

## Prospectives S.MART Feuille de route 2018

### 1. Conception des systèmes mécatroniques

#### 1.1. Positionnement thématique, objectifs, verrous scientifiques et technologiques

##### 1.1.1. Positionnement thématique

- La mécatronique est devenue une discipline à part entière industriellement comme d'un point de vue académique. Plus qu'une simple juxtaposition disciplinaire (mécanique, électronique, informatique, automatique...), elle traite les problèmes scientifiques et industriels liés au développement de nouvelles technologies pour les systèmes « plus électriques » aéronautiques, automobiles, ferroviaires, médicaux... Ainsi, la conception de tels systèmes nécessite de nouveaux outils, de nouveaux langages, de nouvelles méthodologies, de l'interopérabilité et de l'intégration.
- La parfaite maîtrise du processus de conception des systèmes mécatroniques doit fournir aux acteurs industriels les moyens d'innover et d'optimiser leurs produits les plus complexes.

##### 1.1.2. Objectifs

- La maîtrise des outils et langages de modélisation et simulation en vue de concevoir et optimiser les systèmes mécatroniques ;
- Favoriser la continuité du processus de conception afin d'assurer la cohérence des différents modèles du système ;
- Interconnecter les outils de MBSE (Model Based Systems Engineering) et de PLM ;

##### 1.1.3. Verrous scientifiques et technologiques

- Cohérence des différentes modélisations d'un système mécatronique :
  - Vues métiers ou domaines : mécanique, électronique, automatique, informatique embarquée...
  - Vues multi-physiques : thermique, CEM, dynamique vibratoire, 3D...
  - Vues système : exigences et spécifications, fonctionnelles, logiques (classes de composants), physiques (instances de composants)...
  - Raffinement de ces différentes vues ;
- L'interopérabilité des outils et la compatibilité des langages de modélisation :
  - MCAD (CAO mécanique) et ECAD (CAO électronique) dans le routage 3D ;
  - SysML et Modelica (ou équivalents) pour le passage des vues fonctionnelles aux vues logiques et physiques ;
- L'intégration au processus de conception à base d'ingénierie système, de la sûreté de fonctionnement (SA) spécifique des systèmes mécatroniques ;

#### 1.2. Etat des lieux national et international versus des expertises du réseau

- Le réseau IOREM associe des acteurs académiques Français et Japonais. Il organise tous les 2 ans le congrès Mecatronics alternativement en France et au Japon ;

- Le réseau ACCM en Autriche est très actif sur la thématique de la mécatronique et noue des partenariats avec des acteurs académiques étrangers ;
- L'IEEE et l'ASME organisent conjointement les congrès AIM (International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics) ;
- Les congrès REM (Research and Education in Mechatronics) et MECHATRONICS sont les principaux rendez-vous européens de nombreux acteurs européens académiques et industriels ;
- Le groupe de travail SYSME du GDR-MACS (CNRS) permet aux acteurs académiques français de partager leurs expériences et savoir-faire ;
- En France, le projet O2M (Outils de Modélisation Mécatronique), labellisé par les pôles Mov'eo et Systematic a permis de faire un état des lieux puis de faire progresser l'activité de conception mécatronique, tant d'un point de vue académique qu'industriel ;
- Le DAS SME (systèmes mécatroniques) du pôle Mov'eo est très actif en mécatronique, même si la thématique mécanique n'y est pas assez abordée. De nombreux projets FUI et ANR en sont issus ;
- L'IEED VeDeCoM doit traiter la problématique de la conception mécatronique dans le domaine des nouvelles mobilités ;
- Il en va de même de l'IRT SystemX dont certains projets et sous-projets sont amenés à traiter la problématique de la conception mécatronique ;
- Le DT Energie du pôle ASTech traite également de la problématique mécatronique dans le contexte aéronautique ;
- Le réseau Thésame (mécatronique et management) assure la promotion de la mécatronique auprès des industriels savoyards. Il assure également l'organisation et la promotion du congrès annuel EMM (Rencontres européennes de mécatronique).
- Un groupe d'industriels et d'académiques travaille sur la normalisation mécatronique au sein de l'UNM pour le compte de l'AFNOR. Les travaux sont désormais portés au niveau international (ISO) ;

### **1.3. Analyse SWOT sur la thématique concernée**

#### **1.3.1. Forces**

- La pluridisciplinarité et la nécessité du travail en équipe ;
- Une vraie prise de recul sur la conception des systèmes pour renouveler le processus de conception ;

