

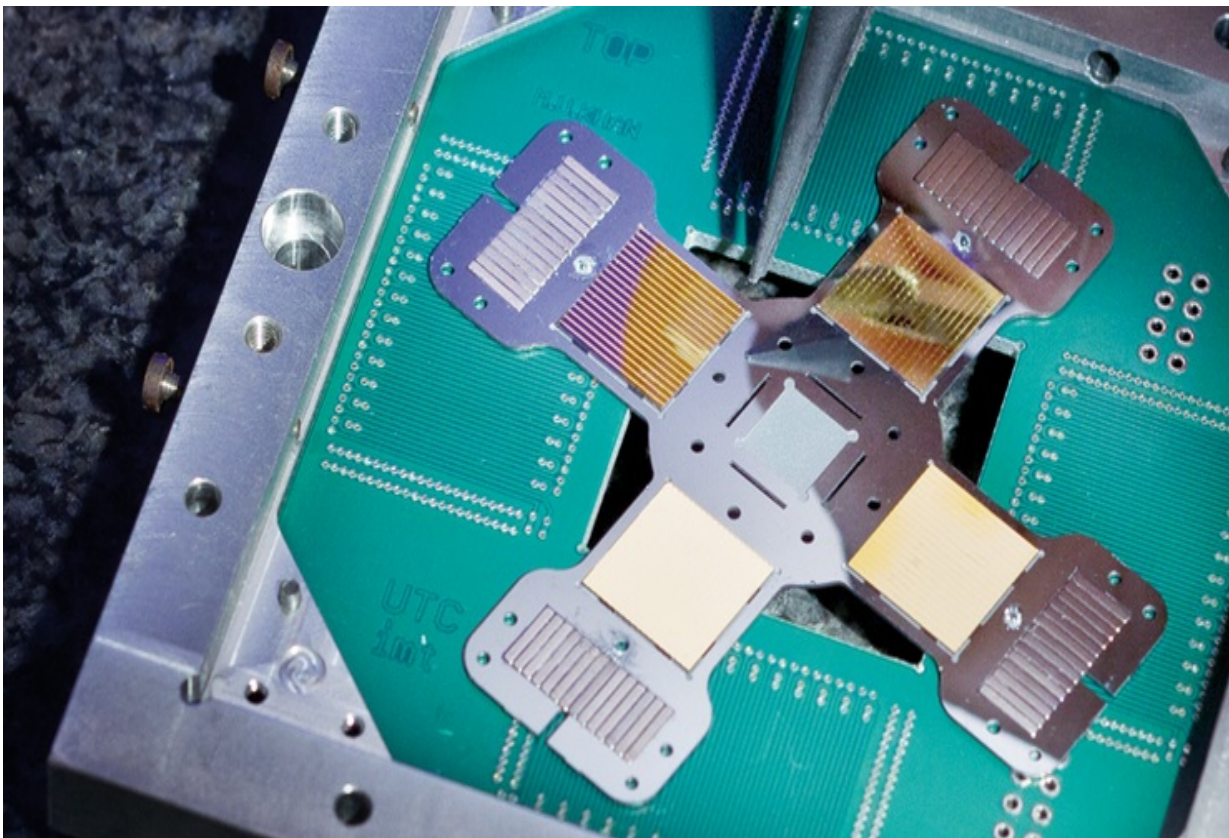
Interactions UTC

1. [Interactions, le Magazine des Technologies Emergentes](#)
2. [Thématiques](#)
3. [Mécanique matériaux, acoustique](#)
4. La mécatronique, moteur des technologies modernes

La mécatronique, moteur des technologies modernes

La mécatronique, alliance de la mécanique et de l'électronique, est aujourd'hui au cœur de l'innovation. Présente dans tous les secteurs, elle permet à de simples objets du quotidien mais aussi à des systèmes plus complexes comme les avions, satellites ou encore les voitures, de réaliser des prouesses. À l'occasion de la conférence Mechatronics REM 2016, rassemblement des grands acteurs internationaux de cette discipline qui s'est tenu à l'UTC en juin dernier, nous en avons profité pour nous entretenir avec les deux intervenants principaux, Jamie Paik et Michaël Gauthier, qui nous dressent un bilan des avancées et nous livrent leur vision de la mécatronique pour les années à venir.

05 déc. 2016



La mécatronique, une histoire de synergie

La mécatronique est une discipline qui allie la mécanique, l'électronique, l'automatique et l'informatique. Elle impacte sur la conception et la fabrication d'un produit dans le but de l'optimiser et de lui faire réaliser de nouvelles fonctionnalités. Elle correspond ainsi à un besoin industriel réel, lié à notre société de consommation toujours plus gourmande en innovations technologiques. Internationale, elle s'insère aujourd'hui partout et est à l'origine de nombreuses avancées qui font la une de nos journaux, telles que les voitures autonomes pour ne citer qu'elles.

