

DOSSIER

La mécatronique à l'épreuve du marché

Et si la mécatronique entrainait enfin dans l'âge adulte ?

C'est le pari que faisaient les différents organisateurs des premières rencontres européennes de mécatronique.

Lors de l'ouverture, Jacques Dufour (Directeur de l'Ecole Supérieure d'Ingénieurs d'Annecy) constatait :

« l'affluence record et les conférenciers prestigieux montraient bien que cette technologie, alliant mécanique, électronique, automatisme et informatique permet d'attirer les réseaux d'excellence technologique et les directeurs de la recherche des plus grands groupes industriels européens et des PME spécialisées ».

Technologie transverse par excellence, la mécatronique nécessitait réunir en un même lieu les industriels, les chercheurs et les enseignants :

« Chacun historiquement allait individuellement. Aujourd'hui quand entreprise, collectivité et université collaborent, les chances de réussite sont multipliées ».

(Jean-Pierre Perrot – Président de l'Université de Savoie)

Les Rencontres Européennes de Mécatronique ont été organisées par THESAME et l'Université de Savoie (notamment l'ESIA) avec le soutien important du Centre technique de l'Industrie du décolletage, du centre de conception en circuits intégrés, de l'UIMM de Haute-Savoie, de SNR Mechatronics, partenaire industriel du projet et de près d'une vingtaine d'autres organisations.

Un double CDRom regroupant l'ensemble des interventions et l'enregistrement intégral des conférences vous est proposé au prix de 150 euros TTC.

Thesame – tél : 04 50 33 58 21



Sommaire

- Anticiper les besoins
- La gageure de l'enseignement
- Le choc des cultures

P.II

- Les aller-retours « Marché-Entreprise-Labo »
- Conception mécatronique : de la méthodologie aux outils

P.III

- Fiabilité en mécatronique : le défi d'aujourd'hui pour les produits de demain

P.IV

Anticiper les besoins

La mécatronique est le mariage de 3 techniques de base : la mécanique, l'électronique et l'informatique. Elle est restée pendant une dizaine d'années, une technologie confinée au niveau des grands programmes de l'aéronautique, du spatial et de l'armement. Elle s'est ensuite implantée de façon parallèle dans les bureaux d'études industriels et les laboratoires de recherche en restant souvent dans un noyau restreint de spécialistes. La démocratisation de la mécatronique lors des cinq dernières années entraîne une entrée remarquée dans l'industrie (produits et process). Pour Paul Rivier (Président de l'INSA), la mécatronique est une chance à saisir pour les entreprises de mécanique sous réserve d'accepter de prendre des risques : « en apportant de nouvelles fonctions à un produit, la mécatronique

peut contrer les délocalisations d'entreprises. Il y a deux stratégies possibles : être un centre de compétence ou un centre de coût. Se focaliser sur les besoins futurs est un moyen de rester un acteur majeur du changement ». Savoir anticiper était aussi le message porté par Philippe Sebillotte (Délégué général de l'UIMM) pour illustrer la création de la licence professionnelle TETRAS-IUT d'Annecy : « nous avons dès 1995 fait le choix de former des techniciens supérieurs dont le lobe gauche pense mécanique et le droit électronique ! Il y a 8 ans le pari était risqué mais la demande est là aujourd'hui et devrait continuer à croître ». Pour sa part, Fernand Peilloud (Conseil Général), rappelait le rôle essentiel des collectivités : « le Conseil Général de Haute-Savoie, relayé depuis par la

communauté d'agglomération d'Annecy, la région Rhône-Alpes et le Ministère de la recherche, a lancé au début des années 90 une démarche volontariste de développement de la mécatronique. Nul n'est ici étonné du fait que des zones industrielles soient baptisées mécatronique 1, 2 ou 3 ou qu'une licence professionnelle mécatronique existe depuis de nombreuses années, prolongée aujourd'hui par une formation d'ingénieurs. C'est un vrai choix de développement technologique de territoire, diffusant à partir de 3 pôles : Cluses, Archamps et Annecy. Le réseau Thésame, avec tous ses partenaires dont l'ESIA et l'Université de Savoie, le CTDEC et le C4I, réunit ici toutes les conditions pour qu'industrie, recherche, formation et bureaux d'études puissent échanger des compétences et développer de nouveaux produits ».

