

Optimal Placement of Storage Devices in Island Power Systems

PhD description

Company

- EDF (<https://www.edf.fr>)

Research Groups

- L2EP (<https://l2ep.niv-lille.fr>)

Supervisors

- Xavier Guillaud (L2EP)
- Frédéric Colas (L2EP)
- Yahya Lamrani (EDF)
- Quentin Ferreira (EDF)

Introduction and General Context

Electrical systems are undergoing an unprecedented transformation. The massive integration of renewable energies, the electrification of energy consumption and the phase-out of fossil fuel-based power generation are shifting the electrical system from a model primarily based on synchronous machines and passive loads, to a system with fewer rotating machines and an increasing presence of power electronics-based devices. This transition introduces new operational and stability challenges for electrical grids.

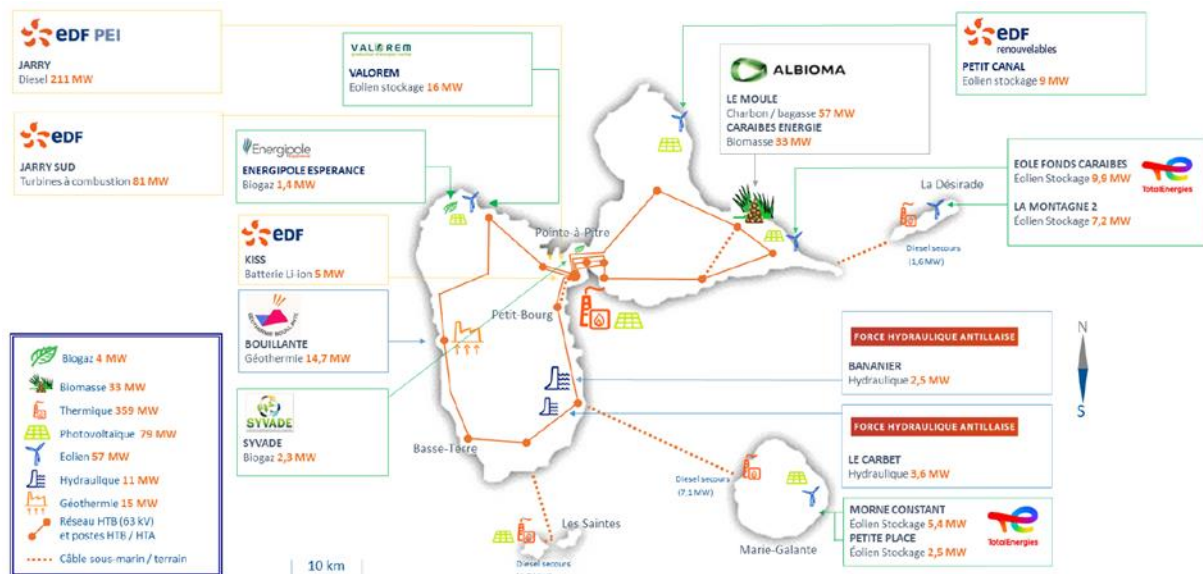


Figure 1 – Power system of Guadeloupe island architecture

These challenges are even more pronounced in islanded electrical systems such as the island of Guadeloupe (Figure 1), where electricity supply must be ensured without

interconnections and with the goal of achieving 100% renewable and autonomous production by 2050 as is the case for all French Overseas Departments. To achieve this objective while minimizing the cost of this transition, EDF must ensure the stability of the electrical grid and the balance between supply and demand at all time horizons. Given EDF's mission and the intermittent nature of renewable energy sources (solar and wind), it is necessary to deploy energy storage systems, particularly batteries connected to the power system through power electronics.

PhD Objectives

This thesis focuses on the optimal placement of storage systems in such islanded grids. The objective is to optimize the added value that storage systems bring to islanded networks. Beyond balancing supply and demand, the added value of these storage systems lies in their ability to:

- Contribute to grid stability (through inertial service and primary frequency reserve).
- Strengthen the grid (by improving voltage stiffness and small-signal stability).

The placement of storage systems aims to optimize these two contributions while considering constraints related to the network topology, particularly the system transit capacities derived from congestion studies, as well as minimum short-circuit current prescriptions for the network protection plan.

This placement study will primarily rely on an impedance-based model of the electrical system and energy storage systems. This approach will allow the integration of battery models with different control strategies provided by manufacturers (i.e: Grid-Following vs Grid-Forming) and enable the study of their dynamic behavior across a wide frequency range.

