

REF : DIT 3-2018

Pour postuler : [olivia.penas@supmeca.fr](mailto:olivia.penas@supmeca.fr), [romain.barbedienne@irt-systemx.fr](mailto:romain.barbedienne@irt-systemx.fr) – Merci de mentionner le numéro de référence

## Thèse de Doctorat

### Méthodologie basée sur la théorie des catégories, adressant la définition cohérente d'une architecture de simulation.

#### Contexte de la thèse

L'Institut de Recherche Technologique [SystemX](#), situé au cœur du campus scientifique d'excellence mondiale de Paris-Saclay, et adossé aux meilleurs établissements d'enseignement supérieur et de recherche français, a pour mission de générer de nouvelles connaissances et solutions technologiques en s'appuyant sur les percées de l'ingénierie numérique et de diffuser ses compétences dans tous les secteurs économiques.

Plus particulièrement au sein de l'IRT SystemX, le programme de recherche « Industrie Agile » vise à développer de nouveaux outils et méthodologies de conception pour les produits et systèmes complexes. Au sein de ce programme, le doctorant sera rattaché au projet « Agilité et Marges de Conception » (AMC) qui vise à enrichir le travail d'outillage des architectes de simulation en mettant l'accent sur la gestion des marges de conception et le prototypage rapide d'architectures de simulation.

L'encadrement de la thèse sera assuré par Olivia Penas du laboratoire QUARTZ (EA7393) de Supmeca (St Ouen). La thèse sera inscrite à l'école doctorale Interfaces (ED 573) de l'Université Paris-Saclay. Le doctorant bénéficiera également d'un encadrement scientifique local dans le projet AMC par l'ingénieur-chercheur Romain Barbedienne.

Cette thèse sera co-encadrée par Régis Plateaux de QUARTZ et Antoine Spicher du Laboratoire d'Algorithmique, Complexité et Logique (LACL, EA4219) à l'UPEC. Les compétences liées à l'ingénierie multidisciplinaire seront apportées par l'équipe Ingénierie des Systèmes Mécatroniques et Multi-physiques (IS2M) du laboratoire QUARTZ. Les développements formels envisagés durant la thèse s'appuieront sur les compétences du LACL, dont la thématique principale est la conception des éléments théoriques pour la modélisation formelle de systèmes, des algorithmes et des logiciels.

Le poste est basé à l'IRT SystemX - Gif sur Yvette.

#### Sujet de thèse

Aujourd'hui, la simulation apporte d'énormes gains en ingénierie de conception : réduction des risques, agilité, réduction des coûts, etc. Elle est de fait un outil indispensable dans la phase de conception des produits pour les grandes entreprises. Dans un contexte de conception de plus en plus complexe intégrant plusieurs disciplines et acteurs, les processus de simulation doivent faire face aux problèmes des simulations multidisciplinaires. Parallèlement, les entreprises doivent assurer la bonne coordination des différents acteurs de la conception, afin qu'ils parviennent à formuler une réponse cohérente et efficace à l'objectif qu'ils poursuivent. En effet, même s'ils ont fait un effort significatif en étendant le nombre d'équipes de simulation à des départements entiers, cela ne garantit en rien la pertinence des résultats obtenus, les ingénieurs pouvant réaliser des simulations sans réellement comprendre l'intention de tels développements [2, 5].

Le projet "Simulation et Ingénierie Multidisciplinaire" (SIM) mené à l'IRT SystemX entre 2013 et 2016 a exploré les facteurs liés à la prise de décision durant la simulation et a identifié le rôle d'architecte en simulation dont la principale mission consiste à renforcer le lien entre le monde de la simulation et celui du système. Afin de démontrer la contribution des approches d'ingénierie collaborative et multidisciplinaire pour les projets de simulation de modèles complexes, et notamment en mode agile, le projet AMC propose de soutenir le travail des architectes de simulation, en leur fournissant la méthodologie et les outils MBSE (model based system engineering) pour la validation des modèles et des architectures de simulation.

Dans ce contexte, la thèse propose de développer une méthodologie MBSE, partant d'un besoin de simulation des Architectes Système (modèle Système) et visant à fournir la spécification des modèles physiques aux équipes expertes [1]. Cette méthodologie est basée sur l'utilisation du concept de Modèle d'intention [4, 6], que nous étendrons pour vérifier et enrichir la spécification des modèles dans une approche MBSE [1]. Ainsi, le travail de thèse portera sur le développement d'une méthodologie et le prototypage d'une plateforme basée sur la théorie formelle des catégories [7] et notamment des Ologs [8], pour supporter la génération automatisée ou semi-automatisée d'une architecture de simulation cohérente, avant la transmission de la spécification des modèles aux fournisseurs de modèles.

