

# Animation de modèles UML - Application dans le contexte des Smartgrids

Rachida Seghiri  
Télécom SudParis  
Evry, France  
rachida.seghiri  
@telecom-sudparis.eu

Anne Picault  
EDF R&D  
Clamart, France  
anne.picault  
@edf.fr

Claire Lecocq  
Institut  
Mines Télécom/  
Télécom SudParis  
UMR CNRS Samovar  
Evry, France  
Claire.Lecocq  
@it-sudparis.eu

Bruno Traverson  
EDF R&D  
Clamart, France  
bruno.traverson  
@edf.fr

## Abstract

L'arrivée des Smartgrids dans le domaine électrique apporte de profonds changements au sein des Systèmes d'Information (SI) actuels. Vu l'ampleur et la complexité des évolutions à apporter pour introduire une forme d'intelligence répartie dans les divers composants du réseau électrique, il convient de les simuler à un niveau accessible à des non-informaticiens. Par ailleurs, les ateliers UML du commerce proposent de plus en plus fréquemment des moyens d'animation de modèles. Ce papier propose un état de l'art relatif à la simulation de SI en trois volets : modélisation de SI, aspect comportemental et critères d'évaluation. Puis, nous étayons cet état de l'art par la simulation d'un cas métier illustratif des Smartgrids en faisant le choix d'un outil de simulation. Nous proposons en conclusion une synthèse de nos travaux et quelques perspectives.

Mots clés : simulation, système d'information, Smartgrids, qualité, modélisation.

## 1 Introduction

L'arrivée des Smartgrids apporte de profonds changements dans les manières de travailler autour du réseau de distribution d'électricité. Ainsi, les processus métier, le Système d'Information (SI) qui les implémente et les techniques informatiques et télécom évoluent fortement, sans qu'il soit possible pour l'instant de voir précisément la validité future des scénarios élaborés pour répondre aux évolutions Smartgrids. A l'heure actuelle, de nombreux démonstrateurs ont été lancés pour vérifier la pertinence des scénarios de manière expérimentale. Afin de faciliter la validation de ces scénarios, il convient dans un premier temps d'être capable de les formaliser à l'aide de modèles. Dans un second temps, il faut également être capable de les exécuter, afin d'évaluer le comportement dans le temps des systèmes modélisés selon des critères définis. Cette seconde étape reste très peu pratiquée aujourd'hui.

Les apports attendus de la simulation de SI sont de valider a priori le fonctionnement de ce SI en terme de qualité et de performances, d'affiner la mise au point des spécifications, de certifier des composants par rapport aux standards du domaine électrique [3], d'évaluer des scénarios alternatifs, et enfin, en lien avec la simulation formelle de composants du réseau électrique, de valider a priori des scénarios en simulant de bout en bout l'ensemble du système, au-delà du SI à proprement parler.

L'objectif des travaux ici présentés est de proposer des techniques de simulation des SI des Smartgrids à un niveau accessible à des non-informaticiens. Nous introduisons tout d'abord le domaine des Smartgrids et quelques démonstrateurs en cours. Puis nous présentons les techniques étudiées pour la simulation SI. Ensuite, nous décrivons le cas métier tiré du domaine des Smartgrids. Enfin, la dernière partie conclut et tire des perspectives.

## 2 Smartgrid

Un Smartgrid est un réseau électrique intelligent qui sert à optimiser la production, la distribution et la consommation de l'électricité grâce à l'introduction des nouvelles technologies de l'information et de la communication sur le réseau électrique [2]. Cette communication entre les différents points du réseau permet de prendre en compte les actions des différents acteurs du système électrique, et notamment celles des consommateurs. L'objectif est d'assurer l'équilibre entre l'offre et la demande à tout instant avec une réactivité et une fiabilité accrues et d'optimiser le fonctionnement des réseaux.

En France, plusieurs démonstrateurs ont vu le jour afin de tester ces nouveaux réseaux électriques intelligents. Nous décrivons ici succinctement les deux exemples ADDRESS et PREMIO qui servent de point de départ à notre cas métier.

