

# THESE DE DOCTORAT

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 641

*Mathématiques et Sciences et Technologies du numérique,  
de l'Information et de la Communication*

Spécialité : *Génie Electrique*

Par

« **Fouad BOUTROS** »

« **Nouvelles Approches d'Optimisation Multi-objectifs pour les Microgrids DC Autonomes** »

Thèse présentée et soutenue à « **IREENA Saint-Nazaire** », le « **20 février 2025** »  
Unité de recherche : **Laboratoire IREENA UR4642**

## Rapporteurs avant soutenance :

Cristina Morel Professeure des Universités, HDR, ESTACA Campus de l'Ouest, Laval, France  
Nazih Moubayed Professeur des Universités, HDR, Université Libanaise, Liban

## Composition du Jury :

Rapporteurs : Cristina Morel Professeure des Universités, HDR, ESTACA Campus de l'Ouest, Laval, France  
Nazih Moubayed Professeur des Universités, HDR, Université Libanaise, Liban

Examineurs : Manuela Sechilariu, Professeure des Universités, AVENUES, Université de Technologie de Compiègne, France  
Ambrish Chandra, Professeur des Universités, GREPCI, ETS, Canada  
Imad Mougharbel, Professeur des Universités, GREPCI, ETS, Canada

Dir. de thèse : Jean-Christophe OLIVIER, Professeur des Universités, IREENA, Nantes Universités, France  
Hadi Kanaan, Professeur des Universités, Université Saint Joseph de Beyrouth, Liban

Co-encadrant de thèse : Moustapha Doumiati, Enseignant-Chercheur, ESEO-IREENA, France

---

**Titre :** Nouvelles Approches d'Optimisation Multi-objectifs pour les Microgrids DC Autonomes

**Mots clés :** Microgrids, Dimensionnement Optimal, Emplacement Optimal, Réseau maillé, Optimisation Topologie

**Résumé :** Dans un monde confronté à l'urgence du changement climatique, les microgrids offrent une solution prometteuse pour concevoir des systèmes énergétiques durables. En particulier, les microgrids en courant continu (DC) isolés, fonctionnant indépendamment des réseaux électriques traditionnels, présentent des défis et des opportunités uniques. Le microgrid étudié dans ce travail est un microgrid DC isolé, composé de panneaux solaires, de batteries, d'un générateur diesel ainsi que de charges électriques résidentielles. Ce travail s'inscrit dans un effort global visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) en optimisant la conception de ces microgrids tout en prenant en compte leur nature multi-objectif,

notamment les aspects techniques, économiques et environnementaux. Face à la complexité de la transition énergétique mondiale, notre recherche se concentre sur trois dimensions majeures : l'optimisation des dimensions des composants du microgrid, la localisation stratégique des sources d'énergie et l'optimisation de la topologie des microgrids à réseau maillé. Ces objectifs sont atteints grâce à une approche novatrice combinant des techniques de modélisation avancées et des algorithmes d'optimisation.

---

**Title:** New Multi-Objective Optimization Approaches for Autonomous DC Microgrids

**Keywords:** Microgrids, Optimal Sizing, Optimal placement, Mesh-networks, Optimal Topology

**Abstract:** In a world facing the urgency of climate change, microgrids offer a promising solution for designing sustainable energy systems. In particular, isolated direct current (DC) microgrids, which operate independently of traditional power grids, present unique challenges and opportunities. The microgrid studied in this work is an isolated DC microgrid composed of solar panels, batteries, a diesel generator, and residential electrical loads. This work is part of a global effort to reduce greenhouse gas (GHG) emissions by optimizing the design of these microgrids while accounting for their multi-objective nature, including technical, economic, and environmental aspects.

Amid the complexity of the global energy transition, our research focuses on three major dimensions: optimizing the sizing of microgrid components, strategically locating energy sources, and optimizing the topology of meshed microgrid networks. These objectives are achieved through an innovative approach combining advanced modelling techniques and optimization algorithms.