L'UTC, un acteur clé pour la mécatronique en France

L'UTC dispose de forces importantes pour rayonner dans le domaine de la mécatronique et être un interlocuteur privilégié de nombreux industriels. Dès 2008, elle s'est ainsi associée au CETIM (Centre Technique des Industries Mécaniques) pour créer un Institut de Mécatronique regroupant un pôle de formation, de R&D et de transfert. Dans le domaine de la formation, plusieurs possibilités sont offertes aux étudiants selon leur diplôme, à l'instar

de la filière ingénierie MARS (Mécatronique, Actionneurs, Robotisation & Systèmes) ou de la spécialité de Master SMA (Systèmes Mécatroniques et Mécanique Avancée). Grâce à son Centre d'innovation, l'UTC dispose de moyens de prototypages, élément clé de la mécatronique, idéalement conçus pour répondre à tous les besoins et travailler au plus près des entreprises.

En outre, une Chaire Hydraulique-Mécatronique a été créée en 2009, s'appuyant sur les compétences de l'UTC et du CETIM, afin d'élargir le réseau de ressources technologiques, en lien direct avec les industriels. Une plateforme technique dédiée, inaugurée en 2014, vient renforcer la Chaire en regroupant les outils de conception-simulation et des moyens d'expérimentation. Par la formation d'ingénieurs et des actions de recherche collective, l'UTC possède donc une offre de compétences et de prestations à forte valeur ajoutée pour les entreprises nationales et internationales, dont les besoins ne cessent de grandir.

Une conférence, trois évènements

Cette conférence Mechatronics REM 2016 a permis de faire un état des lieux du domaine et de présenter les travaux des différents acteurs. Mais derrière cette conférence se déroulaient en fait trois évènements bien distincts : le 11^e Congrès franco-japonais sur la mécatronique, le 9^e Congrès Europe-Asia sur la mécatronique et la 17^e Conférence Internationale sur les REM (Research and Education in Mechatronics). « *La conférence Mechatronics REM était à la base une réunion des deux premiers évènements* », précise Michaël Gauthier, Directeur du Département AS2M (Automatique et Systèmes Micro-Mécatroniques) à l'Institut FEMTO-ST de Besançon. « *Ça a beaucoup de sens désormais de coupler la recherche et la pédagogie. Les étudiants vont régulièrement diffuser les contenus pédagogiques dans les industries et cela représente un fort effet de levier, c'est la diffusion des connaissances donc c'est important de maintenir un certain niveau. Avec les nouvelles applications industrielles, ce mélange recherche/enseignement permet également un transfert vers le*

monde économique, la société civile de façon générale et c'est très efficace ! ». « *Il y a 30 ans, peu d'importance était attribuée à ces sujets. Aujourd'hui, on cherche des solutions interdisciplinaires* », ajoute Jamie Paik, Directrice du Laboratoire de Robotique Reconfigurable (RRL) à l'EPFL, en Suisse.

Quelle place pour la mécatronique aujourd'hui ?

De nos jours, la mécatronique est présente quasiment partout, dans l'activité spatiale (satellites...), l'aéronautique (gestion de la stabilité...), les véhicules (ESP, ABS...), les biens de consommation (machines à laver, imprimantes...), ou encore les biens d'équipement (adaptabilité des moyens de production, gestion en ligne de la qualité...). « *L'idée dans la vie de tous les jours, c'est que les composants physiques intègrent de plus en plus de parties électroniques, des capteurs, des actionneurs avec potentiellement une interface informatique ou opérationnelle pour l'homme. Un cas d'exemple symbolique reste la voiture : il y a 20 ans, c'était un objet essentiellement mécanique, les réparateurs dans les garages étaient des mécaniciens. Maintenant, quand vous allez au garage, on la branche sur une interface pour connaître la panne. Donc il y a eu une révolution complète, on a intégré progressivement de l'électronique, certains diront de l'intelligence, en tout cas du captage d'informations sur des éléments mécaniques* », explique Michaël Gauthier. « *C'est une tendance globale, de moins en moins d'éléments sont purement mécaniques, notamment avec les objets connectés qui s'installent de plus en plus dans nos vies. Il faut maintenant faire un travail de conception qui associe la mécanique à l'électronique de commande et cela demande des compétences très particulières, d'où l'importance de l'enseignement pour avoir suffisamment de bases dans les deux domaines afin d'assurer cette synthèse* », ajoute-t-il.

