par air. La tour solaire de Gemasolar en Espagne, capable d'alimenter 25 000 foyers, est également citée comme exemple des futures installations possibles. Un autre système à El Hierro, dans les îles Canaries, illustre la possibilité d'autonomie énergétique hors du solaire en combinant l'éolien et l'hydraulique.

La conférence se termine sur la question importante du coût de l'énergie. Ainsi, le coût du KWh nucléaire, compris entre 4 et 8 centimes, voit se rapprocher celui de l'éolien, 6,5 à 8 centimes, en sachant que le prix des énergies renouvelables va tendre à la baisse. Dans ce contexte, les projections du GIEC, qui anticipent une possibilité de 80% d'énergies renouvelables en 2050, gagnent en crédibilité.

En conclusion, il a été rappelé, entre autres, l'esprit de coopération entre le nord et le sud en matière énergétique et les nouvelles opportunités de développement d'affaires purement Mécatronique, liées à la mise en œuvre des projets prévus dans Desertec. Le cas des traqueurs pour le pilotage des miroirs et la robotique de maintenance des installations sont cités comme exemples concrets de développement.



## **Le rôle clé de la Mécatronique pour le photovoltaïque à très haut rendement : Mathieu Baudrit, INES**

La conférence concerne le rôle de la Mécatronique dans la réduction des coûts et l'amélioration de l'efficacité du photovoltaïque. Plusieurs approches de réduction des coûts complémentaires sont mises en œuvre. Le travail sur les procédés de fabrication constitue une voie, l'emploi de couches minces et de nouveaux matériaux représente une autre piste, enfin la concentration de l'énergie solaire focalise l'essentiel des enjeux liés à la Mécatronique. Dans la technologie à concentration, on tend à des approches multi-couches à haut rendement. Le besoin majeur dans la technologie à concentration consiste à traquer, en la suivant de manière ultra précise, la course du soleil pour en capter l'énergie. Le but consiste à parvenir à un alignement parfait, avec une précision de plus ou moins 0,1 degré. Les traqueurs peuvent participer à des systèmes en carrousel ou sur pylône par exemple. Un traqueur peut représenter jusqu'à 20% du coût d'une installation. Sur le plan mécanique, le traqueur doit supporter une charge de 50 kilos au m<sup>2</sup>, résister au vent de plus de 60 km/h et à la poussière, le tout avec un minimum de maintenance. Du point de vue de l'électronique, la basse consommation est recherchée avec une surveillance sans fil à distance, combinée à la maintenance et à la fiabilité des algorithmes favorisant l'auto apprentissage et de bonnes stratégies de suivi de la lumière. Quelques chiffres sont avancés pour mieux mesurer les enjeux économiques. Un système installé revient à 3,4€/W, chaque traqueur correspond à 15 KW pour une surface de 10 mètres sur 5 environ. Le défi consiste à proposer un traqueur à 10 000 €, d'une durée de vie de 25 ans, avec toutes les caractéristiques élevées déjà évoquées. Pour mémoire, de nombreux fabricants de traqueurs rustiques se sont montrés défaillants faute de solutions techniques au bon niveau.

Les opportunités de marchés s'appréhendent avec plusieurs prévisions de l'essor du solaire. D'ici 2013, 50 MW seront installés en France, 600 MW à l'horizon 2020 ; 1 GW pour l'ensemble de l'Europe. En Asie, 100 MW sont prévus en 2015 et 500 MW en 2020. Pour le continent américain, 12 GW sont attendus d'ici 2018. Le Moyen Orient et l'Afrique du Nord ont un potentiel d'au moins 20 GW d'ici 2020. Une estimation très approximative (il n'y a pas 100% du parc équipé de traqueurs) pour l'Europe détermine à environ 3 000 le besoin en nouveaux traqueurs en se basant sur 15 KW par traqueur. La richesse en composants mécaniques et les défis en Mécatronique devraient susciter beaucoup d'intérêt sur ce sujet.

