

## Stage de M2 – 2025

# Analyse de stabilité de micro-réseaux décentralisés DC dans un contexte d'électrification de l'Afrique rurale

### Contexte

Dans le cadre des collaborations entre le G2Elab (laboratoire de génie électrique de Grenoble) et Nanoé, une entreprise franco-malgache proposant un modèle d'électrification pour les zones rurales d'Afrique Subsaharienne (voir Figure 1), une thèse CIFRE a été réalisée de 2020 à 2023 au G2Elab [1]. Cette thèse avait pour objectif de développer du laboratoire au terrain une solution de micro-réseau DC décentralisé afin d'interconnecter des nano-réseaux. Ces nano-réseaux sont des systèmes solaires autonomes et collectifs à courant continu alimentant 4 à 6 foyers simultanément dont plus de 2800 unités ont déjà été installées dans 500 villages du nord de Madagascar, électrifiant plus de 12 000 foyers et commerces.

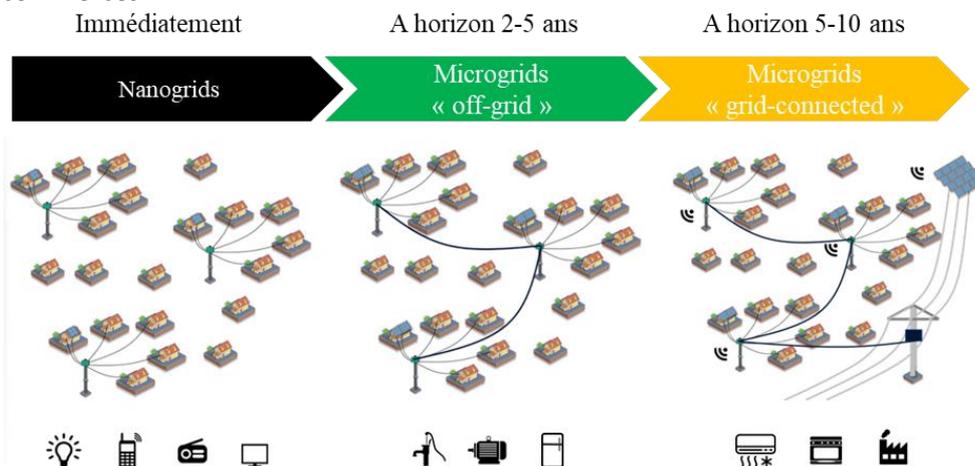


Figure 1 : Modèle progressif d'électrification latérale décentralisée évolutive proposé par Nanoé

Les micro-réseaux décentralisés à courant continu développés et testés à Madagascar reposent sur des convertisseurs d'électronique de puissance : les modules d'interconnexion entourés en rouge et bleu sur la Figure 2. Ces modules d'interconnexion ont été conçus naturellement très stables afin de permettre d'installer des micro-réseaux interconnectant quelques dizaines de nano-réseaux.