#### **1.3.2. Faiblesses**

- L'interopérabilité des outils, par exemple pour l'analyse multi-physique, est souvent délicate à mettre en œuvre ;
- Un fort besoin en modèles compacts et réduction de modèles pour lesquels les choix pertinents en méthodes de réduction sont délicats ;

#### **1.3.3. Opportunités**

- Développement des systèmes « plus électriques », hybrides, nouvelles mobilités, nouvelles énergies ;
- L'approche « Cyber Physical Systems » devra être évaluée et prise en compte pour faire évoluer le processus de conception mécatronique ;

#### **1.3.4. Menaces**

- La difficulté à gérer la complexité des systèmes mécatroniques ;

- La difficulté à prendre en compte dans le processus de conception la recyclabilité de ces systèmes hautement intégrés ;
- D'un point de vue purement universitaire, la réticence des différents CNU impactés par la thématique mécatronique à prendre pleinement en compte la valeur de l'interdisciplinarité, est un frein pour la carrière des enseignants-chercheurs et donc pour la multiplication des projets collaboratifs allant dans le sens d'un processus de conception mécatronique plus efficace ;
- D'un point de vue purement industriel, l'organisation industrielle est encore trop souvent basée sur les domaines (bureaux d'études mécanique et électronique séparés voire même en concurrence) dans de nombreux grands groupes. Un nouveau processus de conception mécatronique ne sera vraiment efficace que lorsque l'organisation industrielle aura elle-même gagné en efficacité.

#### **1.4. Synthèse et conclusion**

La conception mécatronique est une discipline relativement nouvelle qui nécessite de nombreux développements afin de passer d'une juxtaposition peu efficace de conception par domaines (mécanique, informatique, électronique...) à une conception intégrée.

A ce titre, l'ingénierie système, la réduction des modèles multi-physiques, l'interopérabilité des outils, le PLM et la démarche « Cyber Physical Systems » sont autant de thématiques qui doivent être intégrées dans les futures activités de recherche ayant pour but de rendre plus efficace le processus de conception mécatronique.

Au sens large, les réseaux nationaux (GDR-MACS, UNM...) et internationaux (IOREM, ACCM, ISO...) contribuent au développement d'une conception plus efficace des systèmes mécatroniques. D'un point de vue purement français, cet objectif, s'il est soutenu par les pouvoirs publics, doit permettre aux industriels français, aidés par les laboratoires de recherche, de développer et produire des produits innovants et concurrentiels pouvant contribuer au redressement productif.

#### **1.5. Liste des contributeurs et remerciement aux acteurs mobilisés**

Jean-Yves CHOLEY, Supméca.

#### **1.6. Bibliographie et références**

- Jean-Yves CHOLEY, Régis PLATEAUX, Olivia PENAS, Christophe COMBASTEL, Hubert KADIMA; "A Consistent Preliminary Design Process for Mechatronic Systems" , in "Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications"; N. Pina, J. Kacprzyk, J. Filipe; pages 101-112, Springer-Verlag 2013, DOI: 10.1007/978-3-642-34336-0\_7
- PENAS O, PLATEAUX R., CHOLEY J.Y., KADIMA H., SORIANO T. , COMBASTEL C, RIVIERE A. « Conception mécatronique. Vers un processus continu de conception mécatronique intégrée ». TI Techniques de l'ingénieur, vol. BM 8 020, pp. 1-23, ed. TI Techniques de l'ingénieur, 2011
- R. PLATEAUX, O. PENAS, J.Y. CHOLEY, F. MHENNI, A. RIVIERE « Méthodologie de conception d'un produit mécatronique », Mécanique et Industries, 2009
- F. Mhenni, N. Nguyen, H. Kadima, J-Y. Choley, "Safety analysis integration in a SysML-based complex system design process", Systems Conference (SysCon), 2013 IEEE International, ISBN 978-1-4673-3107-4

- Moncef Hammadi, Jean-Yves Choley, Olivia Penas and Alain Rivière, “Multidisciplinary approach for modelling and optimization of Road Electric Vehicles in conceptual design level”, IEEE International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Railway and Ship Propulsion, 2012; ISBN 978-1-4673-1371-1
- Plateaux R., Choley J.Y., Penas O., Rivière A., “Towards an Integrated Mechatronic Design Process”, IEEE International Conference of Mechatronics, 2009, ISBN 978-1-4244-4194-5