

SYSTER — methods for the simulation of multi-physics power SYstems in their complex and STochastic EnviRonment

IMPORTANT — To apply to this scholarship, you must go through the Campus France platform : <https://doctorat.campusfrance.org/phd/offers>

Program

- Doctorale allocation

Coordinator of the thesis

- Jean-Christophe OLIVIER, IREENA (EA4642), University of Nantes, Saint-Nazaire, France

Laboratory

- IREENA, Electrical Engineering laboratory, university of Nantes, France
- LMJL, Applied Mathematics laboratory, CNRS, university of Nantes, France

Abstract — The exploitation of renewable energies make use of increasingly complex electromechanical conversion chains of multi-physical nature. These systems account for multiple criteria both technical and economic. A multi-physics system is generally described by very varied dynamics, related to different modeled physical phenomena. The difficulty in simulating such problems lies in the fact that the submodels are coupled and interdependent with very dispersed time constants and could therefore be penalizing for the computation time. The latter is an identified issue in the context of an optimization work. Thus, reducing the computational and simulation complexity of these multi-physical systems is an extremely important lever in the optimal design process, especially to bring out innovative concepts and technologies to promote energy production, storage and distribution. Recent work has resulted in a generic formalism describing the cycles of use of multiphysical dynamic systems. It is based on the simulation of the system over a reduced set of fundamental cycles, the results of which are then extrapolated to higher time scales. It then reduces the cost of simulation, even in the presence of a large disparity of system time constants. Still, this method is limited to the description of dynamic systems evolving in a simplified environment, necessarily deterministic and cyclical. However, a more accurate consideration of the real environment is a particularly important issue for a whole class of problems in electrical engineering, and particularly in the context of the exploitation of intermittent renewable energies, such as solar energy or wind energy. We therefore hope, with the SYSTER project, to overcome these modeling constraints by seeking original and innovative solutions, capable of simulating dynamic multi-domain systems strongly coupled at different time scales and evolving in complex and stochastic environments.

Presentation of the project and scientific objectives

The transport and exploitation of renewable energies make use of increasingly complex electromechanical conversion chains of multi-physical nature. These systems account for multiple criteria both technical (performances, size, efficiency, lifetime) and economic (investment costs, operating costs, maintenance costs, ...). A multi-physics system is generally described by very varied dynamics, related to different modeled physical phenomena. The difficulty in simulating such problems lies in the fact that the submodels are coupled and interdependent with very dispersed time constants and could therefore be penalizing for the computation time. The latter is an identified issue in the context of an optimization work, for which many assessments of the problem are necessary to converge towards an optimal solution. Thus, reducing the computational and simulation complexity of these multi-physical systems is an extremely important lever in the optimal design process, especially to bring out innovative concepts and technologies to promote energy production, storage and distribution.

To reduce computational efforts, several approaches are commonly used. For example, it is common to try to decouple physical domains to partition the problem and use co-simulation tools. It is also possible to reduce the stiffness of a dynamic problem (ratio between the fastest dynamics and the weakest dynamics), to reformulate certain parts of the system, to arrive at reduced models, average models or instantaneous models. In all cases, to reduce the computational effort, these methods require a major effort of modeling and reformulation, which generally involves a high scientific expertise on the designer's part. Recent work carried out at the IREENA laboratory has resulted in a generic formalism describing the cycles of use of multiphysical dynamic systems. This so-called multi-layered formalism is based on the simulation of the system over a reduced set of fundamental cycles, the results of which are then extrapolated to higher time scales. This approach significantly reduces the cost of simulation, even in the presence of a large disparity of system time constants. In addition, it relies on a complete formulation of the problem and therefore requires very little reformulation effort. Still, this method is limited to the description of dynamic systems evolving in a simplified environment, necessarily deterministic and cyclical. However, a more accurate consideration of the real environment is a particularly important issue for a whole class of problems in electrical engineering, and particularly in the context of the exploitation of intermittent renewable energies, such as solar energy or wind energy. The use profiles as well as those of the natural resource will then exhibit a partly stochastic behavior, which therefore requires the implementation of new approaches and methodological tools.