Des avancées déjà très concrètes

Au sein de leurs laboratoires respectifs, Jamie Paik et Michaël Gauthier développent des systèmes qui révolutionnent nos vies et qui s'appliquent à de nombreux secteurs. A l'EPFL, Jamie Paik

travaille ainsi notamment sur les soft robots. « *Ce sont des robots mous* », en silicone ou en caoutchouc par exemple. C'est assez facile à fabriquer donc il y a beaucoup de projets en mécanique ou robotique, mais c'est difficile de déterminer la taille, la notion d'échelles est vraiment problématique. » explique-t-elle. « Une de nos applications est une ceinture avec des actionneurs qui permettent aux personnes atteintes de troubles musculaires dans la région abdominale ou aux jambes de retrouver une certaine mobilité, grâce à la rigidité ajoutée ainsi localement avec la ceinture. C'est important pour des gestes au quotidien, comme le simple fait d'utiliser des escaliers ! C'est donc une technologie assez souple, non-invasive. On cherche maintenant à réduire le poids de l'installation et à développer un système d'alimentation portable. Nous travaillons également sur les 'robogamis'. Basé sur le concept de l'origami, il s'agit d'un robot plat, en 2D comme une feuille de papier, de petite dimension qui, virgule par des actionneurs, va venir se déplier pour former une structure en 3D. Par la programmation, on peut ainsi contrôler les séquences et de quelle manière le pliage peut être transformé. Nous avons notamment travaillé avec Christine Prella à l'UTC pour les actionneurs utilisés. Les applications concernent le domaine médical, avec des robots chirurgicaux mais peut aussi s'adapter aux satellites par exemple ou à l'électronique personnelle. La source d'énergie demeure là encore l'étape à franchir afin d'obtenir des systèmes portables », précise-t-elle.

Chez FEMTO-ST, Michaël Gauthier travaille quant à lui sur de la « micro-mécatronique », compression entre mécatronique et microsystèmes, donc des systèmes de petite taille. « Nous concevons des robots de taille moyenne, centimétrique, que l'on peut poser sur une table, qui vont agir sur de tout (ADVERBE) petits composants, de taille micro- voire nanométrique : c'est la micro-nano-manipulation. Nous travaillons également sur de petits composants très intégrés dont les applications typiques sont liées à la chirurgie non invasive. Par exemple, nous avons développé un endoscope actif qui permet de faire de la découpe laser de nodules cancéreux sur les cordes vocales. Le système embarqué de 2 cm³

comprend ainsi deux caméras, deux moyens d'éclairage, un système d'actionnement et un miroir pour positionner le laser. Le chirurgien vient ensuite dessiner sur une image le tracé de sa découpe, et le robot reproduit son geste. Il y a donc un gros travail d'optimisation pour pouvoir trouver la bonne conception, car on a très peu d'espace. Nous faisons donc des robots qui assemblent de petits composants, de la manipulation de très petits objets et également des objets de très petite taille. » précise-t-il.

Il s'agit donc de rendre les systèmes plus petits et plus intelligents, mais surtout plus dextres, pour des opérations plus complexes. « Dans le cadre d'une opération chirurgicale, nous souhaitons développer des robots qui ont la capacité de se déplacer dans de faibles angles pour accéder à certaines zones pour avoir plus de liberté, de mobilité. La dextérité est ainsi fortement demandée dans les applications, on voit cela par exemple sur des compressions d'ovocytes humains, des ovules sur lesquels on vient appliquer une pression sachant qu'ils changent mécaniquement de propriété au cours de leur maturation. On teste alors la raideur mécanique pour savoir s'ils sont plus ou moins souples. Nous avons ajouté à cela de l'intelligence, car au-delà du capteur, il y a un traitement d'informations qui permet d'établir une sorte de pronostic de réussite de la fécondation, mesuré par l'effet mécanique. Nous pouvons ainsi déterminer quels ovocytes sont prêts à être féconder, ou si au contraire, il vaut mieux attendre. C'est donc une partie qui est très liée au traitement des données, à de la classification. »

Un autre cas d'application concerne le micro-assemblage, sur lequel travaille Michaël Gauthier avec la startup Persipio Robotics, dont il est un des cofondateurs. « Il s'agit là de faire du micro-assemblage, de l'assemblage purement industriel de petits composants pour l'horlogerie ou la micro-électronique, dont la taille caractéristique est en dessous du millimètre. Il y a également des travaux à l'échelle nanométrique, dont le marché est en pleine émergence. Nous opérons sous un microscope à balayage électronique (MEB) qui permet de travailler à ces résolutions et

même bien en dessous, à l'échelle de l'atome ! » Des robots de micromanipulation sont utilisés pour faire des opérations d'assemblage et servent par exemple à la fabrication de capteurs chimiques pour du contrôle environnemental, capteurs qui présentent alors une très grande sensibilité de mesure.

