

# **Modélisation et simulation haut-niveau de dispositifs MEMS pour le prototypage virtuel multi-physique en SystemC-AMS**

## **Mots clés :**

- **Directeur de thèse** : François Pecheux
- **Co-encadrant(s)** :
- **Unité de recherche** : Laboratoire d'informatique de Paris 6
- **Ecole doctorale** : École Doctorale Informatique, Télécommunications, Électronique de Paris
- **Domaine scientifique principal**: Divers

## **Résumé du projet de recherche (Langue 1)**

Les progrès en micro et nano technologies conduisent à l'émergence de nouvelles applications qui toutes interagissent finement avec leur environnement. Cet environnement intègre des domaines aussi variés que la physique (optique, mécanique, acoustique...), la biologie ou la chimie. De nos jours on intègre sur une même puce les parties analogiques, mixtes, radiofréquences et logicielles. Les méthodes et outils sont maintenant disponibles pour concevoir de tels systèmes. Mais il leur manque la nécessaire possibilité de description des environnements multi physiques, comme par exemple des nombreux capteurs et actionneurs, des éléments micro électromécaniques (MEMS), des capteurs liés à la biologie (ex : laboratoires sur puce) ou à la chimie (ex : détecteurs de gaz). Tous ces composants sont susceptibles d'interagir entre eux mais aussi avec le logiciel de contrôle. Pour relever ce défi, nous proposons la création d'un environnement de travail unifié, où la définition du système, le partitionnement de l'application entre les divers domaines physiques et la fonctionnalité globale pourront être analysés et vérifiés. L'objectif principal de cette thèse est la modélisation et simulation des dans le cadre d'une plateforme de travail unifiée pour la conception et la mise au point de prototypes virtuels de systèmes multi physiques. La réalisation des tels prototypes virtuels multi physique permet une vue de haut niveau de l'application. Cette vue peut alors être déclinée et raffinée en chacun de ses composants et, de proche en proche, conduire à des spécifications de plus en plus précises en valides de chaque sous composants, donc correctes par construction. Cette thèse se propose d'introduire une méthodologie innovante pour la réalisation de tels systèmes, ainsi que les outils associés, simulateur et interfaçage multi domaines basés sur le langage SystemC-AMS. Pour ce faire, la thèse capitalisera sur la plateforme de conception existante MEMS+ [1, 2, 3] et étendra à la multi physique les résultats obtenus par le projet MEDEA+ Beyond DREAMS [4, 5] qui était, lui, restreint au domaine purement électronique. Ce sujet de thèse propose des innovations clefs destinées à implémenter un environnement de conception unifié dédié au prototypage virtuel des systèmes multi physique assistés par l'électronique. A savoir : - \* Investigation d'une méthodologie de conception à haut niveau, d'exploration d'architecture et de vérification de systèmes MDVP basés sur les MEMS. - \* Contribution à un environnement de conception unifié dédié aux systèmes multi-physique avec MEMS - \* Contribution à une approche « correct par construction » pour l'intégration des MEMS dans le système complet. Cette thèse se concentrera sur les aspects de modélisation au niveau système pour les applications multi physiques afin de permettre la définition unifiée du système complet, l'exploration et l'optimisation de l'architecture et d'autoriser la vérification croisée inter domaines. La méthode sera validée sur des applications variées issues des secteurs divers (communication, aéronautique etc.). Nous proposons de développer de nouvelles techniques de modélisation pour abstraire les phénomènes rencontrés en multi-physique pour spécifier, analyser et optimiser une application dès le début du cycle de conception. Dans l'état de l'art actuel, ce niveau d'abstraction est présent dans le domaine de l'électronique numérique (logiciel et matériel, C++, SystemC...) et de l'électronique analogique ou AMS (ex: SystemC AMS). Rien n'est présent pour les autres domaines physiques tels que la mécanique, l'optique ou encore la biologie. Le compromis efficacité précision doit être suffisant pour permettre des temps de calcul raisonnables par rapport à la conception habituelle de systèmes. Il s'agit de mener une approche « correct par construction » pour l'intégration des sous-systèmes hétérogènes dans le système complet.

