

Contributions méthodologique et technique à l'interopérabilité pour le pilotage de projets d'ingénierie de systèmes complexes

Mots-clés : Ingénierie Système, Model-Based Systems Engineering, Interopérabilité, Collaboration, Gestion des connaissances, Pilotage

CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE GENERALE

Les projets d'ingénierie sont sujets à de nombreuses dérives : coûts, délais... Ces dérives sont issues d'abord du manque d'identification et de traçabilité des données importantes et pertinentes pour la conception et le suivi d'un projet/système, puis du manque de lien entre les données du projet/système et les indicateurs de suivi/performances de ce dernier.

Dans ce contexte, la thèse contribuera à un projet initié par l'entreprise AXONE, le projet THINK-IS. Celui-ci vise à développer et déployer chez les clients d'AXONE une plateforme numérique permettant à plusieurs acteurs métier (concepteurs, architectes, chefs de projet...) de collaborer dans un cadre à la fois rigoureux, collaboratif et en progressant en confiance pour concevoir des systèmes sociotechniques complexes, tout en restant autonome avec leurs usages et données propres. Pour cela, la démarche d'Ingénierie Système (IS) et, plus particulièrement, l'approche d'Ingénierie Système Basée sur des Modèles (ISBM – MBSE) ont été choisies comme cadres méthodologiques.

THINK-IS n'est pas un outil d'ingénierie mais une plateforme de fédération d'outils d'ingénierie. Celle-ci doit donc offrir à des acteurs multi métier la possibilité de continuer à accéder et manipuler des outils d'Ingénierie Système tout en partageant en confiance et sans pertes les données, informations et connaissances, dont des modèles, nécessaires à leurs travaux.

TRAVAIL PROPOSE

Cette thèse va consister à étudier, formaliser et systématiser quels sont les principes, concepts et approches d'interopérabilité à adopter qui guideront le développement de THINK-IS, puis d'en démontrer la faisabilité technique et l'intérêt pour les clients d'AXONE.

Il s'agit donc :

- D'étudier et de formaliser puis de concrétiser cette nécessaire interopérabilité, à la fois syntaxique, sémantique et pragmatique, entre des outils qui sont par nature hétérogènes (modélisation, analyse, simulation, gestion de projets, gestion de données...), des systèmes d'information variés et des acteurs métier qui les mettent en œuvre, tout en préservant leurs savoir et pratiques. THINK-IS sort donc de la seule problématique d'interopérabilité technique des outils, qui est déjà largement étudiée, sans réelle solution fiable. La contribution attendue est une approche dite unifiée d'interopérabilité en IS : c'est une contribution conceptuelle, méthodologique et technique.

- D'appliquer et d'adapter / affiner / améliorer chacune de ces contributions à l'interopérabilité sur les missions suivantes de la plateforme THINK-IS, sur lesquelles cette thèse va se concentrer :

- 1) Assister et promouvoir la structuration des Données, Informations et Connaissances d'un projet (notées DIC dans la suite), en tenant compte de la variété, du volume et de la

vitesse d'évolution de ces DIC. Une première analyse a mis en avant le besoin de référentiels pour le partage de DIC appelés *espaces de collaboration*, se présentant sous forme de *configurations* (voir IEEE 828-212) qu'il faut construire, gérer dans le temps, partager, savoir réutiliser, etc.

2) Offrir certains services d'Ingénierie Système jugés essentiels pour l'entreprise AXONE et pour la démonstration de faisabilité et d'intérêt. Ces services sont issus des pratiques d'AXONE dans le domaine. Leur but est, pour un projet, de valider le contexte, le besoin, la conformité des architectures au besoin, et d'accompagner l'acculturation et le déploiement de l'Ingénierie Système.

Cette thèse s'intègre donc totalement dans le projet de l'entreprise, et dans le développement de cette plateforme THINK-IS.

CAS D'APPLICATION ET LABORATOIRES THINK-IS

Les trois cas d'application suivants visent à être de véritables laboratoires d'études pour le ou la candidate et sur différents projets, en relation avec leurs parties prenantes. Il ne s'agira pas simplement d'un déploiement et d'une application brute des travaux menés. Le ou la candidate pourra ici comprendre les enjeux et les dimensions nécessaires de projets réalistes et à l'échelle pour orienter ses recherches, proposer puis valider ses contributions.