## **Système de surveillance pour les éoliennes : Michel Astier et Edil Alvarez, IFM Electronics**

IFM Electronics, groupe allemand de 4 000 personnes et réalisant 560 M€ de chiffre d'affaires, se positionne en spécialiste de la détection et des capteurs avec une production de 10 millions de capteurs par an environ. Le groupe consacre 10% de son CA en R&D et détient 390 brevets. La surveillance des éoliennes représente des enjeux très importants dans la rentabilité et le bon fonctionnement des parcs installés. En effet, il convient d'éviter l'arrêt et donc la perte de production autant que possible. Par exemple, la prévention d'une défaillance d'un multiplicateur sur une éolienne permet d'éviter la casse et de stopper pendant près d'un an la génération d'énergie. Le remplacement d'un équipement brisé implique souvent de longs délais d'approvisionnement, parfois près d'un an pour ce type de système. La détection des défauts dès leur apparition permet ainsi d'éviter la détérioration des pièces voisines liées au composant altéré. Enfin, la surveillance permet la réalisation d'un bilan indispensable à l'issue de la période de garantie. Une illustration réelle, basée sur le cas d'un roulement défectueux, a été présentée pour appréhender l'intérêt économique de la mise sous surveillance des éoliennes. Un changement anticipé grâce à la surveillance, avec deux jours d'intervention, coûte moins de 10 000€. La casse, en revanche, peut provoquer un arrêt des machines d'un à deux mois, ce qui est très coûteux, auquel il faut ajouter un coût d'intervention estimé entre 25 000 et 60 000 €.



Sur le plan technique, la surveillance se fonde sur l'analyse vibratoire de la chaîne cinématique. Les surveillances principales concernent la génératrice, le multiplicateur et le roulement principal. Le tout se fait en temps réel, à distance, avec des écrans de supervision qui indiquent l'état des systèmes principaux de chaque éolienne d'un parc. IFM Electronics revendique déjà la surveillance de plus de 2 000 éoliennes dans le monde.

### **Un petit composant indispensable pour sécuriser la maintenance des installations de production d'énergie (nucléaire) : Jean-Eric Maurier, EDF & Robert Jay, Pdg UXP**

La conférence se concentre sur le composant NanOptral, un calculateur d'automatisme polyvalent. Il est utilisé lors des arrêts programmés des tranches nucléaires pour les opérations de maintenance, obligatoires tous les 12 à 18 mois, avec renouvellement d'un tiers du combustible lors de cette période. Pour résumer cette solution, il s'agit d'un convertisseur universel, utilisé pour collecter les informations utiles pour le superviseur de sécurité et de radio protection lors de ces phases de maintenance. Cela constitue une interface de chantier dans un milieu très spécifique, celui des installations nucléaires. Son aspect universel en termes de détection est fortement mis en avant (fonctionnement d'une pompe, d'un compresseur, niveau de puisard, alarme d'appareil de mesure, contact de porte...). Ses nombreux capteurs sont également soulignés. Cette solution s'inscrit dans des systèmes, des organisations et des procédures très sécurisés, avec par exemple des systèmes d'aspiration aux performances extrêmes. NanOptral, par son efficacité et sa simplicité, a permis la création de nouvelles lignes de défenses très fortes dans la sûreté nucléaire.

### **Application de la technologie Mécatronique « roulement capteur » pour les énergies renouvelables : Olivier Message, SKF France**

La conférence débute par une segmentation des différentes technologies et applications liées aux énergies renouvelables qui concernent SKF. Ainsi, dans le solaire, deux blocs sont distingués : le photovoltaïque et le solaire thermique à concentration. Dans toutes ces technologies solaires, on trouve des traqueurs et donc des roulements qui mobilisent SKF. Dans le photovoltaïque, les systèmes à concentration fonctionnent avec 2 axes. Dans le solaire à concentration, les quatre technologies opèrent avec un ou deux axes.

L'accent est ensuite mis sur le fort taux de croissance des différents marchés du solaire. Dans le photovoltaïque, en 2015, le taux de croissance à l'échelle internationale des technologies à concentration (150%) dépassera celui des systèmes non concentrés (40%). Pour les systèmes solaires thermiques à concentration, un taux annuel de croissance de 45% est annoncé. Les autres énergies renouvelables, comme l'éolien, doivent faire face à plusieurs évolutions : relever le défi de l'accroissement des tailles des machines tournantes en offshore ou encore trouver des solutions à la pénurie / fluctuation de terres rares chinoises. Ainsi, la R&D sur la ferrite trouve une nouvelle vigueur pour constituer une option alternative aux moteurs contenant ces fameuses terres rares. Sur un plan plus général, celui des composants en Mécatronique pour toutes les énergies renouvelables, plusieurs défis technologiques se présentent. Parmi ceux-ci, on note l'intégration, la compacité, la fiabilité sur la longue durée, la résistance aux températures, l'encapsulation et l'emploi de nouveaux matériaux. SKF poursuit son intervention sur des messages institutionnels de l'entreprise, comme la création d'un domaine d'activités renouvelables et la philosophie BeyondZero qui permet à ses clients de réduire leur propre impact environnemental (ex : Roulement SKF Nautilus pour le segment de l'énergie éolienne). Dans les quelques applications évoquées directement et liées aux renouvelables, on retrouve une nouvelle fois le traqueur solaire. Le sujet des moteurs électriques fait l'objet de commentaires. SKF signale miser sur plusieurs tableaux en proposant des composants pour les moteurs asynchrones et aussi pour ceux à aimant permanent.





