

THÈSE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITÉ

ÉCOLE DOCTORALE N° 641
*Mathématiques et Sciences et Technologies
de l'Information et de la Communication*
Spécialité : « Génie Electrique »

Par

Haje EBNOU

Design under uncertainty of an isolated microgrid powered by off-shore renewable energy sources

Thèse présentée et soutenue à Saint Nazaire, le 21 Novembre 2025

Unité de recherche : «Institut de Recherche en Energie Electrique de Nantes Atlantique»

Rapporteurs avant soutenance :

Zita VALE Professeure des universités, Polytechnic of Porto
Catherine AZZARO-PANTEL Professeure des universités, INSA Toulouse

Composition du Jury :

Attention, en cas d'absence d'un des membres du Jury le jour de la soutenance, la composition du jury doit être revue pour s'assurer qu'elle est conforme et devra être répercutée sur la couverture de thèse

Président :	(à préciser)	Fonction et établissement d'exercice
Examineurs :	Anthony ROY	Maître de conférences, Nantes Université
	Seddik BACHA	Professeur des universités, Université de Guyane
	Marie-Cécile ALVAREZ HERAULT	Maîtresse de conférences, Université Grenoble Alpes
Dir. de thèse :	Salvy BOURGUET	Professeur des universités, Nantes Université
Encadrants de thèse :	Anne BLAVETTE	Chargée de recherche, ENS Rennes
	Florian DUPRIEZ-ROBIN	Ingénieur de recherche, France Énergies Marines

Titre : Dimensionnement sous incertitudes d'un micro-réseau isolé alimenté par des énergies marines renouvelables

Mot clés : micro-réseau, énergies renouvelables, incertitudes, TimeGAN, optimisation stochastique, scénarios synthétiques

Résumé : Cette thèse propose une méthodologie pour le dimensionnement optimal d'un micro-réseau isolé alimenté par des ressources marines renouvelables (éolien, solaire, stockage, générateur diesel), en tenant compte des incertitudes liées à la production et à la demande électrique. Un outil complet a été développé, combinant la génération de scénarios synthétiques à long terme à l'aide du modèle TimeGAN, et une optimisation stochastique multi-objectifs du système énergétique. Afin de surmonter les limitations de TimeGAN pour les longues sé-

ries temporelles, une stratégie de prétraitement par décomposition fréquentielle a été mise en place, permettant de capturer les dynamiques multi-échelles des données climatiques et de consommation. La robustesse des scénarios générés a été validée statistiquement et spectralement, puis intégrée dans le processus de conception du micro-réseau. L'approche a été appliquée à un cas réel sur l'île de La Réunion, démontrant sa pertinence pour la planification de systèmes énergétiques autonomes, sobres en carbone et résilients face aux incertitudes.

Title: Design under uncertainty of an isolated microgrid powered by offshore renewable energy sources

Keywords: microgrid, renewable energy, uncertainty, TimeGAN, stochastic optimization, synthetic scenarios

Abstract: This thesis presents a methodology for the optimal design of an isolated microgrid powered by offshore renewable resources (wind, solar, storage, diesel), while accounting for uncertainties in electricity demand and production. A comprehensive tool is developed, combining long-term scenario generation using the TimeGAN deep learning model with multi-objective stochastic optimization of the energy system. To address TimeGAN's limitations on long sequences, a dedicated pre-

processing step based on frequency decomposition is introduced, enabling the capture of multi-scale patterns in climatic and consumption data. The generated synthetic scenarios are rigorously validated using statistical and spectral criteria, and are then used as inputs for the sizing phase. The methodology is applied to a real case study on La Réunion Island, demonstrating its effectiveness for designing autonomous, low-carbon, and uncertainty-resilient energy systems.