Trois exemples de cas d'application sont proposés :

- **Conception ou reprise de la conception d'une usine électrique**

Les systèmes électriques sont composés de plusieurs sous-systèmes (jusqu'à 40 sous-systèmes pour le RJH). Chacun de ces sous-systèmes peut avoir à répondre à près de 1000 exigences techniques, normes, performance... interconnectées avec les exigences des autres sous-systèmes et des systèmes de lots contractuels différents. Le constat est fait que le niveau global d'exigences s'est accru de façon exponentielle ces dernières décennies. De fait, la solution technologique répondant au besoin fonctionnel du client (équation à plusieurs milliers d'inconnues) s'est tellement complexifiée qu'elle peut ne plus être maîtrisable, sur les projets les plus complexes, même par la meilleure équipe d'experts dans le domaine. A ce titre, des simplifications, raccourcis ou impasses sont menés dans les grands projets. Cela conduit très souvent à des situations inextricables générant des délais supplémentaires et des surcoûts pouvant être conséquents voire insurmontables pour les parties prenantes. Le retour d'expérience montre des difficultés dans le pilotage des projets impactant leur déroulement tant au niveau technique, qu'au niveau du management du projet (coût, délais...) et de l'ingénierie Système (exigences, interfaces) mise en place. L'ensemble de données est ici éparpillé dans différents logiciels :

- De conception (caneco, BIM, CATIA...),
- De management de projet allant de MS Project pour la planification en passant par Excel pour les reportings ou par M-Files pour la gestion documentaire, par exemple,
- D'Ingénierie Système et de traçabilité (Reqtify),
- De bureautique plus classiques avec Excel ou Word.

Ces données doivent donc être structurées et organisées dans le but de pouvoir mettre à disposition des acteurs métier les 'bonnes' informations en temps réel sur les 3 domaines que sont le management de projet, le management IS et le cycle de vie du système.

- **Cas d'application d'un réacteur expérimental de recherche en fusion nucléaire (ITER)**

Le client est un fournisseur d'un sous-ensemble du réacteur expérimental ITER. Il est piloté par une organisation temporaire (F4E) qui rend compte au donneur d'ordre, client final et opérateur du système (ITER). Ce fournisseur doit gérer le cycle de vie du système depuis la spécification du système puis de ses sous-systèmes jusqu'à sa fabrication. Il prend intégralement en charge la phase d'ingénierie avec toutes les disciplines disponibles en interne mais fera appel si nécessaire à de la sous-traitance

qu'elle souhaite suivre dans un outil centralisé.

Le fournisseur doit, grâce à la plateforme, pouvoir adresser les sujets suivants :

- La gestion de projet allant des études sommaires (PDR) jusqu'à la fabrication et livraison sur site.
- La gestion des exigences (cycle en V tout au long).
- La gestion de la variabilité des différents sous-systèmes.
- Les gestions des interfaces internes et externes.
- La gestion de la configuration incluant la variabilité (design) et aussi la documentation associée (comment ne pas redonder les informations, ni multiplier les livrables).
- Le pilotage ou à minima la traçabilité des artefacts de sûreté (FFMECA, Hazard Log, RAMI etc.).
- Le partage, la visualisation et la gestion en configuration d'un modèle MBSE (type Capella) pour le travail d'architecture et de revues de design).

- **Cas d'application AXONE SNI©**

Dans les projets à forts enjeux de Performances ou de Sécurité comme le domaine nucléaire, les architectures techniques sont, comme dans tout système, guidées par les performances fonctionnelles mais aussi, dans des proportions importantes par les Performances transverses comme la Sûreté Nucléaire Intégrée (SNI©). Ce sont d'ailleurs ces dernières qui sont à la source de la complexité.

Le cas d'application AXONE SNI© visera donc à illustrer la démarche développée dans le cadre de la thèse en y intégrant les performances de Sûreté Nucléaire sur un équipement / sous-système à un niveau donné de l'arborescence technique. Il s'agira donc ici :

- D'établir les liens de traçabilité avec les Fonctions Importantes pour la Protection (FIP) de niveau Installation Nucléaire de Base (INB) ;
- D'établir les liens avec les paramètres « physiques » des Eléments Importants pour la Protection (EIP) ;
- De mettre en œuvre le modèle SNI© d'AXONE permettant de relier plus généralement tous les concepts SNI©

Ce cas permettra notamment de jouer des scénarios opérationnels vécus dans le cadre des projets lors de la conception ou la fabrication de tels systèmes (analyses d'impacts, définition et traçabilité des modes de preuves retenus pour assurer la conformité aux exigences, ...) tout au long de leur cycle de vie (gérés en configuration).

ENCADREMENT ET FINANCEMENT

L'Ecole Doctorale de rattachement est l'ED I2S de l'Université Montpellier (ED n°166).

La thèse se déroulera principalement au sein de l'entreprise AXONE, au Château de la Saurine, 1985, Route de Martina, 13590 MEYREUIL (<https://www.axonegroup.com>), et selon les besoins à l'IMT Mines Alès, 7 rue Jules Renard, 30319 ALÈS Cedex (<http://mines-ales.fr/>), dans le cadre d'une convention CIFRE.