Beyond modeling tools, a literature review will be conducted to establish the state of the art concerning the placement of primary reserves and inertia, as well as network robustness indicators. This work will help define the requirements for storage systems and guide their placement or identify scientific barriers if current indicators prove inadequate.

Requirements

As an ideal PhD candidate:

- You have a MSc with a relevant background in electric power systems or power electronic converters with application in power systems, preferably from a reputable institute from a country within the European Economic Area.
- You should have obtained excellent study results.
- You should have a keen interest to work in a team with experts studying different aspects of power electronics and power systems.
- You have experience with one or more of the following: power system dynamics, control design, power electronic converters, electrical networks, nodal analysis
- You have knowledge on at least one modeling software: Matlab Simulink, EMTP, PowerFactory
- You have excellent written and oral communication skills in English.
- A minimal French language level is needed

Localization and supervision

This PhD is a joint program between EDF and L2EP. The research will be conducted both at the company and the laboratory, with time split equally between the two locations.

EDF, a major electricity producer, is based in Paris-Saclay, while L2EP (Laboratory of Electrical Engineering and Power Electronics) is located in Lille, France.

On the academic side, the project is supervised by Professors Xavier Guillaud and Frédéric Colas. On the industrial side, it is led by Dr. Yahya Lamrani and Quentin Ferreira from EDF.

How to apply?

Send the following elements by email to: phd.position@epmlab.eu

Selected candidates will be evaluated on technical skills and on their research capabilities:

- CV
- Cover letter
- Reference letters. At least one reference letter from your Master internship supervisor is necessary.
- Grades obtained during the master, and ranks.

Placement optimal de moyens de stockage dans des réseaux insulaires

Description de la thèse

Entreprise

- EDF (<https://www.edf.fr>)

Laboratoire

- L2EP (<https://l2ep.niv-lille.fr>)

Equipe d'encadrement

- Xavier Guillaud (L2EP)
- Frédéric Colas (L2EP)
- Yahya Lamrani (EDF)
- Quentin Ferreira (EDF)

Contexte

Les systèmes électriques subissent une évolution sans précédent. L'insertion massive des énergies renouvelables, l'électrification des usages et le retrait des moyens de productions à base d'énergie fossile amènent le système électrique d'un modèle basé majoritairement sur des machines synchrones et des charges passives à un système avec de moins en moins de machines tournantes et une présence croissante de convertisseur à base d'électronique de puissance. Une telle transition pose de nouveaux enjeux d'opération et de stabilité aux réseaux électriques.

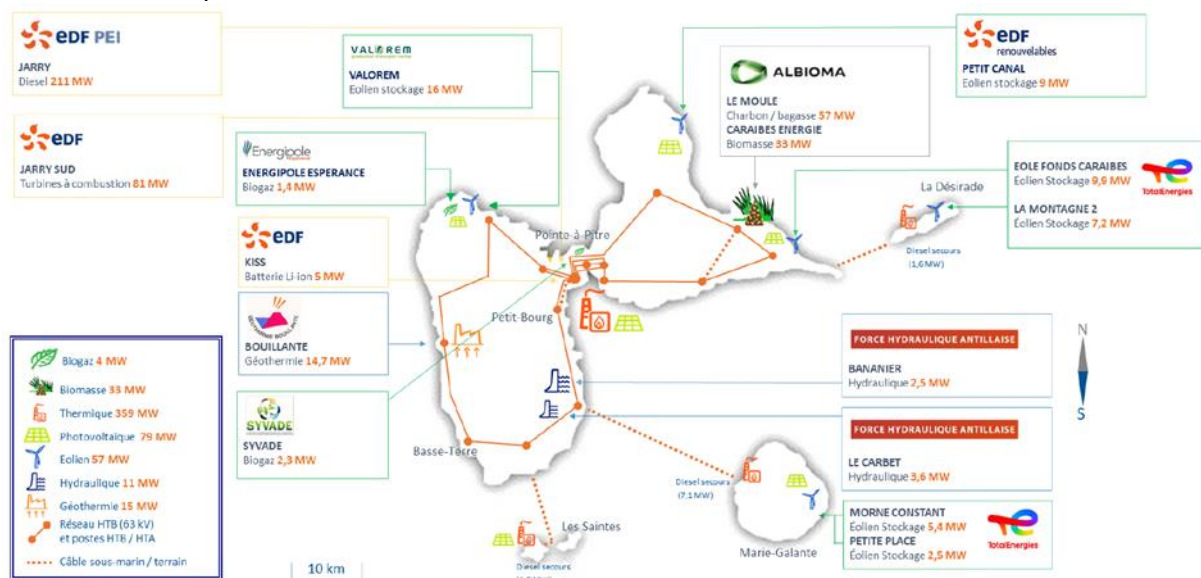


Figure 2 – Architecture du réseau électrique de la Guadeloupe

Ces défis sont d'autant plus prononcés dans les systèmes électriques insulaires comme la Guadeloupe (Figure 2) où la provision d'électricité doit être assurée sans interconnexions et