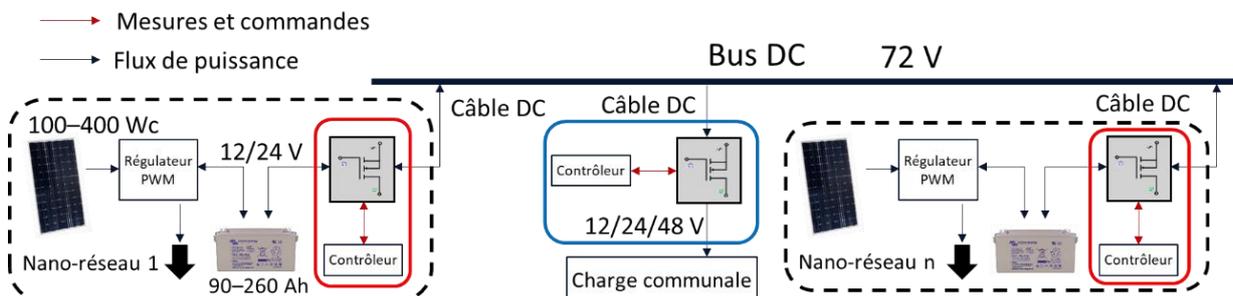


Figure 2: Configuration du micro-réseau DC décentralisé

Au premier ordre, la stabilité d'un réseau DC est définie par la quantité de condensateurs du bus DC principal. Cette direction de dimensionnement permet d'amortir l'ensemble des comportements, mais implique un certain surdimensionnement et de négliger les autres comportements ou interactions. Ce choix de dimensionnement simple, rapide mais non optimal est à remettre en cause.

## Objectifs et méthodologie

L'objectif global de ce stage est de quantifier la stabilité des micro-réseaux DC décentralisés. Cette mission sera réalisée en plusieurs étapes :

### Une étude bibliographique :

Le stage commencera par une revue de littérature pour se familiariser avec les concepts, les méthodologies et les outils liés à l'analyse de la stabilité dans les systèmes d'électronique de puissance et les micro-réseaux DC [2]. Cette étape fournira la base théorique nécessaire pour la suite du stage.

### Modélisation de micro-réseaux DC :

Le ou la stagiaire devra développer des modèles de comportement sur Matlab et Simulink pour les systèmes d'électronique de puissance. Ces modèles permettront d'analyser la stabilité de ces systèmes dans différentes configurations, avec un intérêt particulier pour les configurations spécifiques des micro-réseaux développés et installés par Nanoé à Madagascar. Ce travail pourra s'inspirer d'outils Matlab déjà développés par le G2ELab.

### Étude de sensibilité et limite de stabilité de micro-réseaux DC :

L'outil d'analyse de stabilité final permettra de modifier les paramètres des équipements, des longueurs de lignes, des puissances, du contrôle, etc., et de mettre en évidence l'impact des différents paramètres sur la stabilité du système afin de définir des plages de fonctionnement où la stabilité est assurée.

## Localisation & durée

Le stage débutera dès que possible et durera 5 à 6 mois. Il sera basé dans les locaux du G2ELab entre les équipes EP (Electronique de Puissance) et Syrel (Système et Réseaux Electrique). Il y aura des interactions avec les équipes de Nanoé, dont les locaux en France se trouvent à Grenoble.

Ce stage vient en anticipation d'une thèse sur le contrôle et l'étude de stabilité d'interconnexion de micro-réseaux dans le cadre du projet européen IDEAL4GREEN (Building decentralised, distributed and local micro-grids for decarbonisation electrification challenge), comprenant 15 thèses industrielles sur des problématiques micro-réseaux, énergies renouvelables et accès à l'énergie, dont 2 thèses G2ELab/Nanoé.

## Compétences attendues

- Fonctionnement des réseaux électriques
- Notions de bases en automatique/stabilité et en électronique de puissance
- Maitrise de Matlab et Simulink
- Maitrise de la langue française (C1) et anglaise (B2)

## Encadrants & contacts

Jérôme Buire : [jerome.buire@g2elab.grenoble-inp.fr](mailto:jerome.buire@g2elab.grenoble-inp.fr)

David Frey : [david.frey@g2elab.grenoble-inp.fr](mailto:david.frey@g2elab.grenoble-inp.fr)

Lucas Richard : [lucas.richard@nanoe.net](mailto:lucas.richard@nanoe.net)

## Références

[1] Richard, Lucas. *Micro-réseaux solaires à courant continu avec moyens de production et stockage décentralisés pour l'Électrification Latérale de l'Afrique rurale*, thèse de doctorat, Université Grenoble Alpes, 2023. Disponible en ligne: <https://theses.hal.science/tel-04465319>

[2] H. Kirchhoff and K. Strunz, "Control and Stability of Modular DC Swarm Microgrids," in *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, Oct. 2022. Disponible en ligne : <https://ieeexplore.ieee.org/document/9759443>