L'encadrement sera le suivant :

- Directeur de thèse : Vincent CHAPURLAT, Professeur IMT Mines Alès, Responsable d'équipe ISOAR, Vice-Président Enseignement Recherche de l'AFIS (Association Française d'Ingénierie Système) ; vincent.chapurlat@mines-ales.fr, 04 34 24 62 87
- Co-encadrant : Joseph ARACIC, Expert en Ingénierie Système chez AXONE, depuis plus de 25 ans impliqué dans des projets de recherche et de déploiements autour de l'ingénierie des systèmes et plus particulièrement du MBSE, ingénierie des exigences, maîtrise de la variabilité et des lignes de produits. j.aracic@axonegroup.com, 06 03 80 83 49
- Co-encadrant : Maxence LAFON, Ingénieur Chef de Projet chez AXONE, Docteur de l'IMT Mines

Alès en SYAM (Systèmes Automatiques et Micro-Électroniques) dans les domaines de l'Ingénierie Système et du Démantèlement Nucléaire ; m.lafon@axonegroup.com, 06 08 70 77 50

AXONE est un acteur important dans la maîtrise des risques liés aux systèmes complexes. Au travers des projets qu'elle conduit pour ses clients, la société AXONE a su acquérir, mettre en application et développer des compétences stratégiques dans plusieurs secteurs d'activité et a choisi d'orienter son expertise dans la maîtrise des systèmes complexes à travers plusieurs domaines de compétences que sont l'Ingénierie Système, la Sûreté Nucléaire, la Sûreté de Fonctionnement et le Soutien Logistique Intégré.

Sur le plan méthodologique, et au travers d'une démarche systémique, AXONE accompagne toujours ses prestations d'un regard critique sur ses propres méthodes de travail, afin que le projet ou le produit accomplisse sa mission principale sous l'impérieuse nécessité de prévenir et gérer les risques en cherchant constamment à diminuer leur impact potentiel. Cette attitude permet dans de nombreux cas d'apporter une plus-value financière par la baisse du coût de l'impact d'un risque, ou par la diminution des contraintes induites par l'apparition d'un risque.

Le thème ISCR du Laboratoire des Sciences des Risques (LSR) de l'IMT Mines Alès travaille sur le développement des aspects conceptuels, méthodologiques et techniques pour soutenir des activités d'ingénierie d'un système complexe qui visent à produire et réaliser un artefact jugé satisfaisant pour répondre à l'ensemble des besoins, contraintes et usages des parties prenantes impliquées ou concernées par ces activités d'ingénierie. L'objectif est de leur permettre de comprendre, exprimer des besoins, modéliser, comparer des solutions et progresser en confiance (V&V et évaluation). 5 thèses ont été soutenues récemment (Amokrane, 2016), (Nastov, 2017), (Lemazurier, 2018), (Lafon, 2019) et (Moradi 2019) ; 2 thèses ont démarré au 1^{er} Novembre 2019 dans le cadre de la Chaire Industrielle MBSE-CI (Model Based Systems Engineering for Critical Infrastructures (Bourdon, Gaignebet)) ; enfin, 1 thèse CIFRE et une thèse CRE ont aussi démarré au 1^{er} Novembre 2019 (Roumilly sur la démonstration de sûreté nucléaire, et Bou-Slihim sur la modélisation et l'optimisation de parcours patients dans un système territorial de santé).

La durée du CDD est de 36 mois avec une rémunération brute annuelle de 27 000 € sous convention CIFRE. **La transformation en CDI sera discutée dès le démarrage de la thèse.**

PROFIL RECHERCHE

Le(la) candidat(e) doit être titulaire d'un diplôme de Master 2 ou d'Ingénieur, mettant en avant notamment des compétences dans le domaine du Génie Industriel.

Plus particulièrement, des connaissances et des expériences dans les domaines suivants seront particulièrement appréciées :

- Systémique et pensée Système,
- Développements informatiques pour outiller et développer le POC,
- Ingénierie Système et MBSE,
- Gestion de projet,
- Génie Logiciel.

Le(la) candidat(e) doit faire preuve de qualités d'organisation, de rigueur et doit être force de proposition. Par ailleurs, le sujet étant appelé à être pluridisciplinaire, une grande curiosité intellectuelle et des capacités relationnelles et d'adaptation à un secteur complexe sont également exigées.

CANDIDATURE

Tout(e) candidat(e) intéressé(e) est prié(e) de faire parvenir au plus vite son dossier de candidature par courrier électronique à :

- Vincent CHAPURLAT : vincent.chapurlat@mines-ales.fr
- Joseph ARACIC : j.aracic@axonegroup.com
- Maxence LAFON : m.lafon@axonegroup.com

Ce dossier doit être constitué des pièces suivantes :

- Un CV détaillé ;
- Une lettre de motivation décrivant l'intérêt et les souhaits au regard du domaine et du sujet proposés ;
- Des pièces attestant son niveau de diplôme (obtenu ou en cours d'obtention) ;
- Tous documents jugés nécessaires dont, en particulier, lettres de recommandation avec coordonnées précises des personnes signataires, présentation des travaux de R&D menés à bien durant la scolarité et/ou dans le cadre d'expériences professionnelles antérieures.

Une entrevue entre le (la) candidat(e) et les parties prenantes de cette thèse sera organisée très rapidement. Pour cela, le (la) candidat(e) devra présenter son projet de recherche et de développement au regard du sujet de thèse proposé.