avec un objectif d'une production 100% renouvelable et autonome d'ici 2050 pour les Départements d'Outre-Mer français. Afin d'atteindre cet objectif tout en minimisant le coût de cette transition, EDF SEI a pour mission d'assurer la stabilité du réseau électrique et l'équilibre offre demande à tous les horizons de temps. Compte tenu de la mission d'EDF SEI et de la nature intermittente des sources d'énergie renouvelable (solaire et éolien), il est nécessaire de déployer des moyens de stockage d'énergie, notamment des batteries interfacées au réseau par de l'électronique de puissance.

Objectif de la thèse

Dans le cadre de cette thèse, le placement optimal des moyens de stockage est étudié. L'objectif de ce placement est d'optimiser la valeur ajoutée des moyens de stockage, apportée aux réseaux insulaires. Au-delà de l'aspect équilibre offre demande, la valeur ajoutée de ces moyens de stockage est leur capacité à :

- Contribuer à la stabilité du réseau (via un service inertiel et une réserve primaire de fréquence)
- Renforcer le réseau (en améliorant la tenue de la tension et la stabilité petits signaux)

Le placement des moyens de stockage aura comme objectif d'optimiser ces deux apports, tout en tenant compte les contraintes liées à la topologie du réseau, notamment les capacités de transit du systèmes issus d'études de congestion, ainsi que les prescriptions de courants de court-circuit minimaux pour le plan de protection du réseau.

Cette étude de placement se basera principalement sur un modèle en impédance du système électrique et des moyens de stockage d'énergie. Ainsi, il sera possible d'inclure des modèles de batteries sous différents contrôles mis à disposition par les constructeurs (ex : Grid-Following vs Grid-Forming) et d'étudier leur comportement dynamique sur une large plage fréquentielle.

Au-delà de l'outil de la modélisation, un travail de bibliographie est à effectuer pour établir l'état de l'art concernant le placement de la réserve primaire et de l'inertie, ainsi que les indicateurs de robustesse de réseau. Ce travail permettra d'orienter les exigences à spécifier des moyens de stockage ainsi que guider le placement ou l'identification des verrous scientifiques si les indicateurs actuels ne sont pas pertinents.

Profil souhaité

Le candidat idéal pour cette thèse de doctorat doit :

- Être titulaire d'un Master (MSc) avec une spécialisation pertinente dans les systèmes électriques ou les convertisseurs d'électronique de puissance appliqués aux réseaux électriques, de préférence obtenu dans un institut réputé d'un pays de l'Espace économique européen.
- Avoir obtenu d'excellents résultats académiques.
- Avoir un fort intérêt pour le travail en équipe avec des experts étudiant différents aspects de l'électronique de puissance et des réseaux électriques.

- Avoir une expérience dans un ou plusieurs des domaines suivants : dynamique des réseaux électriques, conception de contrôle, convertisseurs d'électronique de puissance, réseaux électriques, analyse nodale.
- Avoir des connaissances sur au moins un logiciel de modélisation : Matlab Simulink, EMTP, PowerFactory.
- Posséder d'excellentes compétences en communication écrite et orale en anglais.
- Avoir un niveau minimal en français.

Localisation et encadrement

Cette thèse de doctorat est un programme conjoint entre EDF et L2EP. La recherche se déroulera à la fois en entreprise et en laboratoire, avec un partage équitable du temps entre les deux institutions.

EDF, un important producteur d'électricité, est basé à Paris-Saclay, tandis que le L2EP (Laboratoire d'Électrotechnique et d'Électronique de Puissance) est situé à Lille, France.

L'encadrement académique du projet est assuré par les professeurs Xavier Guillaud et Frédéric Colas. Côté industriel, la supervision est assurée par le Dr Yahya Lamrani et Quentin Ferreira d'EDF.

Comment postuler ?

Envoyez les éléments suivants par e-mail à : phd.position@epmlab.eu

Les candidats sélectionnés seront évalués sur leurs compétences techniques et leurs capacités en recherche :

- CV
- Lettre de motivation
- Lettres de recommandation (au moins une lettre de recommandation de votre superviseur de stage de Master est requise).
- Relevés de notes du Master et classements.