## **La modélisation multi physique pour une meilleure gestion énergétique des procédés industriels : Arnaud Cislin, ITI**

Cette conférence, très axée sur la partie modélisation, simulation et performance du logiciel met aussi en lumière les contraintes et les enjeux énergétiques pour les installations industrielles. Un client comme Veolia peut utiliser les fonctions très puissantes du logiciel de simulation pour concevoir et optimiser les solutions énergétiques. Le cas de la production et du transport d'énergie est aussi proposé. Pour une centrale nucléaire, la simulation traite plusieurs formes de paramètres comme la gestion eau froide et chaude, la vapeur d'eau, l'air comprimé. Un processus global systémique doit être sous contrôle avec la surveillance de la pression, de la température, de la qualité de l'air et des pollutions éventuelles. Dans l'industrie, un autre cas est vite évoqué. Il s'agit de la production d'air comprimé pour les systèmes pneumatiques et le système de chauffage à air pulsé. La régulation n'est pas aisée, la solution logicielle permet en fonction des nombreuses contraintes de gérer les critères de contrôle comme le renouvellement des filtres, le dimensionnement de la chaudière et du compresseur avec optimisation des fonctionnements. La solution logicielle offre la possibilité de simuler et de modéliser la combustion pour des systèmes de moteurs et turbines, mais aussi de concevoir des pompes à chaleur.

### **Session Mécatronique et nouveaux modes de transports**

#### **Conférence du grand témoin - Jérôme Perrin, directeur des projets avancés CO2, énergie, environnement, Renault**

La conférence débute pour l'industrie automobile par le cadrage classique des défis environnementaux de réduction des gaz à effet de serre, de pollution, de limites en ressources naturelles et de gestion des déchets. La feuille de route pour réduire les émissions de CO2 et les autres rejets est présentée. La convergence mondiale de réduction des émissions et de la consommation est soulignée (Europe, USA, Chine...). Pour Renault, en Europe, il est prévu d'atteindre la cible moyenne constructeur de moins de 95g de CO2 au km en 2020. Dans l'intervalle, pour la norme Euro 6 en 2014, l'intervenant fait la distinction entre les moteurs à essence, en position plus favorables, et les motorisations diesel, beaucoup plus contraignantes en termes de problématique de réduction de NOx. Plus globalement, atteindre la barre des 95g de CO2 au km implique la mise en œuvre simultanée de plusieurs solutions complémentaires : allègement du véhicule, aérodynamisme, optimisation du roulement, optimisation des moteurs thermiques (essence & diesel) et bien évidemment électrification de la traction des véhicules.

Un commentaire est apporté sur les ambitions de Renault pour la Zoe ZE. En effet, intégralement conçue pour l'électrique et d'un gabarit, coût comparable à une Clio, le succès commercial pourrait sourire, contrairement aux débuts difficiles des autres modèles électriques. La valeur symbolique du million de ZOE ZE vendues sur toute la durée du programme est ciblée. Le conférencier réalise aussi un cadrage global de la relation entre la réduction des émissions de CO2 et le surcoût de l'électrification croissante de la propulsion des véhicules. Aux deux extrêmes de la matrice, on trouve pour la partie minimaliste de l'électrification le Stop & Go, peu coûteux, quelques centaines d'euros, mais un potentiel de réduction des émissions autour de 10%, selon les conditions de circulation. A l'autre extrémité, le 100% électrique fonctionne avec zéro émission mais il ajoute plus de 10 000 € au véhicule, avec des écarts selon les modèles. La gamme zéro émission de Renault fait l'objet d'une courte présentation. Ainsi la ZOE, prévue à la vente en septembre 2012, propose une autonomie améliorée sur cycle normalisée de 220 Kms, une puissance de 60 KW et une vitesse maximale de 135 km/h. Il faut noter aussi que ce modèle prévoit la possibilité d'un changement de batterie en 3 minutes et une recharge rapide entre 30 minutes et une heure.



