



Aéronautique, automobile, matériel de travaux publics ou agricoles, etc. :  
l'intelligence embarquée nous prépare beaucoup de surprises.

# Mécatronique

## Nouveaux usages, nouveaux enjeux

Miniaturisés, fiabilisés et sécurisés, les produits de la mécatronique et les solutions investissent peu à peu tous les nouveaux équipements. Les applications, nombreuses et diversifiées, définissent de nouveaux usages (aide à la conduite, perçage assisté, contrôle de vibration, transmission sans fil, etc.). Les enjeux sont d'importance. Les *leitmotifs* : la création de valeur et la différenciation !



## État de l'art

# Moteur d'innovation, la mécatronique accélère le mouvement

L'automobile a ouvert la voie, depuis tous les autres secteurs s'y sont mis ! Avec la mécatronique, le composant mécanique remplit dorénavant de véritables fonctions et offre de nouvelles solutions. Reste à intégrer ces nouveaux composants. Pour cela, méthodes, démarches, et travail en réseau sont nécessaires.

**A**près l'automobile, la mécatronique a pénétré tous les autres secteurs. Les projets sont multiples et les réalisations ne manquent pas. De l'aéronautique au ferroviaire, en passant par le médical, les travaux publics, les transports, etc., l'effervescence est générale.

Parmi les projets en cours, les outils de prototypage virtuel de lois de commandes avancées tout comme les solutions optiques de contrôle et de pilotage (Polytec France) et les technologies de communication par faisceaux et par systèmes de fibres optiques (Leoni) devraient apporter de nou-

velles solutions. Les innovations concernent des fonctions d'aide à la conduite des engins mobiles, telle la détection des obstacles à l'avant comme à l'arrière, ou la correction d'assiette en temps réel des fourches de manutention (Cetim et Mecalac).

Dans le domaine des transports, d'autres innovations sont à attendre du côté des voitures électriques, notamment dans l'intégration du groupe motopropulseur électrique (Renault) et dans la modularité des bogies articulés de la nouvelle automotrice à grande vitesse - AGV (Alstom Transport).

En aéronautique, les perspectives de développement passent notamment par des asservissements mécatroniques dédiés à la simulation de mouvements et au contrôle embarqué. Dans ce domaine, la société iXMotion propose l'intégration de Youla (paramètre de correction dans une boucle d'asservissement), afin de contrôler les vibrations, et notamment celles des moteurs électriques. D'autres solutions, déjà en service, concernent, par exemple, le perçage de trous profonds dans des matériaux avancés, la sécurisation des machines de broyage en cimenterie, grâce à des systèmes qui mesurent en

## POINTS DE VUE...

### André Montaud, Thésame Des coûts en baisse

→ Grâce aux progrès de l'électronique et de l'informatique, qui font régulièrement baisser les coûts tout en améliorant les performances, les PME peuvent dorénavant introduire des systèmes intelligents dans leurs équipements mécaniques.



Cetim, Chr. Barret

### Laurence Chérillat, Artema Innover en réseau

→ Dès le début d'un projet d'innovation, le concepteur doit simultanément prendre en compte les aspects mécaniques, électroniques et informatiques. Pour cette raison, les mécaniciens doivent apprendre à communiquer et à travailler en réseau.



DR



DR

### Jacques Lottin, Symme Être en phase avec le marché

→ La coopération entre les universités et l'industrie est indispensable. Elle permet de transférer les compétences de la sphère académique vers l'industrie et de développer des innovations en phase avec le marché.



permanence le couple moteur/réducteur, ou la sauvegarde de vieux 78 tours en récupérant les sons qui ne peuvent plus être lus sur des tourne-disques. Sans oublier, bien sûr, les transmissions, vérins, réducteurs, engrenages et autres pièces de transmission qui ne sont plus de simples composants jouant un rôle d'interface, mais sont devenus partout de véritables systèmes intelligents capables de performances élevées. Résultat : le marché européen de la mécatronique est évalué à quelque 10 milliards d'euros sur dix ans.