We therefore hope, with the SYSTER project, to overcome these modeling constraints by seeking original and innovative solutions, capable of simulating dynamic multi-domain systems strongly coupled at different time scales and evolving in complex and stochastic environments. The fields of application of this work will focus on the chains of production and conversion of electrical energy, and more particularly on the production devices using new and renewable energies, which requires to take into account stochastic phenomena, both at the resource and the load level. The idea is then eventually to define a generic methodological framework for the optimized design of these systems, in order to ensure effective and reliable answers to both technical and economic objectives. The expected results for this study are mainly methodological, since we aim essentially to provide tools and approaches adapted to these new complex systems, seeking to systematize or even automate a number of modeling and reformulation operations.

This 3-year thesis will be co-supervised between an electrical engineering laboratory, IREENA, university of Nantes, France, and an applied mathematics laboratory, LMJL (CNRS), university of Nantes, France.

Expected results

This project is perfectly in line with the national road map for the emergence of new sectors around marine renewable energies and smart grids. The work that we propose here, by its

generic nature, will bring a certain number of answers concerning the innovative ways permitting to address efficiently these new application, in particular by bringing methodological elements to take into account more accurately the intermittency of the renewable resources in the sizing of complex and multi-physical conversion powertrains, as well as in the deployment of the smart-grids of the future.

Keywords — multiphysic, dynamic systems, stochastic, numerical integration.

Schedule and organization of the thesis

The thesis program can be divided into 4 mains parts:

Part 1 — Bibliographic study on stochastic modeling and dynamical systems analysis methods (9 months): The challenge of the first phase of the thesis will be to become more familiar with the culture of the two laboratories (IREENA and LMJL), both on methods and tools than on the scientific and technical topics addressed. The bibliographic study will begin with a synthesis of the issues related to the numerical simulation of multiphysics energy systems, subject to complex and stochastic constraints and operating environment. We will also seek to identify in the literature the different approaches to reduce computational efforts, in an optimal design context, as well as stochastic modeling methods for intermittent renewable resources (wind, tidal, solar, tidal, etc.). load profiles (network, neighborhood, standalone habitat, ...). Finally, at the end of this first year, we will seek to target one or two representative case studies, in connection with applications for the production of electrical energy from renewable energies.

Part 2 — Multi-scale time simulation of energy conversion chains in their stochastic environment (18 months): The second part of the project will focus on its central problem, namely the consideration of the complex and stochastic behavior of the environment in the simulation phase of multiphysics systems. In particular, we will look for approaches that significantly reduce computation time, while preserving all dynamics at all time scales. For this, we will try to apply the work that we have already been able to propose in^[1], which is based on decomposition of the environment profile into deterministic and multi-time scales cycles. We will then extend the problem of simulation to complex cycles that can also be stochastic. For instance, we can propose to define a set of reduced and representative cycles capable of faithfully reproducing the behavior of the system, but on a simulation horizon shorter than that of the initial use profile. This idea has been developed in^[2], with the aim to reduce the computing time of an optimized sizing problem and has shown certain efficiency. We will thus be able to inspire ourselves with such studies to propose new and original approaches that will draw on the highly complementary skills of the two IREENA and LMJL laboratories.

Part 3 — Validation of tools and methods on the different case studies (9 months): This third task will aim to apply the various simulation tools previously implemented, applying them into the case studies identified in the first phase of the project. The challenge will be to be able, through a single representation of the studied system, to take into account both the switching functions of the power converters, their internal control laws and the management of the power exchanges. This modeling will be developed at the level of the conversion and production chain, up to the analysis of energy exchanges over the full lifetime of the installation. We will simultaneously try to take into account the phenomena of aging and thermal stresses for the most sensitive organs. Finally, we will try to compare the results obtained with other recent scientific works.

[1] S. Hmam and J.-C. Olivier and S. Bourguet and L. Loron. Efficient multirate simulation techniques for multi-

[2] A. Jaafar, B. Sareni, X. Roboam, M. Thiounn-Guermeur (2010, September). Sizing of a hybrid locomotive based on accumulators and ultracapacitors. In Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), 2010 IEEE (pp. 1-6). IEEE.