La question clé de l'autonomie et de l'usage réel des véhicules électrique fait l'objet de développement car elle constitue un frein pour les clients potentiels des véhicules électriques. Premier point, les 120 kilomètres d'autonomie seront atteints sans problème dans l'utilisation réelle de la ZOE, ce qui suffit largement à la plupart des clients, notamment en milieu urbain. L'intervenant rappelle les statistiques bien connues des usages des véhicules en Europe : 87% des trajets journaliers sont en dessous de 60 km, 32% des véhicules du segment B ne font jamais plus de 150 km dans la journée. Ensuite, la démonstration comparative entre un véhicule électrique et un modèle thermique met en évidence le potentiel significatif de réduction de CO<sub>2</sub>, toujours dans l'approche du puits à la roue. Il insiste aussi sur cette notion d'émission de CO<sub>2</sub> du puits à la roue, pour appuyer la pertinence du choix des motorisations électriques en France notamment, qui bénéficie d'une électricité peu carbonée grâce au nucléaire et à l'hydraulique. Pour la France et son « mix électrique » favorable sur la base du modèle Fluence E ZE, on parvient à 12 g seulement par km, avec un fonctionnement à émission zéro et sur une électricité produite et distribuée à faible empreinte carbone. Avec le même modèle en Europe, sur la base de la moyenne carbone de la production électrique, on atteint 62 g. Une Fluence essence se situe à 176 g ; son équivalent diesel à 133 g. Le véhicule électrique constitue donc une piste intéressante vers la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, particulièrement avec les nouvelles générations de voitures électriques à venir, conçues intégralement pour ce mode de propulsion. A ce sujet, la ZOE E correspond à la seconde génération de VE, une troisième est prévue pour la période 2015 à 2020. Ensuite, une cartographie complète des domaines d'innovations liées aux VE est proposée. Elle propose une classification en 5 domaines, qui sont autant d'espaces de marchés ou de projets à investiguer :

- Le premier concerne le groupe moto propulseur électrique (la machine électrique, chargeur et onduleur, l'intégration Mécatronique, l'architecture électrique et électronique, la gestion thermique avec la problématique du refroidissement et de la mise en température à froid).
- Le second domaine se rapporte aux batteries.
- Le troisième à la gestion d'énergie à bord (consommation des auxiliaires, climatisation chauffage, récupération d'énergie...).
- Le quatrième volet correspond à la connexion à l'infrastructure (échange de batteries, recharge rapide et recharge sans fil avec l'induction, les futurs échanges d'énergie entre le véhicule et la maison et entre le véhicule et le réseau électrique...).
- Le cinquième domaine concerne l'extension d'autonomie (groupe électrogène embarqué, pile à combustible à hydrogène, hybrides rechargeables...).

Toutes les technologies sont en cours de développement et d'amélioration avec plusieurs projets de démonstrateurs de véhicules qui intègrent les avancées. On retient le projet Velcri (véhicule électrique à recharge rapide intégré), le projet Vega Thop (grande autonomie et optimisation de la gestion thermique). Le projet Cineli explore le chargeur à induction électrique. Le démonstrateur Vel Roue s'intéresse à la voie hybride du moteur roue avec moteur essence pour l'avant et deux moteurs électriques situés près du train arrière. On note aussi le Kangoo, doté d'un prolongateur d'autonomie avec une pile à combustible alimentée en hydrogène.

Sur le plan de l'électrification, l'intervenant dresse un panorama rapide des applications à faible puissance électrique dans une logique d'assistance aux dispositifs (pompe à carburant, transmission, direction...). Cela diffère des applications à forte puissance pour la chaîne de traction du tout électrique (moteurs, modules de puissance,...). L'électrification provoque des évolutions assez fortes dans l'architecture électrique et électronique du véhicule. Elle implique la disparition de certains composants ou modules traditionnels devenant redondants ou inutiles. Parmi ceux-ci, pour les véhicules hybrides on note : le démarreur et le générateur électrique. En revanche, toujours pour les voitures hybrides, on trouve de nouveaux composants additionnels. Dans cette catégorie, on retient notamment : la direction assistée électrique, l'assistance au freinage électrique, le câble à haut voltage, l'électronique de puissance, l'intégration de la boîte de vitesse, le moteur électrique et la batterie. Pour les voitures hybrides rechargeables, il faut ajouter des composants supplémentaires aux derniers cités : climatisation et chauffage électrique, un câblage à haut voltage incluant la connectique, une électronique de puissance



dotée d'un chargeur, un moteur et un système de batteries, tous les deux plus puissants. En résumé, il y a peu d'effet destructeur lié à l'arrivée du véhicule hybride, mais davantage de composants ou modules additionnels.