### Détails des travaux

L'objectif de cette thèse est d'assurer la cohérence des modèles en s'affranchissant de la dépendance aux outils, méthodes, langages, humains. Il s'agira pour cela d'étendre l'utilisation d'une première proposition « CatSE » (Category-based System Engineering) [3], à d'autres champs d'application en ingénierie.

On s'intéressera notamment à exploiter les résultats issus du projet AMC pour démontrer la pertinence et la généralité de ce cadre catégorique. Ces développements porteront sur la formalisation de la méthodologie MIMOSAS [1] pour la vérification de la spécification des modèles d'une architecture de simulation répondant aux besoins des architectes système dans une approche MBSE.

La transposition de l'approche de conception de l'architecture du système à la conception de l'architecture de simulation dans un contexte d'ingénierie systèmes, s'appuiera sur la cohérence méthodologique des modèles via la définition ontologique des éléments partagés et dépendants des différents modèles.

Lors de l'application à MIMOSAS, le doctorant pourra être amené à améliorer CatSE. A l'issue de ce premier travail, la comparaison des approches sur ces deux champs d'application pourra mettre en évidence des invariants.

Les retombées industrielles adressent l'optimisation du processus de vérification/validation de la conception par la simulation, en termes de coût, de temps, d'ingénierie collaborative relative aux choix d'architecture, de qualité des résultats.

### Références

1. Barbedienne R, Penas O, Yagoubi M, Duceau E, Landel E (2018) Model of Intention for the model specification verification during the simulation architecture design process. Roma, Italy
2. Joshua JY, Eeckhout L, Lilja DJ, Calder B, John LK, Smith JE (2006) The future of simulation: A field of dreams. Computer 39
3. Mhenni F, Choley J-Y, Penas O, Plateaux R, Hammadi M (2014) A SysML-based methodology for mechatronic systems architectural design. Advanced Engineering Informatics 28:218–231
4. Retho F, Smaoui H, Vannier J-C, Dessante P (2014) Model of Intention: A concept to support models building in a complex system design project. 10
5. Sibois R, Muhammad A (2015) Simulation Lifecycle and Data Management. Systems Engineering, VTT Technical Research Centre of Finland Tampere: sn 22
6. Sirin G (2015) Ingénierie des systèmes basés sur les modèles (MBSE) appliquée au processus de conception de simulation complexe: vers une ontologie de la modélisation et la simulation pour favoriser l'échange des connaissances en entreprise étendue. PhD Thesis, Ecole Centrale Paris
7. Spivak DI (2014) Category theory for the sciences. MIT Press
8. Spivak DI, Kent RE (2012) Ologs: A Categorical Framework for Knowledge Representation. PLoS ONE 7:e24274. doi: 10.1371/journal.pone.0024274

### Profil recherché

De formation BAC + 5 (master recherche et/ou diplôme d'ingénieur) en sciences pour l'ingénieur, génie industriel, ou informatique.

#### Connaissances et savoir-faire essentiels :

La thèse portera sur 2 champs disciplinaires :

- ingénierie des systèmes / simulation (Simulation Lifecycle Management),
- méthodes formelles/formalisation mathématique,

De fait, une forte curiosité scientifique, un goût pour les approches multidisciplinaires, de fortes compétences dans la formalisation de problèmes seront appréciés. Cette thèse fera appel à une dualité recherche fondamentale / recherche technologique qui demandera des capacités d'adaptation à ce cadre.

#### Qualités professionnelles :

- Capacités d'analyse, forte autonomie et esprit d'équipe ;
- Organisé et rigoureux ;
- Aptitude à communiquer aussi bien à l'oral qu'à l'écrit en français et en anglais.

Pour candidater, merci d'envoyer,

- un curriculum vitae détaillé,
- une lettre de motivation,
- un relevé de note de master 2 ou de dernière année d'école d'ingénieur
- une lettre de recommandation du responsable de master ou de département

à [olivia.penas@supmeca.fr](mailto:olivia.penas@supmeca.fr), [romain.barbedienne@irt-systemx.fr](mailto:romain.barbedienne@irt-systemx.fr)