### 2.1 ADDRESS

Le projet européen ADDRESS (Active Distribution network with full integration of Demand and distributed energy RESsourceS) vise à concevoir et développer des solutions technologiques permettant une gestion "intelligente" de la consommation d'électricité [11]. Son objectif est d'améliorer l'efficacité, la sécurité et la qualité de l'alimentation en électricité dans un contexte de production électrique d'origine renouvelable croissante.

En France, ADDRESS prévoit de réaliser des expérimentations sur les îles bretonnes de Houat et Hoëdic. EDF invite des clients particuliers et professionnels à s'impliquer dans l'expérimentation, qui permettra d'étudier les possibilités de déplacement de la consommation (arrêt ou report de certains appareils électriques) et leurs effets, par exemple pour réduire les pics de consommation ou utiliser d'avantage les énergies renouvelables lorsqu'elles sont disponibles.

### 2.2 PREMIO

Partant du constat que l'alimentation en électricité de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) est fragile (la majorité de ses besoins électriques sont assurés par une seule ligne électrique haute tension), PREMIO vise à optimiser la gestion globale du réseau électrique de la région PACA en intégrant les nouvelles technologies de l'information [10]. Ce réseau intelligent intègre la production locale d'énergie, l'effacement (il s'agit de réduire la consommation des utilisateurs sans en dégrader le confort), le stockage/déstockage de la chaleur ou du froid.

Les deux exemples de démonstrateurs présentés ici permettent, à ce stade de notre étude, de mettre au point un cas métier Smartgrid démonstratif, qui est présenté en partie 4. La partie suivante présente les méthodes et techniques étudiées pour mettre en œuvre notre cas métier.

## 3 Simulation de systèmes d'information

Avant de simuler le SI, il convient d'abord de le modéliser. Nous nous sommes donc intéressés tout d'abord aux cadres architecturaux de l'ingénierie des modèles et de l'architecture de SI. Puis nous avons étudié les aspects comportementaux dans les langages de modélisation. Nous avons ensuite exploré les critères d'évaluation d'une simulation de SI au travers des normes de qualité logicielle. Nous positionnons enfin l'ensemble de ces modèles et normes par rapport à notre problématique de simulation de SI.

### 3.1 Cadre architectural

Standard initié par l'OMG en 1999, MDA (Model Driven Architecture) propose un cadre méthodologique et architectural de développement et d'intégration des SI qui assure la pérennisation des architectures métier de l'entreprise en les découplant des préoccupations technologiques [5]. MDA prône l'utilisation des modèles dans toutes les phases d'élaboration d'une application informatique, de la conception à la génération de code, en se basant sur le mécanisme de transformation de modèles.

D'autre part, RM-ODP (Reference Model for Open Distributed Processing) est un cadre normatif d'architecture SI fondé sur cinq points de vue [7] : Entreprise (activités métier), Information (information traitée et de quelle manière), Traitement (traitements effectués par les différents composants en faisant abstraction de la plate-forme technique), Ingénierie (mécanismes logiciels permettant la distribution des composants) et Technologie (technologies matérielles et logicielles). Cependant, la correspondance entre les points de vue n'est donc pas nécessairement respectée, chaque point de vue pouvant être spécifié de façon isolée.

MDA comme RM-ODP mettent en avant la notion de point de vue pour pérenniser les spécifications d'un SI. RM-ODP donne une définition et une représentation des éléments de chaque point de vue d'un SI. MDA apporte les techniques de transformation de modèles qui permettent d'automatiser la cohérence d'un point de vue à l'autre.

### 3.2 Aspect comportemental

Les aspects comportementaux d'un SI peuvent être représentés de façon très variée. Nous avons réduit notre analyse à des représentations qui se sont imposées comme standards de fait dans les communautés scientifiques comme dans l'industrie : machines à états d'UML et diagrammes d'activités d'UML [9].