Par contre, les choses évoluent radicalement avec le véhicule 100% électrique. Pour les composants ou modules additionnels, on trouve des similitudes avec les modèles hybrides. La machine électrique devient beaucoup plus puissante, de 50 à 200 KW, avec une batterie de bonne capacité de 10 à 15 KWh. Dans les composants et modules similaires, on retrouve donc la climatisation et le chauffage électrique, la direction assistée électrique, l'assistance au freinage électrique, un câblage à haut voltage, une électronique de puissance avec chargeur, une transmission à vitesse unique. Il convient en revanche de noter la disparition de systèmes inutiles ou redondants tels que le système auxiliaire de démarreur, le générateur électrique, le moteur à combustion, la boîte de vitesse, le refroidissement lié au moteur à combustion, l'apport en carburant (réservoir, pompe...) et le système d'échappement.

Le conférencier propose aussi de distinguer sept macros modules spécifiques aux véhicules hybrides et électriques : les batteries, le moteur électrique, l'électronique de puissance, la transmission, les autres composants clés (gestion thermique, câblage de haute tension, freinage récupératif, systèmes de contrôle moteur & véhicule), l'intégration système et l'infrastructure de recharge. Au-delà de la chaîne de traction électrique du véhicule, on note une tendance à la substitution de composants mécaniques par des dispositifs électroniques. Ainsi, pour le freinage électronique en conception (brake-by-wire), les pistons, les câbles et l'hydraulique se voient remplacer par un capteur de pédale, des connexions électriques et des freins électromécaniques. La transmission manuelle avec son levier, sa boîte de vitesse, sa pédale d'embrayage et ses câbles peut évoluer en faisant disparaître ces éléments, remplacés par une unité Mécatronique avec un contrôleur électronique notamment. L'innovation dans le contrôle de valve électronique agit sur la disparition des dispositifs conventionnels (arbre à came, courroie, injection), remplacés par des actionneurs et des capteurs de positions. L'innovation possible dans la direction électrique en conception (steer-by-wire) vise à remplacer la colonne de direction et l'unité hydraulique par des solutions de substitution comme la direction assistée électrique, le moteur de direction, le contrôleur, les valves... Le progrès dans le starter générateur consiste à remplacer dynamos, courroie et démarreur séparé, par une solution complète de démarreur intégré.

Une feuille de route en cinq parties pour les objectifs et défis à relever en Mécatronique est proposée :

- Le premier défi consiste à rendre abordable l'électrification et les innovations avec l'objectif de diviser par 5 le prix de la Mécatronique à 10 ans.
- Le second consiste à améliorer la performance en gagnant 10% de rendement pour la Mécatronique de puissance (passer de 80 à 90% à 10 ans).
- Le troisième concerne les machines électriques. L'objectif est de supprimer les terres rares et de trouver de nouvelles topologies.
- Le quatrième défi consiste à améliorer la compacité en multipliant par deux la densité de puissance massique des moteurs électriques et de doubler la densité de puissance volumique des onduleurs et convertisseurs.
- Le cinquième défi consiste à améliorer l'électronique de puissance par l'introduction de nouveaux matériaux et la généralisation de système de refroidissement diphasique.

La conférence se conclut par la présentation de VeDeCom, Institut du véhicule décarboné et communicant et de sa mobilité, que va prochainement diriger Jérôme Perrin.

## **Navette urbaine hybride hydraulique : Eric Noppe, Université de Technologie de Compiègne**

Cette conférence offre la possibilité de mettre en avant les atouts et les spécificités de la technologie hybride hydraulique. L'hybridation hydraulique se caractérise par une forte densité de puissance. Son énergie reste limitée mais sa restitution est instantanée. Cette hybridation



hydraulique se montre donc bien adaptée pour le freinage régénératif. Lors du freinage, la pompe hydraulique remplit un accumulateur hydro pneumatique (création d'un couple de ralentissement). Au moment du redémarrage, l'actionneur rotatif agit en moteur hydraulique qui utilise l'énergie stockée pour relancer le véhicule. Cette solution d'hybridation hydraulique parallèle bénéficie d'un rendement d'environ 70% sur le cycle complet (freinage / accélération). L'économie de carburant se situe entre 15 et 25% grâce à cette technologie. Les étudiants de l'Université de Technologie de Compiègne vont travailler sous la forme d'un atelier projet. Celui-ci consiste à développer un démonstrateur sur la base d'un bus urbain (base Renault Master) pour mettre en œuvre cette hybridation hydraulique. Poclairn hydraulics va fournir les composants principaux liés à ce projet.