### Des produits plus fonctionnels

Pour Jean Tournoux, qui préside Artema, le syndicat professionnel de la mécatronique : « *la démarche transverse nécessaire en mécatronique constitue une réelle opportunité de développement pour les fabricants d'équipements mécaniques. Elle permet d'offrir de véritables solutions à leurs clients et non plus de simples produits* ». L'intégration de capteurs, d'actionneurs et d'électronique embarquée dans un équipement constitue en effet un bon moyen de développer une ou plusieurs fonctionnalités nouvelles et performantes.

## LES SEPT ENJEUX DE LA MÉCATRONIQUE

- **Intégrer de l'intelligence**
- **Passer du composant aux solutions**
- **Aborder des secteurs d'application très variés**
- **Se différencier par rapport à la concurrence**
- **Monter dans la chaîne de valeur**
- **Apprendre à travailler en réseau**
- **S'approprier de nouvelles compétences**

**Capteurs, actionneurs, automatismes, systèmes et solutions : l'intelligence embarquée gagne de nombreux domaines.**

Pionnier des applications de la mécatronique, le secteur automobile reste un de ses principaux champs d'investigation comme le montrent les récentes innovations développées par le fabricant de roulements SNR. Depuis le lancement dans les années 1990 d'un roulement-captur ASB (Active Sensor Bearing) capable de mesurer, en temps réel, la vitesse de roues des voitures, le groupe savoyard n'a cessé d'instrumenter ses roulements afin de sécuriser la conduite automobile.

Plus récemment, il a développé un modèle capable de mesurer, toujours en temps réel, les efforts répartis sur chaque roue (de 500 à 800 kg) et donc d'évaluer l'adhérence à la route. Associées aux données concernant l'angle du volant et la vitesse de rotation des roues, les informations fournies permettent au système de contrôle de trajectoire (ESP) du véhicule de détecter les anomalies et de les corriger en activant les freins de certaines roues. D'autres applications visent à améliorer



**Benoît Eynard, UTC**  
**Valoriser la matière grise**

→ L'Institut de Mécatronique, créé avec le Cetim, joue un rôle moteur en matière de formation. Valortim est la structure qui permet de valoriser les travaux des chercheurs dans le cadre de projets menés en collaboration avec les industriels.

**Frank Claeysen, Cedrat Technologies**  
**Une bibliothèque d'innovations**

→ Grâce à notre bibliothèque d'actionneurs, nous concevons des briques technologiques permettant de développer des fonctions performantes de micro positionnement, contrôle actif de vibrations, récupération d'énergie, etc.



**Alain Duborper, Tefal**  
**Utiliser des composants existants**

→ L'innovation réussie réside dans la capacité des équipes de conception à se servir de composants existants pour mettre au point de nouvelles fonctionnalités. Nos produits sont fiables, esthétiques et simples à fabriquer puisqu'ils utilisent un minimum de pièces mécaniques.





la maintenance des équipements. Grâce aux capteurs, sondes et autres accéléromètres dont elle dote ses réducteurs, la société CMD peut ainsi offrir à ses clients cimentiers d'intéressantes fonctionnalités supplémentaires comme la mesure de couple, en particulier.

En équipant leurs machines de broyage de ces composants qui mesurent en permanence le couple moteur/réducteur, les cimentiers disposent dorénavant d'informations leur permettant d'assurer une maintenance préventive efficace.

### Gare à la méthode !

Certes, les avantages séduisent ! Mais la mise en musique de la mécatronique implique, pour réussir, une remise en cause complète des habitudes.