Part 4 — Valorization and writing of the thesis (24 mois) : A valuation work will be conducted in parallel with the three parties mentioned above. This work can be done in different ways. In a classic way, it will rely on a PhD thesis in co-direction between the two laboratories IREENA and LMJL. As a result, we will value work through publications in high-impact factor journals, as well as through papers in conferences and working scientific groups. At the national level, this project can make a significant contribution to a number of ongoing projects in which IREENA or LMJL are involved. The last 6 months will be fully devoted to the writing of the thesis manuscript and the preparation of the defense.

Interaction with other projects

In a context of development of new and original solutions around the optimal design of the chains of production of electrical energy, this methodological work is articulated with a large number of other projects in progress or to come. Among other things, the ADEME SEP-PAC project (in progress) aims to develop a new sector of ships using hydrogen propulsion systems based on fuel cell systems. The components aimed at the robust and reliable sizing of these multiphysical conversion chains will require simulation tools capable of taking into account the wide variety of ship use patterns. Similarly, the COFLOWING ANR project, carried out by the LS2N laboratory, Nantes, in process of filing, aims to study management and integration solutions to the network of floating wind turbines. This type of problem also requires taking into account the entire conversion chain (network-converter-turbine-resource) and its control, in the presence of a fluctuating and intermittent resource. This context is here again in perfect harmony with the scientific problem addressed.

Finally, this project is in phase with the scientific concerns of GIS Energy and the IUML federation, of which IREENA is a member. We can also mention the OWARD projects (in progress from the regional AAP Weamec 2016 on off-shore farm architectures), CEA Tech PdL (an ongoing thesis on the energy management of offshore electrical systems), SSINERGY (submitted for the AAP NExT 2018 interdisciplinary on the development of storage solutions in EMR systems) for which a multidisciplinary approach is used. In all of these projects, one of the obstacles concerns the development of a technical solution whose efficiency and performance are linked to their service life and the formulation of a cyclic or stochastic operation. This is representative of our sense of the emergence of new questions in disciplines such as electrical engineering and which creates a natural convergence towards applied mathematics to jointly ensure its formulation and resolution.

Publications of IREENA and LMJL, related to the topic of the thesis

(Hmam, 2016a) S. Hmam and **J.-C. Olivier** and **S. Bourguet** and L. Loron. A cycle-based and multirate approach for power system simulation: application to the ageing estimation of a supercapacitor-based ferry, *Journal of Energy Storage*, 2016.

(Hmam, 2016b) S. Hmam and **J.-C. Olivier** and **S. Bourguet** and L. Loron. Efficient multirate simulation techniques for multi-physics systems with different time scales: application on an all-electric ferry design, *IET Electrical Systems in Transportation*, 2016.

(Olivier , 2017) **J.-C. Olivier** and G. Wasselynck and S. Chevalier and B. Auvity and C. Josset and D. Trichet and G. Squadrito and N. Bernard. Multiphysics modeling and optimization of the driving strategy of a light duty fuel cell vehicle, *International Journal of Hydrogen Energy*, 2017.

(Bouabdallah , 2015) A. Bouabdallah and **J.C. Olivier** and **S. Bourguet** and M. Machmoum and E. Schaeffer. Safe sizing methodology applied to a standalone photovoltaic system, *Renewable Energy*, 2015.

(Launay, 2015) T. Launay, **A. Philippe** and S. Lamarche. Construction of an informative hierarchical prior distribution. Application to electricity load forecasting. *TEST*. 24(2):361–385. 201

(Launay, 2013) T. Launay, **A. Philippe** and S. Lamarche. On particle filters applied to electricity load forecasting, *Journal de la SFdS*. Vol 154 No 2 , 2013

(Courteille, 2009) H. Courteille, **A. Philippe**, F. Héliodore, S. Poullain, F. Gallon. Longue mémoire pour des séries irrégulièrement observées. Application aux Blackout électriques. 41èmes Journées de Statistique, SFdS, Bordeaux, 2009, Bordeaux, France, France. 2009.

