

Rapport d'avancement de thèse

- **Doctorant** : Julien VAUBOURG (depuis le 1^{er} octobre 2013)
- **Titre provisoire** : *Multi-modélisation, multi-simulation dans le cadre des SmartGrids*
- **Encadrants** : Vincent CHEVRIER, Laurent CIARLETTA

1 Contexte

Les SmartGrids (SG) sont des réseaux électriques intelligents, ayant pour objectifs de prendre en considération :

1. **les réglementations écologiques** (connecter des sources d'énergie intermittentes et délocalisées) ;
2. **les pics de consommation** (adapter la consommation à la production plutôt que l'inverse) ;
3. **autres** (boom des voitures électriques, ouverture des marchés à la concurrence, contrôle de la tension délivrée, etc).

Simuler les SG permet de tester de nouveaux algorithmes et modes opérationnels. Ma thèse s'inscrit dans cette problématique, dans le cadre d'un contrat entre Inria et EDF R&D et du projet MS4SG (*Multi-Simulation for SmartGrids*).

2 Simulation de SmartGrids

Une SG regroupe trois domaines d'expertise : les réseaux électriques, les réseaux de communication et les systèmes d'information. Des modèles provenant de ces trois domaines sont nécessaires pour simuler une SG complète. Cette contrainte nous conduit à deux principaux objectifs :

1. **La réutilisabilité** : De nombreux modèles, prouvés ou éprouvés par des experts, existent déjà dans chacun des trois domaines d'expertise. Les réécrire tous nécessiterait beaucoup de compétences et de moyens.
2. **La co-simulation** : Pour simuler une SG complète, il faut connecter tous ces modèles (créer un multi-modèle) entre eux et les exécuter ensemble dans une même simulation (exécuter une co-simulation).

Ceci nécessite de considérer l'hétérogénéité d'un multi-modèle, ce qui nous conduit à deux principaux défis :

1. **Hétérogénéité au niveau des modèles** : intégrer différents formalismes (principalement équationnels, à événements discrets ou à base d'automates) et différentes représentations (échelles de temps, données échangées, etc).
2. **Hétérogénéité au niveau des logiciels** : assurer l'interopérabilité des simulateurs (langages, plateformes, instrumentation depuis l'extérieur, etc) pour réutiliser les implémentations existantes des modèles.

Le projet de recherche MECSYCO¹ (*Multi-Agent Environment for Complex SYstems CO-Simulation*) développé par les équipes MAIA et Madynes est une plateforme de co-simulation qui a ces deux principaux objectifs. En utilisant un paradigme multi-agent et le formalisme DEVS, elle permet de produire un logiciel de co-simulation exécutable à partir d'un schéma intuitif. J'ai travaillé sur l'évolution de la plateforme et son utilisation pour la simulation des SG durant l'année écoulée, avec un intérêt particulier pour la partie réseaux de communication. Les prochaines sections synthétisent mes contributions et mes objectifs pour la suite de mon doctorat.

3 Travail réalisé

Nous avons travaillé cette année sur la réalisation de la simulation du cas d'étude *Concept Grid*, proposé par EDF R&D. Ce cas d'étude a permis de prouver que MECSYCO était une solution adaptée à la simulation de SG. J'ai participé à sa conception et à l'amélioration de la plateforme et j'ai conçu le modèle du réseau IP [7]. Ce travail a donné lieu à quelques publications [1] [2] [4]. Ce fut également l'opportunité de proposer des contributions² au modèle CPL³ de [ASHL13], et de remonter un bug NS-3⁴ qui a donné lieu à un patch officiel⁵.

1. Le projet a changé de nom cette année et correspond au projet AA4MM (*Agent & Artefact for Multi-Modeling*) présenté l'année précédente.

2. <https://github.com/ns3-plc-module/plc/pull/5>, <https://github.com/Bakhazard/plc-gnosis/pull/5>

3. Courants Porteurs en Ligne

4. https://groups.google.com/forum/#!topic/ns-3-users/t_SMjHCjGh0

5. https://www.nsnam.org/bugzilla/show_bug.cgi?id=2073

J'ai particulièrement concentré mon travail sur les modèles IP, en identifiant deux principaux types de couplage, qui conduisent à des défis différents :

1. **Structurel** : interconnexion de deux modèles partageant un même état, permettant de représenter la dynamique du système simultanément au travers des deux modèles (couplage d'un modèle de compteur électrique intelligent au modèle représentant le réseau IP, par exemple).
2. **Spatial** : interconnexion de deux modèles, qui échangent des événements comme les systèmes correspondant échangeraient des données (couplage de deux modèles IP qui représentent chacun une partie de la topologie globale, éventuellement implémentés pour des simulateurs incompatibles entre eux, par exemple).

