

***Reconfiguration du système : une approche basée sur les modèles ;
d'une ontologie à la méthodologie faisant le lien entre l'ingénierie et les
opérations***

***System reconfiguration: A model based approach
From an ontology to the methodology bridging engineering and
operations***

par Lara QASIM

Résumé de thèse

Doctorat d'Ingénierie des Systèmes Complexes

Laboratoire Génie Industriel - CentraleSupélec

Thèse soutenue le 2 décembre 2020 à CentraleSupélec

Devant le jury composé de :

Afreen Siddiqi

Research scientist, Massachusetts Institute of Technology -Adjunct lecturer,
Harvard Kennedy School

Rapporteur

Michel Aldanondo

Professeur, Toulouse University - Mines Albi

Rapporteur

Guy André Boy

Professeur, CentraleSupélec

Examineur

Didier Theilliol

Professeur, Université de Lorraine

Examineur

Marija Jankovic

Professeur, CentraleSupélec

Directrice de thèse

Sorin Olaru

Professeur, CentraleSupélec

Co-encadrant

Andreas Makoto Hein

Chercheur, CentraleSupélec

Co-encadrant

Jean-Luc Garnier

Directeur Architecture et Ingénierie systèmes, Thales Vincent Chapurlat

Invité

Professeur, Ecole des Mines d'Alès

Publications scientifiques

Invité

Résumé:

Les évolutions des systèmes doivent être gérées de manière à garantir l'efficacité et l'efficience du système tout au long de son cycle de vie, en particulier lorsqu'il s'agit de systèmes complexes qui nécessitent des années de développement et des dizaines d'années d'utilisation. La reconfiguration des systèmes est primordiale pour la gestion des systèmes complexes, car elle permet d'assurer la flexibilité et l'adaptabilité des systèmes en ce qui concerne leur évolution. La reconfiguration des systèmes assure l'efficacité opérationnelle et augmente les qualités des systèmes (par exemple, la fiabilité, la disponibilité, la sécurité, etc.).

Cette thèse a été effectuée en partenariat avec une entreprise évoluant dans les domaines de l'aérospatial, de l'espace, du transport, de la défense et de la sécurité. Les entreprises portent un intérêt croissant sur la reconfiguration des systèmes afin de garantir leurs efficacités opérationnelles. L'objectif de cette thèse est de proposer une approche basée sur les modèles pour soutenir la reconfiguration de système.

En effectuant une étude descriptive, basée sur une étude de terrain et l'analyse de l'état de l'art, le développement d'un support lié à la reconfiguration de système a été identifié comme enjeu industriel majeur. Le défi principal consiste à identifier les données relatives à la reconfiguration des systèmes et leurs mécanismes d'intégration afin d'atteindre cet objectif.

Dans cette thèse, nous présentons une ontologie, que nous avons nommé OSysRec, qui intègre les données nécessaires pour la reconfiguration et gestion des systèmes. De plus, OSysRec agrège les trois aspects indispensables à la gestion des process de la reconfiguration de système: la structure, la dynamique, et la gestion. Nous présentons également une méthode basée sur les modèles (MBSysRec) qui intègre les données de reconfiguration et fait le lien entre les phases d'ingénierie et d'opération. Cette méthode est multidisciplinaire qui implique des générations combinatoires de configurations et des décisions multicritères pour leurs évaluations et sélections. Nous avons pu démontrer sur deux cas d'étude la validité de cette méthode pour trouver des solutions performantes et pertinentes. Cette thèse est un premier étape pour la mise en œuvre d'une approche basée sur les modèles pour la reconfiguration de système permettant leur flexibilité et leur adaptabilité

Mots clés :

Reconfiguration de système, management de système, Model-based systems engineering, développement d'ontologie, génération des configurations, évaluation and sélection des configurations, opération

Abstract:

System evolutions have to be managed to ensure system effectiveness and efficiency through its whole lifecycle, particularly when it comes to complex systems that take years of development and dozens of years of usage. System Reconfiguration is key in complex systems management, as it is an enabler of system flexibility and adaptability regarding system evolutions. System reconfiguration ensures operational effectiveness and increases system qualities (e.g., reliability, availability, safety, and usability).

This research has been conducted in the context of a large international aerospace, space, ground transportation, defense, and security company. This research aims at supporting system reconfiguration during operations.

First, we conducted a descriptive study based on a field study and a literature review to identify the industrial challenges related to system reconfiguration. The main issue lies in the development of reconfiguration support. More specifically, challenges related to data identification and integration were identified. In this thesis, we present the OSysRec ontology, which captures and formalizes the reconfiguration data. The ontology synthesizes the structure, dynamics, and management aspects necessary to support the system reconfiguration process in an overall manner.

Furthermore, we present a model-based method (MBSysRec) that integrates system reconfiguration data and bridges both the engineering and the operational phases. MBSysRec is a multidisciplinary method that involves combinatorial configuration generation and a multi-criteria decision-making method for configuration evaluation and selection.

This thesis is a step towards a model-based approach for system reconfiguration of evolving systems, ensuring their flexibility and adaptability

Key words:

System reconfiguration, system management, Model-based systems engineering, ontology development, configuration generation, configuration evaluation and selection, operations.

L'Ecole Doctorale Interfaces de l'Université Paris-Saclay

L'Ecole Doctorale **INTERFACES - Approches interdisciplinaires: fondements, applications et innovations** rassemble des équipes dont les sujets de recherche se caractérisent par un positionnement principalement au **croisement de plusieurs disciplines** : la physique, la chimie, la biologie, mais également les mathématiques appliquées ou l'informatique.

L'ED Interfaces est co-opérée par 4 établissements de l'Université Paris-Saclay : Ecole Polytechnique, Université de Versailles - Saint-Quentin, CentraleSupélec, Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées.

Le Laboratoire Génie Industriel

Le Génie Industriel se donne comme **défi scientifique** de "**maîtriser la conception et le management des systèmes complexes**".

- Maîtriser c'est modéliser, simuler, optimiser, dimensionner, spécifier ...
- La conception est traitée en terme de faisabilité, utilité, utilisabilité, opérabilité, maintenabilité
- Le management est vu sous ses aspects performance, création de valeurs, risques, sûreté de fonctionnement, métriques

Les systèmes complexes abordés sont indifféremment des systèmes techniques, organisationnels, opérationnels, informationnels, décisionnels, tactiques, stratégiques

Le Laboratoire s'organise en quatre équipes de recherche :

↪ **Equipe DE : Design Engineering**

↪ **Equipe OM: Operations Management for production and distribution systems of goods and services**

↪ **Equipe SR : Safety & Risks**

↪ **Equipe SE : Sustainable Economy**

Les thèses se font principalement dans l'un des domaines scientifiques relatifs à une équipe, même s'il peut arriver qu'elles se fassent transversalement à ces dernières. C'est la complexité des approches (robust-design, axiomatic-design, approche systémique, recherche opérationnelle, modèles stochastiques, évaluation des performances ...) qui fait la force, la performance et l'originalité du Laboratoire.