

# Approches théoriques pour la modélisation efficace de Smart Grid

Coralie Petermann<sup>1</sup>, Soufian Ben Amor<sup>2</sup>, Alain Bui<sup>2</sup>

<sup>1</sup> LaISC ; EPHE

41, Rue Gay Lussac, 75005 Paris, France

coralie.petermann@laisc.net

<sup>2</sup> CaRO ; Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines

45, avenue des Etats-Unis, 78 Versailles, France

soufian.ben-amor@uvsq.fr

alain.bui@uvsq.fr

**Mots-clés** : *smart-grid, réseau aléatoire, système complexe, prétopologie, percolation.*

## 1 Introduction

L'objectif de ce papier est de donner des axes thématiques théoriques de recherche qui pourraient aider à la conception d'un smart grid fiable et efficace. Un système complexe est un système composé d'un grand nombre d'entités en interactions locales et simultanées dont le comportement global ne peut être déduit de celui de ses composants [1]. Les méthodes classiques de modélisation arrivent à une certaine limite : on ne peut traiter ces problèmes que d'une manière inter-disciplinaire ou avec une approche globale.

Les terrains d'expérimentation d'actualité sont les smart grids : des réseaux de distribution d'électricité informatisés et optimisés pour améliorer la production et la distribution d'électricité afin de limiter les pertes d'énergie tout en satisfaisant au mieux les consommateurs. C'est un exemple typique de phénomène complexe étant donné l'hétérogénéité des acteurs, l'aspect matériel (technologies de l'information et de production d'électricité), les enjeux économiques divergents et également par la combinaison des systèmes humains et artificiels, qui, à elle-seule, représente un facteur de complexité important).

## 2 Modélisation

Dans cette section, nous allons aborder les différents aspects théoriques qui pourraient être une voie à explorer pour modéliser efficacement les smart grids.

### 2.1 La théorie de la prétopologie

La Prétopologie est une théorie mathématique permettant de modéliser le concept de proximité [2]. Or, dans le cadre de l'intégration des énergies renouvelables, il est nécessaire d'exprimer les notions de voisinage de manière réaliste et multidimensionnelle. Si on prend l'exemple des éoliennes, on ne parle pas de proximité métrique, mais de proximité fonctionnelle : la météo influence le rendement électrique produit, ainsi l'éolienne la plus proche d'un point de vue distance n'est pas forcément celle qui pourra nous fournir l'énergie demandée !

## 2.2 La théorie de la percolation

La percolation est une théorie mathématique utilisée dans le cadre de diffusions déterministes sur une structure aléatoire [4, 5].

Concrètement, le modèle mathématique repose sur un réseau de noeuds et les connexions entre chaque couple de voisins peuvent être ouvertes avec une probabilité  $p$ , ou fermées avec une probabilité  $(1-p)$ , et nous supposons qu'elles sont indépendantes.

Les réseaux électriques fournissent un exemple intéressant de phénomène de percolation : on considère  $n$  consommateurs, où chaque consommateur est relié à ses voisins par des liens d'efficacité  $p$  aléatoires. La structure du réseau de distribution électrique est donc totalement aléatoire. Il existe donc une proportion  $(1 - p)$  de liens qui peuvent être détruits de manière aléatoire, ce qui n'entraîne pas de coupure de courant visible pour les consommateurs : le transport du courant est assuré puisqu'il y a la possibilité de passer par des entités relais si  $p$  est supérieure à une valeur critique  $p_c$  appelée seuil de percolation. En dessous de la valeur critique  $p_c$ , la probabilité que deux entités puissent communiquer de façon directe ou indirecte est très faible. Cette théorie permet également d'expliquer les phénomènes de transition de phase lors de pics de consommation précédés par des besoins presque nuls.

## 2.3 La théorie des jeux

Les smart grid font intervenir des acteurs hétérogènes avec des intérêts divergents en concurrence : l'état, le consommateur, et les entreprises sont en conflit perpétuel sur le domaine économique. Ceci se rapproche fortement des aspects de la théorie des jeux [6, 7] : il s'agit bien d'un problème stratégique dans lequel les actions de chaque acteur va influencer sur les autres acteurs.

## 3 Conclusions et perspectives

En conclusion, le travail n'est pas de regarder l'une ou l'autre des théories présentées ci-dessus mais chacun des thèmes apporte une réponse à un aspect du problème de modélisation des Smart Grids, et c'est la combinaison de ces 3 théories qui apporterait une méthode efficace. Des précédents travaux ont déjà combiné efficacement prétopologie et percolation [8, 9].

## Références

- [1] Le Moigne J. L., (1990), *La modélisation des systèmes complexes*, Dunod
- [2] ZT. Belmandt. *Basics of pretopology*. Hermann, 155 pages, ISBN : 978 27056 8077, 2011
- [3] Vincent Levorato and Murat Ahat. Modélisation de la dynamique des réseaux complexes associée à la prétopologie. 9ème congrès de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision, ROADEF08, Clermont-Ferrand, France, February 2008.
- [4] G. Grimmet, *Percolation*, Springer-Verlag, Berlin, 1999.
- [5] Soufian Ben Amor. *Percolation, prétopologie et multialéatoires, contributions à la modélisation des systèmes complexes : exemple du contrôle aérien.*, Thèse de doctorat, 2008.
- [6] Oskar Morgenstern, John von Neumann, *The Theory of Games and Economic Behavior*, 3rd ed., Princeton University Press 1953.
- [7] Owen, Guillermo. *Game Theory*. 2nd ed. New York Academic, 1982.
- [8] Soufian Ben Amor, Vincent Levorato and Ivan Lavallée. *Generalized Percolation Processes Using Pretopology Theory* RIVF, 2007.
- [9] Soufian Ben Amor, Ivan Lavallée, Marc Bui. *Percolation dans un espace pretopologique*. Rapport de recherche RR n° 38, Laboratoire d'Informatique et des Systèmes Complexes, Paris, France, Janvier 2007.