(Chen 2017) T. Chen, P. Xie, Z. Cai, F. Auger, **S. Bourguet**. Capacity optimization of wind-solar hybrid power generation system based on differential evolution algorithm, *Journal of Electric Power Science and Technology*, 2017.

(Dahmani, 2016) O. Dahmani, **S. Bourguet**, M. Machmoum, P. Guerin, P. Rhein, L. Josse. Optimization and reliability evaluation of an offshore wind farm architecture, *IEEE Trans. On Sustainable Energy*, num. 99, sep. 2016.

(Trieste, 2015) S. Trieste, S. Hmam, **J.-C. Olivier**, **S. Bourguet**, L. Loron, Techno-economic optimization of a supercapacitor-based energy storage unit chain: Application on the first quick charge plug-in ferry, *Applied Energy* (Elsevier), 2015.

(Dahmani, 2014) O. Dahmani, **S. Bourguet**, M. Machmoum, P. Guerin, P. Rhein, L. Josse. Optimization of the Connection Topology of an Offshore Wind Farm Network, *IEEE Systems Journal*, jun. 2014.

(Chevalier, 2013) S. Chevalier, D. Trichet, B. Auvity, **J.-C. Olivier**, C. Josset, M. Machmoum. Multiphysics DC and AC models of a PEMFC for the detection of degraded cell parameters, *International Journal of Hydrogen Energy*, 2013.

SYSTER — méthodes et outils pour la simulation des SYSTèmes EneRgétiques multi-physiques dans leur environnement complexe et stochastique

IMPORTANT — Pour postuler à cette thèse, vous devez impérativement passer par la plateforme de Campus France : <https://doctorat.campusfrance.org/phd/offers>

Programme

- Doctorale allocation

Coordinateur de la thèse

- Jean-Christophe OLIVIER, IREENA (EA4642), Université de Nantes, Saint-Nazaire, France

Laboratoires

- IREENA, Laboratoire universitaire de Génie Electrique, Université de Nantes, France
- LMJL, Laboratoire CNRS de Mathématiques Appliquées, Université de Nantes, France

Présentation du projet

Les transports et l'exploitation des énergies renouvelables font appel à des chaînes de conversion électromécaniques de plus en plus complexes et de natures multi-physiques. Elles nécessitent dès la conception la prise en compte de multiples critères à la fois techniques (performances, encombrement, rendements énergétiques, durée de vie) et économiques (coûts d'investissement, d'exploitation, de maintenance, ...). Un système multi-physique est généralement décrit par des dynamiques très variées, liées aux différents phénomènes physiques modélisés. La difficulté pour simuler de tels problèmes réside dans le fait que les sous-modèles sont couplés et interdépendants avec des constantes de temps éloignées et donc pénalisantes pour le temps de calcul. Ce dernier est par essence une critique dans le cadre d'un travail d'optimisation, pour lequel de nombreuses évaluations du problème sont nécessaires pour converger vers une solution optimale. Ainsi, réduire la complexité de calcul et de simulation de ces systèmes multi-physiques est un levier extrêmement important dans le processus de conception optimale.

Pour cela, plusieurs approches sont communément utilisées. Par exemple, il est courant de chercher à découpler les domaines physiques pour partitionner le problème et recourir à des outils de co-simulation. Il est également possible, pour réduire la raideur d'un problème dynamique (rapport entre la dynamique la plus rapide et la dynamique la plus faible), de procéder à des reformulations de certaines parties du système, pour aboutir à des modèles réduits, moyens ou instantanés. Dans tous les cas, pour réduire l'effort de calcul, ces méthodes nécessitent un effort important de modélisation et de reformulation, qui implique généralement une haute expertise scientifique de la part du concepteur. De récents travaux effectués au laboratoire IREENA ont abouti à un formalisme générique de description des cycles d'usage de systèmes dynamiques multi-physiques. Ce formalisme dit *multi-couches* repose sur la simulation du système sur un ensemble réduit de cycles fondamentaux, dont les résultats sont ensuite extrapolés sur des échelles de temps supérieures. Cette approche permet de réduire considérablement le coût de simulation, même en présence d'une grande disparité de constantes de temps du système. De plus, elle s'appuie sur une formulation complète du problème et ne nécessite donc que très peu d'efforts de reformulation. Reste que cette méthode est limitée à la description de systèmes dynamiques évoluant dans un environnement simplifié, nécessairement déterministe et cyclique. Or, une prise en compte plus fidèle de l'environnement réel est un enjeu