### **Optimisation énergétique d'un véhicule électrique par la mise en œuvre d'un moteur roue et des systèmes « by wire » : Hervé Lénon, responsable produits innovants et Mécatronique NTN-SNR & E. Asano, NTN Japan EV Project Manager**

NTN SNR met tout d'abord l'accent sur la problématique d'optimisation énergétique en montrant les solutions pour réduire les frictions mécaniques. Il s'agit d'une approche globale et systémique dans une logique Mécatronique de systèmes en rotation qui comprend tous les dispositifs en lien avec la roue (moteur, frein, réducteur, convertisseur, capteur). Un des points clés concerne la démultiplication et le choix d'un réducteur dans le concept de moteur roue proposé par NTN SNR. La solution de NTN SNR se compose d'un lien entre un moteur électrique couplé à un réducteur, lui-même en prise avec un roulement, le tout agissant de manière démultipliée dans la roue elle-même. Cette solution diffère nettement des autres concepts de moteur roue par entraînement direct (moteur relié en direct au roulement pour entraîner la roue). Le moteur conçu par NTN SNR, d'une conception radiale synchrone à aimants permanents, a fait l'objet d'une modélisation très poussée. Cette conception spécifique du moteur réduit les pertes de puissance et de température, permet la compacité et la possibilité de refroidissement par air, même à haute vitesse. La technologie de moteur roue intelligent est disponible en deux gammes de puissance. Une version de 4 KW correspond aux besoins des petits véhicules urbains propres, limités à des vitesses de 50 à 75 km/h environ. La version de 30 KW peut convenir à des voitures classiques du segment A et B, pour des vitesses de pointe de l'ordre de 150 km/h. Le moteur roue de NTN SNR, d'une conception avancée internationale entre l'Europe et le Japon, se distingue aussi par son taux de réduction 1/11. En termes de vitesse, le moteur tourne à 15 000 tours par minute et la roue à 1 350 rotations par minute. Cette approche permet une efficacité démultipliée en termes de couple, et donc d'effort transmis à la roue. Un couple modeste de 45 Nm peut générer ainsi 500 Nm en sortie au niveau de la roue. L'idée consiste à minimiser la masse et l'énergie du moteur pour assurer la fonction de traction électrique la plus efficace possible, par le jeu de cette réduction. La solution de transmission cycloïde de NTN SNR, avec un taux de réduction de 11, diffère radicalement de l'entraînement direct caractérisé par un ratio égal à 1 ou d'une transmission planétaire qui fonctionne avec un ratio de réduction de 4.

Dans un autre domaine, celui de la direction, NTN SNR présente une solution de direction électrique de type « steer by-wire » avec un actionneur électrique au niveau de la direction et un autre à proximité du volant, le tout permettant de se passer de la colonne de direction. Les avantages théoriques de cette approche semblent assez intéressants. On pourrait changer la position du volant pour s'adapter à la conduite à gauche, puis revenir à la situation continentale par une simple manipulation. Il serait possible aussi de s'affranchir des limites angulaires de la colonne de direction pour de meilleures manœuvres. On pourrait également gagner en espace et améliorer le problème de l'intrusion de la colonne de direction dans l'habitacle, en cas de choc frontal, car celle-ci serait supprimée. Il convient de noter dans la solution NTN SNR de direction « steer-by-wire » la haute sécurité apportée par deux moteurs (primaire et secondaire) distincts pour les actionneurs, qui assurent la redondance. Cette solution technologique améliore aussi la tenue de route en jouant sur les angles des roues droite et gauche par rapport à la route. NTN SNR expose aussi un concept de freinage électromécanique EMB avec plusieurs atouts et avancées. Parmi



ceux-ci, on trouve la compacité et la légèreté, la réduction des problèmes de friction et de vibration.

En conclusion de la présentation, les avantages des innovations de NTN SNR sont résumés. Ainsi, on souligne pour le moteur roue une liberté de conception avec un gain en masse de 25%, un gain de 50% en taille pour le freinage électromécanique EMB (par rapport aux solutions concurrentes) avec moins de friction, une amélioration de la sécurité et de la tenue de route et un gain en efficacité de 25% pour la direction électrique (steer-by-wire). Les démonstrateurs en essai proposés lors des EMM 2012 utilisent ces innovations.