Les travaux du doctorant porteront sur l'écriture, en C++, d'une interface étendue entre SystemC et les modèles de MEMS basé sur la plateforme MEMS+ existante. Le travail sera évalué sur divers modèles de systèmes multidisciplinaires à réaliser par le doctorant. Les étapes successives de la thèse porteront sur : - \* La compréhension du SystemC et du prototype de simulateur Fraunhofer SystemC-AMS existant. - \* L'étude des besoins de simulation et de la co-conception pour prototypes virtuels multi-domaines (MDVP) basés sur les MEMS. - \* L'étude des différents modèles de calculs et simulateurs existants pour sélectionner le plus adapté pour les systèmes MEMS afin de permettre la mise en œuvre de la méthode des éléments finis pour la modélisation de systèmes mécaniques et physiques et leur intégration possible dans SystemC-AMS. Si aucun des modèles de calcul existants n'est adapté aux modélisations MEMS pour simuler ces systèmes dit à temps « réel » sur plusieurs secondes ou minutes, comportant des échelles de temps fortement disparates, il faudra envisager l'adaptation et le développement de nouveaux modèles de calcul. - \* Les modèles MEMS nécessitent des représentations différentes: une vue en 3-D géométrique, une vue en 2-D (layout) et une vue netlist contenant la description comportementale. Basé sur des modèles existants MEMS, le doctorant mettra en œuvre les modèles paramétriques en SystemC-AMS. - \* Pour valider le travail de recherche un ou plusieurs exemples de MDVP MEMS doivent être développés. Le doctorant participera à des nombreuses réunions du projet H-INCEPTION et présentera ses travaux dans des conférences et des revues internationales.

[1] G. Schröpfer, De la conception physique au design du système: Les générations actuelles et futures d'outils de développement dédiés aux MEMS, séminaire jointe du GDR MNT et GDR SOI-SIP, Paris, 23 November 2009, France [2] G. Schröpfer, G. Lorenz, S. Breit, Novel 3-D modeling methods for virtual fabrication and EDA compatible design of MEMS via parametric libraries, Journal of Micromechanics and Microengineering 20 (2010), 064003 [3] G. Lorenz, G. Schröpfer, Manufacturable and EDA compatible MEMS design via 3-D parametric library, "System-Level Modeling of MEMS", T. Bechtold, G. Schrag, L. Feng (Editors), Wiley, to be published in 2013 [4] Vasilevski, Pêcheux, Beilleau, Aboushady, Einwich, "Modeling and Refining Heterogeneous Systems With SystemC-AMS: Application to WSN", DATE 2008, [5] Lévêque, Pêcheux, Louërat, Aboushady, Cenni, Scotti, Massouri, Clavier "Holistic Modeling of Heterogeneous Embedded Systems with High Multi-Discipline Feedback: Application to a Precollision Mitigation Braking System", DATE 2012, p739-744

## Résumé du projet de recherche (Langue 2)

La technologie matérielle étant disponible le vrai défi est de comment concevoir, dimensionner, valider, implémenter et vérifier de tels systèmes multi domaines électroniquement assistés, et donc le logiciel de contrôle associé, pour éviter d'inutiles et très coûteuses boucles de déverminage et de mise au point de la conception du produit fini.

## Informations complémentaires (Langue 1)

Cette thèse fait partie du projet européen FP7 « Heterogeneous INCEPTION » (H-INCEPTION). Ce projet a pour objectif le développement et le déploiement d'une plateforme méthodologique intégrée et innovante permettant la conception et la validation de telles applications dès le niveau système. Cette méthodologie pourra alors être déployée au sein de l'industrie Européenne, fournissant tous les liens nécessaires depuis la conception jusqu'à la vérification via l'introduction de modèles et langages ad-hoc, de contrôles d'associations des sous-blocs et du simulateur associé. Les utilisateurs pourront alors concevoir et valider des prototypes virtuels de leurs applications bien en avance de phase, sans devoir attendre comme aujourd'hui la réalisation physique de tous les composants, et par là même de conserver leur avance en matière d'applications innovantes