particulièrement important pour toute une classe de problèmes du génie électrique, et en particulier dans le contexte de l'exploitation des énergies renouvelables intermittentes, telles que le solaire ou l'éolien. Les profils d'usage ainsi que ceux de la ressource naturelle vont alors présenter un comportement en partie stochastique, qui de ce fait nécessite de mettre en œuvre de nouvelles approches et outils méthodologiques.

Nous souhaitons donc, avec le projet SYSTER, dépasser ces contraintes de modélisation en cherchant des solutions originales et innovantes, capables de simuler des systèmes dynamiques multi-domaines fortement couplés à différentes échelles de temps et évoluant dans des environnements complexes et stochastiques. Les domaines d'application de ce travail porteront d'une manière générale sur les chaînes de production et de conversion d'énergie électrique, et plus particulièrement sur les dispositifs de production utilisant des énergies nouvelles et renouvelables, qui nécessitent de tenir compte de phénomènes stochastiques, tant au niveau de la ressource que de la charge. L'idée est alors à terme d'arriver à définir un cadre méthodologique générique pour la conception optimisée de ces systèmes, en vue d'assurer des réponses sûres et fiables à des objectifs à la fois techniques et économiques. Les résultats attendus pour cette étude sont surtout d'ordre méthodologiques, puisque nous visons essentiellement à apporter des outils et approches adaptés à ces nouveaux systèmes complexes, en cherchant à systématiser, voir automatiser, un certain nombre d'opérations de modélisation et reformulation.

Résultats attendus

Ce projet est en parfaite adéquation avec la volonté de la région de faire émerger de nouvelles filières autour des énergies marines renouvelables et des smart-grids. Le travail que nous proposons ici, par sa nature générique, apportera un certain nombre de réponses vis-à-vis de la manière d'appréhender ces nouvelles applications, en particulier en apportant des éléments méthodologiques pour notamment prendre en compte plus efficacement l'intermittence des ressources renouvelables dans le dimensionnement de chaînes de conversion complexes et multi-physiques, ainsi que dans le déploiement des réseaux électriques du futur.

Calendrier de mise en œuvre

Ce projet de 3 ans s'appuiera sur une thèse de doctorat co-encadrée entre l'IREENA et le LMJL, qui sont les deux laboratoires du consortium. Le découpage prévu pour ce travail est le suivant :

Tâche 1. Etude bibliographique sur les méthodes de modélisation stochastique et d'analyse des systèmes dynamiques (9 mois) : L'enjeu de la première phase de thèse sera en grande partie de s'imprégner de la culture des deux laboratoires (IREENA et LMJL), tant sur les méthodes et outils que sur les thématiques scientifiques et techniques abordées. L'étude bibliographique commencera par une synthèse des problématiques liées à la simulation numérique des systèmes énergétiques multi-physiques, soumis à des contraintes et environnement de fonctionnement complexes et stochastique. Nous chercherons de plus à identifier dans la littérature les différentes approches de réduction des efforts de calcul, dans un contexte de conception optimale, ainsi que les méthodes de modélisation stochastique des ressources renouvelables intermittentes (type éolien, hydrolien, solaire, marées,...) et des profils de charge (réseau, quartier, habitat,...). Enfin, à l'issue de cette première année, nous chercherons à cibler un ou deux cas d'études représentatifs, en lien avec les applications de production d'énergie électrique à partir d'énergies renouvelables.