Les machines à états d'UML décrivent le comportement interne d'un objet à l'aide d'un automate à états finis. La vision globale du système n'apparaît cependant pas sur ce type de diagramme. Les diagrammes d'activités UML, eux, permettent de mettre l'accent sur les traitements. Ils sont donc particulièrement adaptés à la modélisation du cheminement de flots de contrôle et de flots de données. Ils permettent ainsi de représenter graphiquement le comportement d'une méthode ou le déroulement d'un cas d'utilisation. Dans la phase de conception, les diagrammes d'activités sont particulièrement adaptés à la description des cas d'utilisation. Plus précisément, ils viennent illustrer et consolider la description textuelle des cas d'utilisation. Ces diagrammes permettent de se concentrer sur les activités telles que les voient les acteurs qui collaborent avec le système dans le cadre d'un processus métier. La modélisation du flot d'objets est souvent importante dans ce type d'utilisation des diagrammes d'activités.

### 3.3 Critères d'évaluation

La simulation de SI doit être évaluée au moyen de critères clairement et préalablement définis. Pour établir ceux-ci, nous étudions ici les normes liées à la qualité logicielle.

L'organisme de normalisation ISO a défini le standard ISO IEC 9126 [4] qui décrit les attributs de qualité logicielle. Ce standard définit six caractéristiques permettant de qualifier un logiciel : la capacité fonctionnelle, la fiabilité, la performance, la facilité d'utilisation, la facilité de maintenance et la portabilité. Mais ISO 9126 n'intègre pas de guides utilisateurs ni de méthode pour mener les évaluations. Pour palier à ces manques, l'ISO a proposé la norme ISO IEC 25000, plus communément appelée SQuaRE (Software product Quality Requirement and Evaluation). Son objectif principal est de poser un cadre pour définir les exigences qualité d'un logiciel (en

se basant sur ISO 9126) et un modèle de qualité associé, ainsi que la manière dont ces exigences seront évaluées (métriques et méthodes d'évaluation).

### 3.4 Positionnement

Au delà des techniques standards présentées ci-dessus, nous positionnons ici des études récentes liées à notre problématique par rapport à nos besoins de simulation de SI.

Ainsi, tout d'abord, la problématique de l'alignement entre la description des processus métier et leur exécution sur une architecture de composants est abordée par [6]. Même si l'approche est intéressante, les auteurs reconnaissent que la partie comportementale n'est pas prise en charge automatiquement et reste en grande partie à la charge de l'utilisateur. D'autre part, une solution originale au maintien de la cohérence entre les modèles structurels et les modèles comportementaux est proposée par [8]. Enfin, [1] introduit l'ingénierie des langages comme un domaine émergent, fruit de la synthèse des techniques de l'ingénierie des modèles et des techniques de compilation. Ce domaine laisse entrevoir de nouvelles solutions plus complètes permettant d'allier le niveau d'abstraction des modèles et les moyens d'analyse et d'optimisation apportés par les compilateurs.

Ces études récentes apportent des briques intéressantes dans le cadre de notre problématique, notamment pour assurer la cohérence dans la durée entre les diagrammes d'activité utilisés pour la simulation et les autres représentations du SI des Smartgrids. Elles ne permettent pas toutefois de prendre en compte tous les aspects de nos besoins de simulation de manière intégrée et adaptée au profil des utilisateurs visés par notre étude. Nous présentons ci-après un cas métier permettant d'illustrer la façon dont nous avons mis en œuvre les différents modèles, normes et outils pour répondre à notre problématique.

## 4 Cas métier

### 4.1 Le processus métier

Le but du cas pratique est de simuler un processus métier afin de l'évaluer selon un critère d'évaluation qui est la capacité fonctionnelle comme défini dans ISO 9126.

Nous nous basons sur les processus métier des démonstrateurs PREMIO et ADDRESS pour élaborer un processus fictif "Pilotage de la charge domestique" modélisé dans la Figure 1. Ce processus fait intervenir l'acteur Centrale de pilotage, qui recueille le bulletin météo et les informations de maintenance du réseau électrique, calcule la quantité de charge à stocker ou à déstocker et envoie l'ordre de pilotage à la batterie, l'acteur Batterie, qui est installée chez le client, reçoit l'ordre de pilotage de la centrale et l'exécute après l'aval du client, et l'acteur Client, qui reçoit la demande de la batterie d'exécuter l'ordre de la centrale, le refuse ou l'accepte (au quel cas il reçoit une commission). Ce processus est simplifié pour les besoins de la démonstration : il contient uniquement trois acteurs, douze activités et trois messages.