La gageure de l'enseignement

Les journées étaient conçues pour un dialogue continu entre le monde de l'enseignement et celui de l'industrie. Non sans un certain paradoxe Thésame lançait le débat en posant aux écoles et IUT présents la question suivante « peut-on réellement enseigner la mécatronique ? ».

La richesse des réponses a montré que les approches pouvaient être très différentes avec de véritables innovations à l'image de la mécatronique ! Alain Bidaut (TETRAS - IUT d'Annecy) expliquait l'importance d'une vraie synergie entre l'entreprise et l'enseignement qui avait abouti à la création de la première licence

professionnelle en mécatronique. « L'expérience de l'alternance plus le niveau BAC+3 permettent d'insérer facilement les jeunes dans les PME ». Pour Eric Descouvrières (INSA Stasbourg), le mécatronicien est plus un architecte d'offres, un généraliste plus qu'un spécialiste. Suivant les écoles, le poids relatif des modules gestion de projet, mécanique, automatisme et informatique est très variable et dépend souvent de la spécialité principale. Serge Samper (ESIA) positionne les discussions moins sur les technologies que sur l'approche système : « ce que l'on demande à un mécatronicien c'est d'être capable de faire la synthèse

entre différents experts. Il peut être lui-même spécialiste d'une technique mais sa mission est d'abord de penser au système dans son ensemble ».

Parmi les expériences originales, citons celle de l'ENSI Limoges (Robert Couderc) qui a privilégié la mise en commun de moyens par les lycées, l'IUT et l'école d'ingénieurs pour bâtir une plate-forme mécatronique ou celle de l'Université de Haute-Alsace qui a pris le meilleur des enseignements français, allemand et suisse dans une formation tri nationale.

Le choc des cultures

Mais à l'épreuve du terrain, la réalité mécatronique est souvent plus complexe. C'est ce que recouvrait le thème « comment penser mécatronique ? ». Si la mécatronique est en plein développement, les chocs culturels entre mécaniciens et électroniciens sont réels. René Nantua a d'ailleurs parlé de « la nécessaire mutation génétique » d'une entreprise de mécanique. SNR met en place le projet interne Cap Mécatronique visant à donner une cohésion à l'entreprise autour de la mécatronique. « SNR a gagné en crédibilité au niveau international en réussissant à imposer un standard mondial de roulement instrumenté. Demain, l'explosion du nombre de capteurs dans l'automobile permet de définir une stratégie claire basée sur l'intégration toujours plus grande de la mécatronique ».

Andreas Wild (Directeur de MOTOROLA - EMEA Semiconductor) ajoute un éclairage particulier d'une grande entreprise de l'électronique : « l'évolution technologique

est fortement impactée par les coûts et la mécatronique ne déroge pas à cette règle. C'est un des gros challenges pour l'industrie des microprocesseurs qui doit développer avec la mécanique des accords d'alliance et de partenariat pour proposer des technologies hybrides ». L'automobile est une plate-forme de communication idéale : le développement de connecteurs intelligents et les mises en réseau de capteurs doit permettre d'améliorer la fiabilité de systèmes qui deviennent de plus en plus autonomes. C'est l'enjeu de « l'intelligence distribuée » pour un véhicule plus sûr.

Plus en amont, Sukhan LEE (Vice Président de SAMSUNG electronic) a montré que les microsystèmes MEMS s'intégreraient parfaitement dans cette révolution mécatronique : « les nanotechnologies permettent d'envisager dès aujourd'hui des systèmes de navigation basés sur des micro gyroscopes sur silicium ». Le marché des MEM's devrait croître de 70% d'ici 2005 !

Face à cette multiplicité de technologies, l'industriel se trouve confronté à la question fondamentale du « comment faire ». Pour le Dr. Fridolin PIWONKA (Vice-Président de Robert BOSCH GmbH), la conception mécatronique doit s'appuyer sur une démarche descendante en V qui passe de la « fonction » au « système » puis au « composant ». Le message est clair : il est essentiel de partir de la fonctionnalité demandée par le client, le choix de l'intégration des technologies et plus encore des capteurs ou actionneurs ne peut être que de second ordre. A l'inverse le test et la validation du produit se fera de manière ascendante.