J'ai intégré cette année le logiciel de simulation IP NS-3 (*Network Simulator 3*) à la plateforme MECSYCO, en expérimentant ces deux types de couplage. Un rapport technique [6] sur l'intégration de simulateurs existants à une plateforme de co-simulation basée sur DEVS a été écrit à cette occasion. Les recherches associées sur les modèles IP ont donné lieu à la soumission d'une publication à SIMUTools'15 [5]. Elle a été rejeté, notamment à cause de l'absence de couplage avec un autre simulateur que NS-3 et le manque de métriques sur les performances. J'ai encadré un PIDR pour travailler sur l'intégration du simulateur IP OMNeT++. La suite de mes recherches aura pour objectif de finir cette intégration et de mieux formaliser les couplages spatiaux entre modèles IP, en identifiant comment répartir (1) les nœuds et (2) les couches protocolaires sur plusieurs simulateurs IP [5]. Les objectifs de Riley et al. [RAF⁺04] sont similaires, mais avec une approche orientée fédération (exécution centralisée) et un focus particulier sur les performances de l'ordonnanceur plutôt que sur la formalisation des méthodes d'intégration des modèles et simulateurs existants. L'objectif à plus long terme est d'utiliser un méta-modèle pour décrire une simulation IP complète, en permettant au modélisateur de faire abstraction des différents simulateurs IP qui seront utilisés pour l'exécution des modèles sous-jacents.

J'ai également assuré 134 heures de médiation scientifique⁶, qui ont donné lieu à la participation à une publication [3]. J'ai aussi fait 32 heures de TD/TP à TELECOM Nancy et encadré un stage pour améliorer la version C++ de MECSYCO.

4 Publications

Conférences internationales avec actes :

- [1] MULTI-AGENT MULTI-MODEL SIMULATION OF SMART GRIDS IN THE MS4SG PROJECT
J. Vaubourg, Y. Presse, B. Camus, C. Bourjot, L. Ciarletta, V. Chevrier, J.-P. Tavella, and H. Morais
PAAMS'15 (paper) - Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems
- [2] SMART GRIDS SIMULATION WITH MECSYCO
J. Vaubourg, Y. Presse, B. Camus, C. Bourjot, L. Ciarletta, V. Chevrier, J.-P. Tavella, H. Morais, B. Deneuille and O. Chilard
PAAMS'15 (démo) - Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems
- [3] WHEN SHARING COMPUTER SCIENCE WITH EVERYONE ALSO HELPS AVOIDING DIGITAL PREJUDICES
M. Duflot, M. Quinson, F. Masegla, D. Roy, J. Vaubourg, and T. Viéville
Scratch2015AMS (paper) - 7th international Scratch conference (Amsterdam)

Conférences nationales avec actes :

- [4] SIMULATION DE SMART GRIDS AVEC MECSYCO
J. Vaubourg, Y. Presse, B. Camus, C. Bourjot, L. Ciarletta, V. Chevrier, J.-P. Tavella, H. Morais, B. Deneuille and O. Chilard
JFSMA'15 (demo) - Journées Francophones sur les Systèmes Multi-Agents

Rapports techniques et scientifiques :

- [5] CO-SIMULATION OF IP NETWORK MODELS IN THE SMART GRIDS CONTEXT, USING A DEVS-BASED PLATFORM
J. Vaubourg, V. Chevrier, and L. Ciarletta
HAL (paper) - Proposed to the 8th International Conference on Simulation Tools and Techniques (SIMUTools'15)
- [6] INTÉGRATION DE SIMULATEURS EXISTANTS À UNE PLATEFORME DE CO-SIMULATION BASÉE SUR DEVS
J. Vaubourg, V. Chevrier, and L. Ciarletta
HAL (technical report)
- [7] CONCEPT GRID : RÉSEAU DE TÉLÉCOMMUNICATIONS
J. Vaubourg, L. Ciarletta, V. Chevrier, Y. Presse, and B. Ségault
Non-public (industrial deliverable)

Références

- [ASHL13] F. Aalamifar, A. Schloegl, D. Harris, and L. Lampe. *Modelling Power Line Communication Using Network Simulator-3*. December 2013.
- [RAF⁺04] George F. Riley, Mostafa H. Ammar, Richard M. Fujimoto, Alfred Park, Kalyan Perumalla, and Donghua Xu. A Federated Approach to Distributed Network Simulation. *ACM Trans. Model. Comput. Simul.*, 14(2) :116–148, April 2004.

6. <https://iww.inria.fr/CodCodCoding/>