Il ne s'agit pas en effet de simplement

intégrer un capteur dans un composant mécanique. Dès le début d'un projet d'innovation, le concepteur doit simultanément prendre en compte les aspects techniques de la problématique à résoudre et, pour cela, apprendre à travailler en réseau et à communiquer avec des électroniciens, des automaticiens et des informaticiens. Une démarche pas toujours facile car ces univers ont longtemps évolué en parallèle. Mais les choses bougent ! « *Les mécaniciens sont de plus en plus nombreux à considérer la mécatronique comme un catalyseur de performances et à la prendre en compte dès le stade des études* », confirme Pascal Laurin, du groupe Bosch Rexroth.

Pour un grand nombre de PMI, l'accès à ces technologies passera nécessairement par un partenariat avec d'autres industriels, des centres techniques, des

laboratoires de recherche, des fournisseurs. Et pour gagner du temps, elles auront souvent intérêt à s'insérer dans des projets collaboratifs de recherche et de développement ou dans des réseaux, tels que ceux organisés autour des pôles de compétitivité.

Enfin, pour de nombreux experts, la diffusion de la démarche mécatronique dans l'industrie passe par la mise au point de nouveaux outils de simulation. Dans ce domaine, la profession attend beaucoup du Projet O2M actuellement mené dans le cadre du pôle de compétitivité Mov'eo. Les initiateurs d'O2M ambitionnent en effet de mettre au point un outil de modélisation et de simulation spécifiquement dédié aux produits mécatroniques qui permettrait d'améliorer, de 30 à 50 %, l'efficacité de la conception.

## Concevoir dans les normes

La nouvelle norme expérimentale XP E 01-013 fournit une description des processus de cycle de vie des produits et des composants mécatroniques, en s'appuyant sur un vocabulaire et une présentation normalisés (ISO/CEI 15288 « Ingénierie des systèmes et du logiciel - Processus du cycle de vie du système »). La commission UNM ayant décidé de valoriser ses travaux au

plan international, une présentation a été faite à la réunion de l'ISO/TC 184 « Systèmes d'automatisation industrielle » à Washington en mai 2010. Cette instance a décidé la création d'un groupe *ad hoc* dont l'objectif est de définir le plan de travail et les normes internationales à élaborer. Son pilotage a été confié au Cetim.



## Démarche

# Deux histoires d'innovation exemplaires

Imaginé, pensé, simulés, puis mis en musique, les nouveaux usages construits à base de systèmes mécatroniques supposent la réalisation de composants miniaturisés et de systèmes intelligents. Explications !

Comment récupérer les sons enregistrés sur de vieux 78 tours qui ne peuvent plus être lus sur des tourne-disques à cause de leurs rayures, cassures et salissures ?

Pour tenter de résoudre cette problématique, les responsables de la préservation des archives musicales de l'Institut national de l'audiovisuel (INA) ont chargé l'entreprise d'électronique Indeep d'une mission complexe : concevoir un dispositif optique qui permette d'extraire le signal audio des disques en vinyle sans aucun contact mécanique.

Dans le cadre d'un projet collaboratif dénommé Clareety, la petite entreprise haut-savoyarde (10 salariés) a lancé un appel d'offres afin de trouver des partenaires susceptibles de l'accompagner dans les domaines optique et mécanique. Philippe Demichel, le p.-d.g. de la PME, a, à cette occasion, retenu la proposition du Centre de ressources mécatronique du Cetim à Annecy.

« C'était la proposition la plus crédible sur le plan technique et la plus originale sur le plan des innovations », explique Philippe Demichel.

### Des têtes de lecture innovantes

De fait, fortement intégrée, la solution proposée par les ingénieurs du Cetim est à la fois robuste, compact et d'un coût acceptable. En relation avec un bureau d'études externe, ils ont conçu deux têtes de lecture (leur structure et les interfaces mécani-



Un système mécatronique qui permet d'acquérir l'image du sillon par lecture sur le flanc.

ques) qui permettent d'extraire le signal audio dans de bonnes conditions.