Reste à trouver le meilleur compromis économique. C'est ce que proposent les outils de CAO mécatronique. Pour M. Lebrun (Imagine), la simulation numérique permet de passer à moindre coût du concept au produit, la mécatronique permettant pour la première fois une conception simultanée. Pourtant les difficultés à surmonter sont nombreuses

comme le rappelle S. Cadeau-Beliard (Cedrat) car, comme les experts, les modèles mathématiques sont spécialisés

dans des métiers précis (mécanique, hydraulique, électricité ...). Ainsi Pierre Louat (ANSYS) conclut que la simulation

ne peut pas tout. Le rôle du mécatronicien est de savoir répartir les efforts entre la simulation et les essais réels.

Les aller-retours « Marché-Entreprise-Labo »

Trouver des solutions mécatroniques adaptées ne s'improvise pas. Jean-Michel Pallas de Valeo switches systems fait appel au « bouillon des cultures » et n'hésite pas à passer au crible des secteurs d'activités très éloignés de l'automobile. C'est d'ailleurs le message général des industriels : le bon mécatronicien est un esprit curieux, ouvert et sachant travailler en équipe. Chez Somfy, Pierre Gérinière parle même d'identification des personnes à « potentiel mécatronique ».

Si les exemples présentés démontrent une certaine maturité d'industriels face à la mécatronique, la PME-PMI classique est loin de pouvoir sauter facilement le pas. L'importance de centres techniques est alors primordiale. La présentation de l'équipe mécatronique du CTDEC a montré les vrais contraintes que peuvent rencontrer les entreprises de sous-traitance : « intégrer une nouvelle technologie passe d'abord par le développement d'un bureau d'étude ou par le travail en réseau avec d'autres PME spécialisées. Notre rôle est d'apporter des solutions clé en main pour des problèmes

cruciaux comme par exemple la traçabilité des produits ou la détection des bris d'outils ». Christine Bégou du C4I - Archamps a insisté sur l'importance d'accompagner l'entreprise dans le choix de technologies pour lesquelles la compétence n'existe pas en interne. « C'est un vrai travail de formation qui évite des erreurs de stratégie »

Reste enfin le futur tel que l'on peut le voir depuis les laboratoires de recherche. Le CSEM (Jean Martin) comme le CEA Leti (Denis Duret) rappelaient que si aujourd'hui l'on pouvait mettre sur le marché des souris informatiques intelligentes ou des lecteurs pour puce à ADN, le cycle de développement depuis la recherche la plus amont dépassait les dix ans. Theo Lasser de l'EPFL avait ainsi sélectionné quelques exemples de ces « manips » de laboratoire dont un impressionnant projet d'interaction « homme-machine » dans lequel une poupée obéit à la voix et aux gestes du chercheur grâce à la combinaison de toutes les technologies mécatroniques. Il a aussi insisté sur la nécessaire ouverture vers d'autres disciplines comme la

biologie. C'est ce même message que portait le professeur Seiji HATA (Japon) en montrant les dernières innovations de « robots humanoïdes » qui peuvent avoir de véritables retombées dans la création de prothèses médicales intelligentes.

Une bien belle conclusion pour des participants convaincus de l'importance prise par la mécatronique et de la nécessité de travailler à minima à l'échelle européenne. La Haute-Savoie peut se positionner aujourd'hui comme tête de réseau de cette technologie. Le pôle mécatronique Thésame avec ses partenaires, les laboratoires et formations de l'Université de Savoie, la proximité géographique des centres d'expertises de Lausanne, Lyon, Grenoble (nanotechnologie) ou Valence (capteurs), tout comme la richesse technologique du tissu industriel régional rendent crédible cette opportunité. L'habilitation par la commission des titres de la Filière mécatronique à l'ESIA renforce encore cette démarche unique.

Pour aller plus loin

Conception mécatronique : de la méthodologie aux outils

La démarche de conception au cœur de l'activité industrielle

La compétition économique et les besoins du marché poussent les entreprises industrielles à « concevoir des produits dont le potentiel d'évolution repose de plus en plus sur une association judicieuse des principes technologiques de disciplines différentes ».

Dans ce contexte, où les temps de développement deviennent prédominants devant les temps de réalisation, la méthodologie de conception des produits, et particulièrement des produits mécatroniques, est une préoccupation centrale.