Tâche 2. Simulation multi-échelles de temps de chaînes de conversion d'énergie dans leur environnement stochastique (18 mois) : La deuxième partie du projet se concentrera sur sa problématique centrale, à savoir la prise en compte de l'environnement stochastique dans la phase de simulation des systèmes multi-physiques. Nous chercherons plus particulièrement des approches permettant de réduire significativement les temps de calcul, tout en préservant l'ensemble des dynamiques à toutes les échelles de temps. Pour cela, nous essayerons d'appliquer les travaux que nous avons pu déjà proposer dans le cadre de la thèse de Sadok Hmam (Hmam, 2016), qui est basée sur une décomposition en cycles d'usage *déterministes*. Nous étendrons alors la problématique de la simulation à des cycles complexes pouvant être stochastiques. Nous pourrions par exemple proposer de définir un ensemble de cycles *réduits* et *représentatifs*, à même de traduire fidèlement le comportement du système, mais sur un horizon de simulation plus court que celui du profil d'usage initial. Cette idée a d'ailleurs été développée dans (Jaafar, 2011) dans l'optique de réduire le temps de calcul d'un problème de dimensionnement optimisé et a montré une efficacité certaine. Nous pourrions ainsi nous inspirer de telles études pour proposer de nouvelles approches originales qui s'appuieront sur les compétences très complémentaires des deux laboratoires IREENA et LMJL.

Tâche 3. Validation des outils et méthodes sur des cas d'études (9 mois) : Cette troisième tâche visera à mettre en application les différents outils de simulation mis en œuvre précédemment, en les appliquant notamment aux cas d'études identifiés dans la première phase du projet. L'enjeu sera d'être capable, au travers d'une unique représentation du système étudié, de tenir compte à la fois des fonctions de commutation des convertisseurs de puissance, de leurs lois de commande rapprochés, de la gestion des échanges de puissance au niveau de la chaîne de conversion et de production, jusqu'à l'analyse des échanges énergétiques sur la durée de vie complète de l'installation. Nous essaierons simultanément de tenir compte des phénomènes de vieillissement et des contraintes thermiques pour les organes les plus sensibles. Nous chercherons enfin à comparer les résultats obtenus avec d'autres travaux scientifiques récents.

Tâche 4 Valorisation et rédaction (24 mois) : Un travail de valorisation sera mené en parallèle des trois parties citées précédemment. Ce travail pourra être mené de différentes façons. De manière classique, il s'appuiera sur une thèse de doctorat en co-direction entre les deux laboratoires IREENA et LMJL. De ce fait, nous serons amenés à valoriser le travail au travers de publications dans des journaux à fort facteur d'impact, ainsi que dans le cadre de communications dans des conférences et Groupes de Travail. Au niveau régional, ce projet pourra apporter une contribution significative à un certain nombre de projets en cours, dans lesquels l'IREENA ou le LMJL sont impliqués. Les 6 derniers mois seront pleinement consacrés à la rédaction du manuscrit de thèse et à la préparation de la soutenance.

Interactions avec d'autres projets

Dans un contexte de développement de solutions nouvelles et originales autour de la conception optimale des chaînes de production d'énergie électrique, ce travail méthodologique vient s'articuler avec un grand nombre d'autres projets en cours ou à venir. Entre autre, le projet ADEME SEP-PAC (en cours) vise au développement d'une nouvelle filière de navires utilisant des chaînes de propulsion hydrogène à base de systèmes pile à combustible. Les volets visant au dimensionnement robuste et fiable de ces chaînes de conversion multi-physiques nécessiteront de disposer d'outils de simulation capable de tenir compte de la grande diversité des profils d'usages des navires. De même, le projet ANR *ROCOFLOW*, porté par le laboratoire LS2N (Nantes) et récemment déposé, vise à étudier des solutions de pilotage et d'intégration au réseau d'éoliennes flottantes. Ce type de problématique nécessite ici encore de tenir compte de l'ensemble de la chaîne de conversion (réseau-convertisseur-turbine-ressource) et de son pilotage, en présence d'une ressource fluctuante et intermittente. Ce contexte est ici encore en parfaite adéquation avec la problématique scientifique abordée.