## **Réflexions et retours d'expériences de nouveaux modes de transports urbains : Jacques Richard, HEPIA Genève**

Cette conférence porte sur une étude réelle et approfondie, basée sur l'analyse du cycle de vie et le bilan environnemental de l'utilisation de taxis hybrides Prius à Genève et du bateau électro solaire « la mouette genevoise ». Pour les véhicules hybrides comme la Prius, le détail des impacts environnementaux met en lumière les matériaux liés au moteur électrique, au châssis et à la carrosserie et bien évidemment aux batteries. L'étude démontre aussi l'utilisation très spécifique du véhicule en mode taxi, basée sur des parcours urbains, avec de fortes accélérations et des arrêts fréquents. En se basant sur la consommation réelle, qui diffère nettement des cycles normalisés, la différence est très nette entre un taxi traditionnel actuel et le modèle hybride. Le taxi actuel de référence (grosse cylindrée de marque allemande) consomme 16,5 l/100 Kms et la Prius 6,5l/100 Kms. L'étude prolonge l'évaluation sur 400 000 Kms et prend en compte le remplacement des batteries de la Prius. La méthodologie globale de mesure d'impact environnemental, déclinée par grands types de composants, met en lumière des différences entre l'hybride et la motorisation classique à combustion. Pour l'hybride, le châssis et le moteur thermique génèrent, selon la consommation et la durée d'utilisation, un impact de coût de 5 à 10%. Le moteur électrique et la batterie correspondent à un coût de 5 à 15%, la combustion de carburant équivaut à 75/85% du coût. Pour le véhicule à combustion, on observe 5 à 10% liés au châssis et au moteur thermique, mais surtout 90 à 95% pour la combustion de carburant, toujours selon la consommation et la durée d'utilisation.

En conclusion de ce premier comparatif, la motorisation électrique ne rend pas la solution hybride globalement plus polluante que le thermique. La solution hybride apporte une économie en ressources et en gaz à effet de serre, de 17 à 60% selon les véhicules et la durée d'utilisation. Le véhicule hybride n'est pas complètement écologique mais apporte une solution d'amélioration.

L'autre cas compare un bateau électro solaire à son équivalent à motorisation diesel. La conclusion issue de l'application de la méthodologie de l'analyse du cycle de vie montre des points positifs, des limites et des voies d'amélioration. Tout d'abord, le système électro solaire n'a de sens que si l'on utilise de « l'électricité verte ». Avec une évaluation multi dommages, la solution électro solaire se montre bien plus intéressante que le diesel (problèmes des émissions et du CO2 avec un impact sur la santé humaine, notamment les particules fines). Les batteries au plomb comportent des limites dans le rendement et le stockage de l'énergie et posent le problème de l'impact environnemental du plomb. La voie d'amélioration pourrait être des batteries lithium ion.

La conclusion générale souligne la pertinence de l'analyse du cycle de vie en éco conception, avec la mesure de l'impact de chaque composant.

## **Développement matériaux pour les circuits de puissance véhicules électriques et hybrides : Jonathan Idrac, LNE**

La conférence se concentre sur l'importance des nouveaux matériaux pour les systèmes de puissance des véhicules électriques et hybrides. Les contraintes deviennent très fortes et



spécifiques par rapport aux véhicules thermiques conventionnels. Déjà, il convient de gérer la haute tension liée à la chaîne de traction électrique avec une fiabilité absolue, ce qui diffère nettement par rapport aux motorisations thermiques. Ensuite, les problématiques de sophistication électronique, sous contrainte de prix avec des exigences de sécurité et de confort, tout en respectant l'environnement, s'imposent pour tous les véhicules. Il devient nécessaire pour les véhicules électriques et hybrides de répondre à des défis spécifiques en termes de matériaux adaptés à la puissance embarquée. Parmi ceux-ci, on trouve l'intégration électronique pour les actionneurs mécaniques et la réponse à de nouvelles demandes avec la plus grande fiabilité possible. La question du substrat pour choisir le meilleur matériau pour la puissance électrique embarquée pose des questions complexes et nécessite de trouver des compromis. Par exemple, on recherche des indices de performance des matériaux sélectionnés en mesurant le coefficient de dilatation et la conductivité thermique. Par ailleurs, certains matériaux performants sur des critères de performance des sollicitations et de la fiabilité peuvent se montrer trop chers et d'une mise en forme complexe à l'image des solutions en composites. La conclusion de la présentation montre l'intérêt de la solution « matériaux composites multicouches » utilisée pour la fabrication de modules électroniques avec des procédés de fabrication associés. Celle-ci fait l'objet de brevets spécifiques.