La décomposition du cycle de vie d'un produit en phases consécutives, avec découpage en sous systèmes étudiés indépendamment, ne permet plus de répondre aux enjeux qualité/coûts/délais imposés par le marché. Pour y remédier deux nouvelles approches complémentaires ont vu le jour : l'ingénierie simultanée (ou ingénierie concurrente) et l'approche mécatronique (ou « système »). Il est alors crucial de prendre en compte la « gestion de la complexité » induite par ces pratiques

nouvelles en portant une attention toute particulière aux composantes transverses :

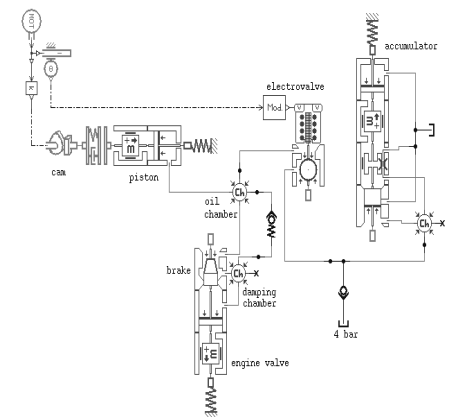
- diversité des applications et des métiers,
- pluridisciplinarité,
- diversité des niveaux de modèle,
- continuité avec les autres niveaux d'abstraction.

Les spécialistes de la conception mécatronique s'accordent sur une représentation du cycle de développement sous forme d'un « cycle en V » qui positionne les différentes phases (depuis la spécification jusqu'à la validation produit) suivant les niveaux d'abstraction correspondants : niveau fonctionnel, niveau système ou réseau, niveau composant ou géométrique.

La modélisation et la simulation jouent, dans ce schéma complexe, un rôle central, autant par leur capacité d'analyse fine des situations que par leur apport en terme de capitalisation et transmission de la connaissance, sans oublier la réduction des temps de développement.

L'une des clés du succès réside dans la capacité du concepteur à trouver, et à

maîtriser, le bon niveau d'abstraction correspondant au problème posé et à faire le lien avec les autres niveaux. Les outils de conception s'adaptent progressivement à ces contraintes et tendent à combler les ruptures de continuité dans la chaîne de conception. De nouveaux outils, en particulier AMESim® qui fait une entrée remarquée dans les secteurs aéronautique et automobile, apportent des réponses nouvelles dans la prise en compte du niveau réseau, élément clé pour la mécatronique.



Modélisation d'un système mécatronique - AMESim®

La modélisation au niveau géométrique bénéficie également d'avancées importantes en terme de couplages multiphysiques (capacité de traiter simultanément plusieurs grandeurs physiques dans un environnement unique

ou couplé : mécanique, thermique, électrique, magnétique, fluides, ...) et couplage avec les autres niveaux. Le développement des microsystèmes (MEMS ou systèmes micromécatroniques) a exploité le premier ces nouvelles

possibilités, qui diffusent progressivement vers les « macro-systèmes » dans tous les secteurs industriels. Des sociétés comme Ansys et Cedrat ont intégré ces dimensions dans leurs outils de simulation.

Fiabilité en mécatronique : le défi d'aujourd'hui pour les produits de demain

« C'est un rêve de vouloir contrôler les systèmes complexes par des choses simples »

Fiabilité, qualité, sûreté de fonctionnement, sécurité,... sont des préoccupations qui prennent une place de plus en plus importante, poussées à la fois par l'évolution des technologies et les demandes du marché.

Dans le domaine de la mécatronique, la notion de fiabilité est souvent ressentie par les industriels comme étant l'un des points les moins bien maîtrisés et pour certains comme étant le point « critique » pour le déploiement et l'avenir des technologies mécatroniques.