Enfin, ce projet est en phase avec les préoccupations scientifiques du GIS Energie, de la fédération IUML, dont l'IREENA est membre, ainsi que celles du pôle de compétitivité S2E2. On peut également citer les projets OWARD (en cours issu de l'AAP Weamec 2016 sur les architectures de fermes offshores), CEA Tech PdL (une thèse en cours sur la gestion énergétique de systèmes électriques en mer), SSINERGY (déposé pour l'AAP NExT 2018 interdisciplinaire sur le développement de solutions de stockage dans les systèmes EMR) pour lesquels une approche pluridisciplinaire est utilisée. Dans l'ensemble de ces projets, un des verrous concerne le développement d'une solution technique dont l'efficacité et les performances sont liées à leur durée de vie et la formulation d'un fonctionnement cyclique ou stochastique. Ceci est représentatif à notre sens de l'émergence de questionnements nouveaux dans les disciplines comme le génie électrique et qui crée une convergence naturelle vers les mathématiques appliquées pour en assurer conjointement la formulation et la résolution.

Publications de l'IREENA et du LMJL en lien avec la thèse

(Hmam, 2016a) S. Hmam and **J.-C. Olivier** and **S. Bourguet** and L. Loron. A cycle-based and multirate approach for power system simulation: application to the ageing estimation of a supercapacitor-based ferry, *Journal of Energy Storage*, 2016.

(Hmam, 2016b) S. Hmam and **J.-C. Olivier** and **S. Bourguet** and L. Loron. Efficient multirate simulation techniques for multi-physics systems with different time scales: application on an all-electric ferry design, *IET Electrical Systems in Transportation*, 2016.

- (Olivier , 2017) **J.-C. Olivier** and G. Wasselynck and S. Chevalier and B. Auvity and C. Josset and D. Trichet and G. Squadrito and N. Bernard. Multiphysics modeling and optimization of the driving strategy of a light duty fuel cell vehicle, *International Journal of Hydrogen Energy*, 2017.
- (Bouabdallah , 2015) A. Bouabdallah and **J.C. Olivier** and **S. Bourguet** and M. Machmoum and E. Schaeffer. Safe sizing methodology applied to a standalone photovoltaic system, *Renewable Energy*, 2015.
- (Launay, 2015) T. Launay, **A. Philippe** and S. Lamarche. Construction of an informative hierarchical prior distribution. Application to electricity load forecasting. *TEST*. 24(2):361–385. 201
- (Launay, 2013) T. Launay, **A. Philippe** and S. Lamarche. On particle filters applied to electricity load forecasting, *Journal de la SFdS*. Vol 154 No 2 , 2013
- (Courteille, 2009) H. Courteille, **A. Philippe**, F. Héliodore, S. Poullain, F. Gallon. Longue mémoire pour des séries irrégulièrement observées. Application aux Blackout électriques. 41èmes Journées de Statistique, SFdS, Bordeaux, 2009, Bordeaux, France, France. 2009.
- (Chen 2017) T. Chen, P. Xie, Z. Cai, F. Auger, **S. Bourguet**. Capacity optimization of wind-solar hybrid power generation system based on differential evolution algorithm, *Journal of Electric Power Science and Technology*, 2017.
- (Dahmani, 2016) O. Dahmani, **S. Bourguet**, M. Machmoum, P. Guerin, P. Rhein, L. Josse. Optimization and reliability evaluation of an offshore wind farm architecture, *IEEE Trans. On Sustainable Energy*, num. 99, sep. 2016.
- (Trieste, 2015) S. Trieste, S. Hmam, **J.-C. Olivier**, **S. Bourguet**, L. Loron, Techno-economic optimization of a supercapacitor-based energy storage unit chain: Application on the first quick charge plug-in ferry, *Applied Energy* (Elsevier), 2015.
- (Dahmani, 2014) O. Dahmani, **S. Bourguet**, M. Machmoum, P. Guerin, P. Rhein, L. Josse. Optimization of the Connection Topology of an Offshore Wind Farm Network, *IEEE Systems Journal*, jun. 2014.
- (Chevalier, 2013) S. Chevalier, D. Trichet, B. Auvity, **J.-C. Olivier**, C. Josset, M. Machmoum. Multiphysics DC and AC models of a PEMFC for the detection of degraded cell parameters, *International Journal of Hydrogen Energy*, 2013.