Des révolutions attendues grâce à la mécatronique

« Il y a clairement un pan biomédical », explique Michaël Gauthier, « il y a encore beaucoup de développement à faire sur les outils chirurgicaux mais dans 25 ans, nous arriverons sans doute à réaliser des opérations que l'on ne sait pas faire aujourd'hui, grâce à des robots encore plus maniables, plus fonctionnels. Pour le moment, tout est lié à la dextérité de la main du chirurgien, qui a ses limites. » Michaël Gauthier envisage également une révolution de la pharmacie : « nous allons substituer les médicaments conventionnels, de nature chimique, par des médicaments complètement biologiques. C'est-à-dire qu'il ne s'agira plus d'utiliser de la drogue, de la chimie au sens large, mais plutôt des cellules comme médicaments en tant que tel. Sachant que les cellules sont des objets qui font quelques dizaines de micromètres, les isoler et les cultiver demeure dans le champ de la micro robotique. » Des avancées sont également à prévoir dans le monde industriel : « il y a un gros besoin de miniaturisation sur plein de composants ! Prenez le cas du téléphone, il a presque grossi ces dernières années. Il intègre de plus en plus de fonctions et les composants à l'intérieur ont tendance à diminuer en taille. Pour le moment, il y a donc des opérations sur des systèmes complexes et l'assemblage est fait à la main parce qu'il n'y a pas d'autres solutions ! On a souvent tendance à penser que tout est robotisé aujourd'hui, mais on touche en fait à la limite de la manipulation manuelle. D'autant plus que lorsque vous prenez un objet avec la main, il y a un tremblement naturel d'environ 50 micromètres, imperceptible. On ne peut donc pas manipuler des objets en dessous de cette taille et cela implique d'utiliser un robot très précis sous microscope qui, lui, pourra réaliser la manœuvre. Avec la révolution de la micro-robotique, nous allons ainsi lever cette barrière et le marché va

devenir très important. Je pense qu'il y aura un effet boule de neige : la production de robots rend l'assemblage possible. Cela étant, des systèmes seront donc conçus par ce procédé et la demande en micro-robots va exploser. Il y aura selon moi une croissance jumelée entre les développements de produits et les développements de robots ! Nous avons en fait cassé une sorte de logique, il n'y avait pas de technologie pour ça, donc pas de marché. Nous avons créé la technologie et le marché est en train de suivre. Cela s'est déjà vu dans l'histoire avec les imprimantes par exemple ou les ordinateurs. Il y a quelques années, on ne savait pas à quoi ils pourraient nous servir. Aujourd'hui, nous en avons tous chez nous ou au bureau. »

Pour Michaël Gauthier, il existe encore une vision plus futuriste : la révolution de l'impression 3D, qui existe déjà, mais qui permettra de concevoir des objets connectés modulables, avec un système électromécanique embarqué. « *C'est sans doute le marché le plus grand public, où les gens imprimeront des produits du quotidien directement.* » Enfin, l'avenir sera également sans doute lié à l'industrie spatiale, où l'intérêt de la micro-robotique sera de diminuer la taille et le poids des composants, le poids étant directement lié au coût d'envoi.

Pour Jamie Paik, « *il y a 10 ou 20 ans, c'était plutôt l'électronique qui était sur le devant de la scène avec des processeurs de plus en plus rapides par exemple. Maintenant, c'est le besoin mécanique qui prend le dessus car ils doivent supporter toute cette électronique. C'est une question de mode académique qui change tous les ans, en fonction des pays et des financements. Personnellement, je ne veux pas trop voir de différence avec aujourd'hui, mais je pense que les recherches seront plutôt faites pour faciliter la vie des gens. Ça sera sans doute de gros changements mais qui se feront de manière très lisse et discrète, comme avec l'arrivée des smartphones par exemple. Le domaine médical sera vraisemblablement plus en avance, pour permettre aux patients de sortir plus tôt de l'hôpital ou pour leur rééducation, les processus de traitements seront améliorés. Les chaises*

roulantes aussi, par exemple, auront droit à leur développement, pour aider toujours plus les personnes handicapées. Mais il faut avant tout que nous trouvions de nouveaux modes de conception, pour rendre les robots sans danger pour les humains » conclut-elle.