Le concept de produit ou de démarche mécatronique se caractérise principalement par la notion de couplage entre différentes technologies, différentes disciplines scientifiques ou domaines physiques. Le fondement de la

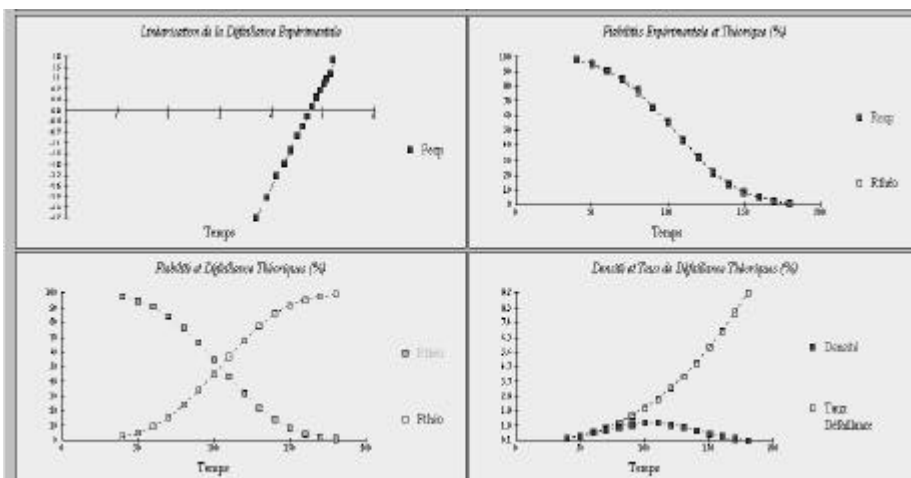
mécatronique est d'exploiter au maximum ces couplages pour offrir des performances techniques et économiques toujours plus élevées, sources de valeur ajoutée. L'augmentation des niveaux de couplages entraînent inéluctablement une explosion de la complexité des systèmes, de leur contrôle, et des processus de conception et fabrication. Cette complexité diffuse aussi dans les processus connexes, comme les achats ou le marketing (comment acheter ou vendre de la mécatronique ?).

Cette inflation de la complexité à tous les niveaux (qui n'est pas uniquement de la complication) augmente si on n'y prend pas garde, les risque de dysfonctionnement, comportements non prévus et, si on pousse à l'extrême, de comportements chaotiques.

Les méthodes et outils à disposition des concepteurs pour maîtriser la fiabilité, sont très divers et souvent trop spécifiques et sophistiqués pour une utilisation systématique en conception mécatronique. On trouve notamment les modèles non dynamiques (fondés sur le temps uniquement) et les modèles dynamiques (qui intègrent les notions de temps et l'état du système), les techniques d'essais, les analyses statistiques, les méthodes d'estimation, les simulateurs de comportement, les logiciels d'évaluation, les outils de simulation (Monte-Carlo), d'optimisation (Algorithmes génériques / simplexe non linéaire), de maîtrise des risques (analyses dysfonctionnelles, arbres des fautes, traitements markoviens).... Des outils informatiques ont été développés pour faciliter la mise en œuvre de ces méthodes (ex : Cabinnovation, Listic – Université de Savoie)

Ce domaine se caractérise par une absence de méthode et outil générique qui puisse être intégré facilement au flux de conception dès son origine. La notion de fiabilité doit en effet intervenir très en amont, en particulier dans les choix des architectures et des composants. La conception mécatronique n'est sans doute pas un cas particulier, mais on y retrouve tous les problèmes génériques amplifiés et multipliés par les couplages intrinsèques. C'est sans doute dans ce domaine que les besoins d'évolution des concepts et des outils se font ressentir le plus fortement.

La fiabilité est un domaine relativement jeune tiré par la technologie et les besoins du marché. Il reste un important travail à faire à la fois sur les concepts théoriques et sur les outils. Industriels et chercheurs doivent collaborer étroitement pour répondre à l'enjeu majeur de la maîtrise de la fiabilité en mécatronique.



Outil d'évaluation de la fiabilité (G.Habchi – Listic)

Le réseau Thésame et la mécatronique :

- **Le CT.DEC** développe la mécatronique pour le décolletage (outils de production, RFID, produits propres) – Tél : 04 50 98 20 44
- **Le C4i** est spécialisé dans le développement des circuits intégrés (ASIC) – Tél : 04 50 31 57 20
- **L'Université de Savoie** dispose de formations en alternance (TETRAS) et d'ingénieurs (ESIA) dans le domaine de la mécatronique.

Dossier réalisé par :

Thésame – tél : 04 50 33 58 21
www.thesame-innovation.com
 André MONTAUD – Olivier de GABRIELLI