### 4.2 Mise en oeuvre

Nous choisissons de modéliser ce processus sous forme d'un diagramme d'activité UML. En effet, la spécification des deux démonstrateurs est faite en langage UML, et nous avons auparavant estimé que les diagrammes d'activité présentent la meilleure adéquation à la description de notre système global. En ce qui concerne l'outil, nous faisons le choix d'utiliser Enterprise Architect (EA), outil support aux différents modèles de classes et de processus standards métier

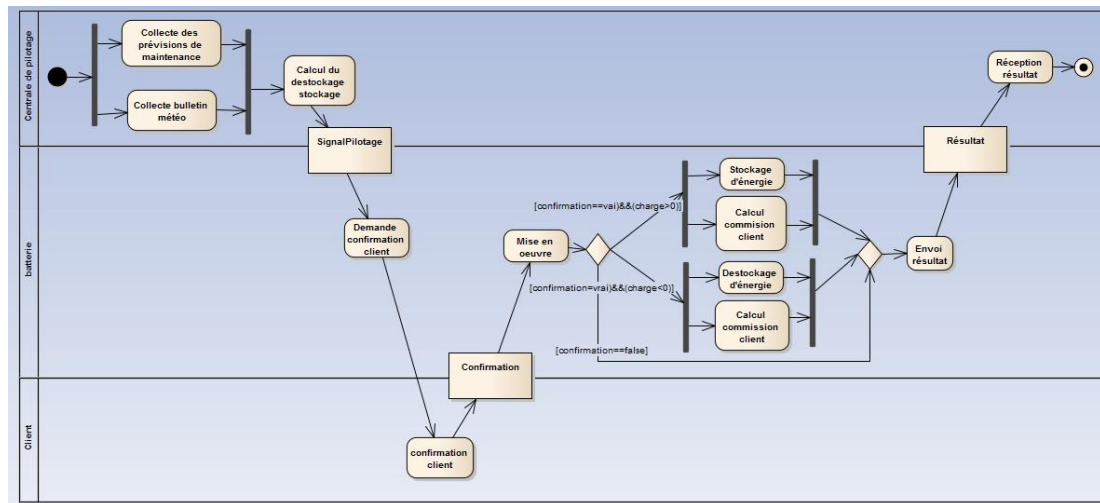


Figure 1: Processus de Pilotage de la charge domestique

[3], qui permet désormais d’animer des machines à états, des diagrammes de séquences et des diagrammes d’activités.

Après avoir réalisé notre diagramme d’activités, nous le compilons et lançons la simulation, puis le diagramme s’anime : le passage entre les différentes activités est matérialisé par le changement de couleur de l’activité en cours et l’affichage des différentes valeurs prises par les attributs de classe. La charge à stocker/déstocker et la commission due au Client sont choisies arbitrairement par l’utilisateur, qui joue ainsi le rôle de gestionnaire de réseau. Les attributs concernant le bulletin météo, la prévision de maintenance du réseau électrique ou encore la confirmation du client sont des événements aléatoires du point de vue de la gestion des réseaux. Leur génération aléatoire, ainsi que celle des conditions de passage entre les activités, sont développées en C# au sein d’EA.

### 4.3 Bilan du cas métier

Le cas métier réalisé nous a permis de mettre en œuvre une animation de diagrammes UML à l’aide d’un outil accessible à des utilisateurs n’étant pas experts informaticiens. Ce premier pas nous permet de faciliter la validation à dire d’expert du processus, et intéresse d’ors et déjà de nombreux utilisateurs métier. Dans un second temps, il conviendra de définir les métriques permettant d’évaluer la réponse de la simulation au critère d’évaluation de capacité fonctionnelle. De plus, il conviendra d’améliorer l’interaction entre le diagramme de classe et le diagramme d’activité lors de la simulation. D’une part, il nous faudra parvenir à l’appel des méthodes, au-delà de l’appel actuel aux attributs des classes modélisant les échanges. D’autre part, la simulation devrait prendre en compte non seulement les flux de contrôle comme aujourd’hui, mais aussi les flux de données entre les différents acteurs sous forme d’instance de classe.