### **La R&D en éco mobilité, un véhicule solaire en compétition : Patrice Houizot, Acysteme**

Patrice Houizot d'Acysteme s'exprime au nom de l'association Eco Solar Breizh, qui conçoit et construit un véhicule électrique solaire de compétition afin de traverser l'Australie dans le cadre du World Solar Challenge, une course de plus de 3 000 Kms. Du point de vue des axes de R&D à développer, deux sujets deviennent fondamentaux. Le premier concerne le captage d'énergie, via des panneaux photovoltaïques à haut rendement, et la récupération d'énergie, via les freins et amortisseurs. Le second correspond à la réduction des pertes. Celle-ci implique l'allègement et l'optimisation des formes, l'aérodynamisme, des trains roulants spéciaux, une motorisation performante en matière de rapport poids puissance, le stockage de l'énergie avec l'étude d'options alternatives comme les super capacités.

Des règles strictes encadrent les caractéristiques admissibles pour les véhicules concurrents. Il faut 4 roues et non 3, comme dans d'autres courses et une surface maximale de 5m<sup>2</sup> pour les capteurs en silicium des panneaux photovoltaïques. Eco Solar Breizh opte pour un véhicule avec une structure sandwich carbone, avec un objectif de moins de 35 kg, pour une surface au sol de 4,30\*1,80 m. Une solution de bus Can réduit le besoin en câblage et un téléphone tactile va faire fonction de tableau de bord. Le véhicule prototype va embarquer environ 21 kg de batteries lithium ion.

### **La Mécatronique au service de l'efficacité des engins mobiles : Eric Padiolleau, CETIM**

Cette conférence concerne essentiellement les engins de chantier mobiles pour la recherche de l'efficacité énergétique. Tout débute par un travail de modélisation énergétique en trois phases. La première consiste à valider un modèle, après le choix du logiciel et un recalage éventuel de la référence. La seconde phase correspond à la recherche des pertes via la simulation et le bilan énergétique, via l'analyse fine des déperditions. La troisième phase correspond à l'optimisation via un travail de recueil de brevets et de nouvelles modélisations / simulations pour parvenir à un comparatif objectif des solutions retenues. Un exemple de modélisation d'un composant de bras de pelle est proposé, avec l'utilisation du logiciel Amesim (simulation de systèmes multi domaines). Bien adapté à la simulation hydraulique, cet outil dispose aussi d'une vaste bibliothèque de



composants complémentaires à l'exemple des moteurs électriques. Le modèle dans cet exemple analyse et simule plusieurs parties distinctes : la cinématique, le pilotage, l'hydraulique, la récupération et la comparaison des données. Sur le plan de la démarche globale, il s'agit de passer de la modélisation d'un engin existant à un démonstrateur innovant, avec une approche multi domaine pour parvenir à un gain énergétique réel. Mais le plus intéressant consiste à rechercher et trouver de nouvelles solutions innovantes et performantes par une approche de conception multi physiques. Un actionneur électro hydraulique EHA illustre ce processus. Dans les principes de fonctionnement on trouve, entre autres, la génération d'une puissance hydraulique de proximité, une pompe à cylindrée fixe entraînée par un moteur électrique sans balai, un asservissement en vitesse du fait d'un débit piloté avec une pression adaptée à la demande. Pour conclure la conférence, deux grands bilans et enseignements éclairent la pertinence de cette approche. En premier, une meilleure connaissance des composants réels a été obtenue avec notamment une cartographie des rendements en utilisation et l'impact des échanges thermiques en utilisation. En second, la méthodologie de modélisation progresse nettement avec une meilleure précision et une finesse dans le rôle des paramètres clés de la performance énergétique.

### **En conclusion,**

EMM 2012 a encore prouvé le dynamisme et l'innovation qui rayonnent dans la Mécatronique. La multiplicité des applications et la croissance prévue dans les différents domaines et marchés confirment l'omniprésence et le caractère décisif de la Mécatronique.

Le palmarès des Mechatronics Awards, avec la distinction de NTN SNR au titre du projet grande entreprise, illustre cette créativité au service de l'efficacité énergétique, avec notamment les performances du concept de moteur roue intelligent.