Grâce à leur maîtrise des mécanismes motorisés et des lois de contrôle-commande, ces nouvelles têtes de lecture sont particulièrement performantes, explique Denis Ropp, le chef de projet de la partie mécanique : « comme elles sont capables de se positionner de manière optimale, même en cas de mouvements complexes, elles sont constamment en mesure d'acquérir l'image du sillon par réflexion sur le flanc ».

Et Philippe Demichel est satisfait des résultats !

« Le Cetim a fait preuve de réactivité et de disponibilité. Ses ingénieurs ont su tenir compte de nos contraintes dans le domaine électronique et optique et nous proposer une solution globale qui répond bien à nos attentes. Ils nous ont apporté de bonnes idées pour solutionner la problématique cinétique et ont su définir des pièces mécaniques compactes bien adaptées aux mouvements complexes à mettre en œuvre. Enfin, il n'était pas évident d'intégrer des têtes de lecture dans un espace aussi réduit. »

Philippe Demichel a aussi apprécié l'aide apportée au niveau du design !

« Comme l'aspect des têtes de lecture est



## Imaginer, bâtir, concevoir, les trois composantes d'une démarche exemplaire...



*parfaitement cohérent avec le design d'ensemble, nous allons pouvoir développer un produit particulièrement esthétique, continue le p.-d.g. d'Indeep. C'est important car nous visons un public de professionnel, mais aussi, à terme, de particuliers. »*

### Des capteurs autonomes et communicants

Le développement d'applications innovantes de la mécatronique passant par la mise au point de nouveaux concepts de capteurs autonomes et communicants très compacts, trois grands groupes industriels implantés en Savoie (SNR Roulements, Tefal et Somfy) ont décidé de s'associer au sein d'un projet collaboratif baptisé Captaucom.

Lancé fin 2007 pour une durée de trois ans, le projet a été labellisé par le pôle de compétitivité Arve Industries. Piloté par le réseau technologique Thésame, il fédère aussi

le Mind (ex C4i) et des laboratoires du CEA Leti et du CSEM.

Le Cetim intervient pour son expertise dans le domaine de la métrologie, des vibrations et de la surveillance des composants mécaniques. Dans un premier temps, les partenaires ont défini un cahier des charges décrivant les briques technologiques devant être développées dans plusieurs domaines comme les systèmes de récupération et de stockage d'énergie, mais aussi les systèmes de radio et de traitement du signal.

La phase suivante a consisté à identifier des technologies susceptibles d'être adaptées afin de solutionner les problématiques en présence.

Cette démarche s'est concrétisée par la mise au point des premières briques technologiques, actuellement en cours de test. Les partenaires vont maintenant devoir les associer afin de développer des pré-prototypes et des prototypes de capteurs autonomes et communicants.



**Philippe Demichel, p.-d.g. d'Indeep :**  
*« il n'était pas évident d'intégrer des têtes de lecture dans un espace aussi réduit ».*

Pour cela, les équipes vont devoir élaborer des solutions permettant « d'intégrer mécaniquement » ces briques technologiques. Selon les responsables du projet, cette démarche passe par l'exploitation intensive des ressources offertes par la veille technologique, et les relations entre université et industrie.

Grâce au projet Captaucom, SNR Roulements, Tefal et Somfy devraient pouvoir développer, d'ici à quelques mois, de nouveaux concepts de capteurs répondant à leurs attentes spécifiques. Dans le cadre de ce projet, le groupe Somfy a d'ailleurs mis au point un prototype destiné à finaliser le design d'un nouveau produit.

Le projet Captaucom représente un important enjeu. Il dispose d'un budget conséquent d'environ 5 millions d'euros dont 42 % apportés par les trois entreprises, près de 8 % issus du Cetim et 50 % d'aides financières apportées par le conseil général de Haute-Savoie et le ministère de l'Économie, de l'Industrie et de l'emploi dans le cadre du FUI.



Citroën Communication

Des produits mécaniciens truffés de capteurs autonomes et communicants.