## 5 Conclusions et perspectives

Il y a quelques années, l’animation de modèles UML était limitée du fait que la sémantique du langage UML était insuffisamment décrite pour rendre exécutables les diagrammes comporte-

mentaux. Ainsi, les ateliers UML offrant des possibilités de simulation avaient recours à des descriptions complémentaires en SDL ou en Réseau de Pétri.

Les récents développements dans le domaine de l'Ingénierie des Modèles laissent entrevoir la possibilité de simuler des modèles en restant dans un cadre strict UML. Dans cette optique, une piste prometteuse est, à notre avis, le nouveau langage de modélisation fUML (foundational UML) et son langage d'action Alf (Action language for foundational UML) tels qu'ils ont été présentés par l'OMG. Les diagrammes fUML ont pour ambition d'être assez précis pour être directement implémentés en passant, non pas par une plate-forme technique (java, C# ...) mais par un langage d'action qui est le langage Alf en cours d'élaboration à l'OMG.

Toutefois, ces syntaxes étant peu accessible aux profils d'utilisateurs visés par notre étude, nous pouvons envisager, à l'aide de mécanisme sémantique, de traduire des instructions exprimées en langage déclaratif de haut niveau vers ces cibles. Ceci permet aussi de définir un langage propre aux différents points de vues et de les réconcilier.

Ce papier relate l'expérimentation faite avec l'atelier Enterprise Architect dans le domaine des Smartgrid, visant à établir une première étape de réponse aux objectifs initiaux de simulation multi-niveaux accessible à des experts métier qui n'ont pas forcément de compétences informatiques. En ce qui concerne ce cas métier, nos travaux actuels concernent l'élaboration d'un plugin de génération sous Enterprise Architect de jeux de données à partir d'un modèle de données issu des standards du domaine des Smartgrids. Nous pouvons d'ores et déjà suivre l'évolution de jeux de données à travers le processus métier de Pilotage de la charge domestique et tester ainsi plusieurs scénarios. Enfin, à plus long terme, nous visons une simulation au travers des différentes couches du SI tout en restant attachés à ce que les modèles utilisés restent accessibles à des non-informaticiens.

## References

- [1] Clément Guy, Steven Derrien, Benoît Combemale, Jean-Marc Jézéquel. Vers un rapprochement de l'idm et de la compilation. *Journées de l'Ingénierie Dirigée par les Modèles*, 2011.
- [2] Commission de régulation de l'énergie. <http://www.Smartgrids-cre.fr/>.
- [3] IEC. 61968-1-application integration at electric utilities – system interfaces for distribution management., 2003.
- [4] ISO. 9126-technologies de l'information - Évaluation des produits logiciels, caractéristiques de qualité et directives d'utilisation.
- [5] H. Kadima. *MDA, Conception orientée objet guidée par les modèles*. Dunod, 2005.
- [6] Karim Dahman, François Charoy, Claude Godart. From business process to component architecture : Engineering business to it alignment. *The Scientific Workshop on Service-oriented Enterprise Architecture for Enterprise Engineering*, 2011.
- [7] Linington, Milosevic, Tanaka, Vallecillo. *Building enterprise Systems with ODP*. Chapman and Hall/ CRC, 2011.
- [8] Mickael Clavreul, Sébastien Mosser, Mireille Blay-Fornarino, Robert B. France. Service-oriented architecture modeling : Bridging the gap between structure and behavior. *14th International Conference on Model Driven Engineering Languages & Systems, MODELS*, 2011.
- [9] OMG. <http://www.omg.org/uml/>.
- [10] Projet PREMIO. <http://www.projetpremio.fr/>.
- [11] R. Belhomme, R. Cerero Real de Asua, G. Valtorta, A.Paice, F. Bouffard, R. Rooth, A. Losi. Address – active demand for the smart grids of the future. *Proceedings CIRED Seminar 2008: Smart Grids for Distribution, Paper No. 0080, Frankfurt*, 2008.