

Développement de nouvelles méthodes pour l'étude de la stabilité des réseaux électriques avec une forte intégration des énergies renouvelables (GRID-STab)

Description de la Thèse

Thèse de doctorat en cotutelle entre Centrale Lille Institut et l'Ecole Polytechnique de Tunisie

Laboratoires

- L2EP : Laboratoire d'électrotechnique et d'électronique de puissance, Lille – France (<https://l2ep.niv-lille.fr>)
- LIM : Laboratoire d'Ingénierie Mathématique à l'Ecole Polytechnique de Tunisie (EPT), La Marsa, Tunisie (<http://www.ept.rnu.tn/>).

Equipe d'Encadrement

- Pr. GUILLAUD Xavier (L2EP)
- Pr. JAMMAZI Chaker (LIM)
- Dr. BELHAOUANE Moez (L2EP)

Introduction et Contexte Général

La Commission Européenne a lancé le Pacte Vert pour l'Europe (« Green Deal »), une initiative ambitieuse visant à accélérer la transition énergétique et à atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. Parmi les objectifs clés du « Green Deal » figurent des cibles spécifiques pour 2030, notamment l'intégration de 40 % d'énergies renouvelables dans le mix énergétique européen et l'augmentation de la part de l'électricité à 30 % dans la consommation finale d'énergie. Cette dernière sera en grande partie soutenue par l'électrification accrue de divers secteurs, notamment les transports, le chauffage et l'industrie, afin de réduire la dépendance aux énergies fossiles et de favoriser un système énergétique plus durable et résilient.

Ainsi, les gestionnaires de réseaux doivent anticiper la transition énergétique marquée par une forte intégration des sources d'énergie renouvelable (EnR), notamment éolienne et solaire, connectées aux réseaux de transport et de distribution. Ces sources d'énergie renouvelable étant intermittentes, elles nécessitent également le recours à des solutions de stockage d'énergie. Par ailleurs, les EnR et leurs systèmes de stockage associés sont intégrés au réseau par le biais de dispositifs d'électronique de puissance, ce qui entraîne une augmentation significative des ressources basées sur des onduleurs (« Inverter-Based Resources » ou IBR). Comme le montre la Figure 1, cette évolution est susceptible de modifier la dynamique du réseau électrique, car les IBR se comportent différemment des unités de production traditionnelles basées sur des machines tournantes.

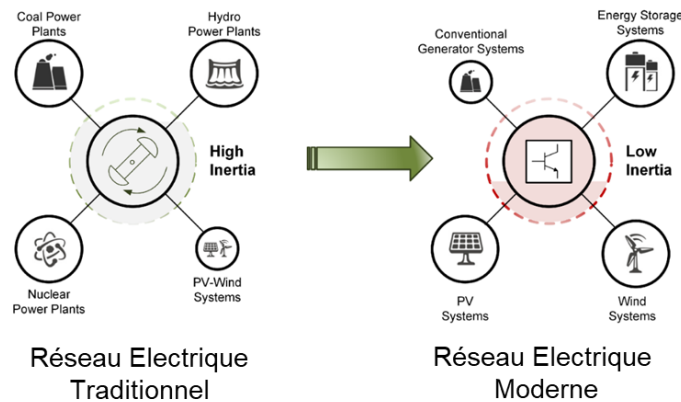


Figure 1 : Evolution du réseau électrique

En conséquence, les gestionnaires de réseaux électriques doivent mettre en œuvre des solutions d'analyse et de contrôle intelligentes et adaptatives pour répondre efficacement à ces nouvelles exigences. Dans un contexte où les dispositifs d'électronique de puissance occupent une place croissante dans les réseaux électriques, il est essentiel de garantir une transmission et une distribution d'énergie sûres et fiables tout en répondant aux nouvelles problématiques de stabilité des réseaux modernes, ce qui nécessite même d'élargir la classification de la notion de stabilité [1]. Pour cela, le développement de méthodes avancées d'évaluation de la stabilité du système électrique devient indispensable, permettant non seulement d'identifier les risques d'instabilité, mais aussi d'anticiper ces risques dans des conditions de fonctionnement variées [2].

Verrous Scientifiques

- Limitation des analyses traditionnelles basées sur des modèles linéarisés et les valeurs propres du système électrique commandé.
- Manque de critères formels et d'indicateurs précis pour évaluer la stabilité globale du système.
- Placement et dimensionnement optimal des convertisseurs en GFM (Grid Forming) pour élargir le domaine de stabilité.
- Intégration de modèles « boîte noire » dans l'étude de la stabilité en petits signaux des réseaux électriques.
- Impact du point de fonctionnement sur la stabilité et évaluation de la stabilité globale tout au long de la trajectoire du système.

Objectifs de la thèse

Le sujet de thèse proposé s'inscrit dans la continuité des travaux réalisés au sein de l'équipe réseaux électriques du L2EP sur la stabilité des réseaux électriques avec une forte proportion d'électronique de puissance, et en particulier les travaux récents de M. Lamrani [3]. Les objectifs de la thèse s'articulent autour des axes suivants :

- **Approfondissement de l'analyse de stabilité en petits signaux :** Développement de critères précis et indicateurs avancés pour anticiper les instabilités et optimiser le placement des convertisseurs en mode GFM.
- Analyse de stabilité en intégrant les modèles « boîtes noires ».
- **Etude de stabilité pour plusieurs points de fonctionnement :** Développement de méthodologies pour analyser la stabilité le long de la trajectoire du système.

Déroulement et localisation de la thèse

Cette thèse de doctorat, d'une durée de trois ans, est réalisée en cotutelle entre le laboratoire L2EP (Lille, France) et le laboratoire LIM de l'École Polytechnique de Tunisie.

Le doctorant effectuera la première partie de sa thèse (18 mois) au sein du L2EP, en France, puis poursuivra la seconde partie au laboratoire LIM, en Tunisie, pour une durée de 18 mois également.

Profil souhaité

- Être titulaire d'un diplôme d'ingénieur (niveau 7) ou d'un Master (MSc) avec une spécialisation en systèmes électriques ou en électronique de puissance appliquée aux réseaux électriques.
- Avoir obtenu d'excellents résultats académiques.
- Avoir un fort intérêt pour le travail en équipe
- Avoir des fortes connaissances dans un ou plusieurs des domaines suivants : dynamique des réseaux électriques, conception de contrôle, convertisseurs d'électronique de puissance, réseaux électriques et stabilité des systèmes dynamiques complexes.
- Posséder d'excellentes compétences en communication écrite et orale en français et en anglais.

Comment postuler ?

Pour candidater à ce sujet de thèse, merci d'envoyer les éléments suivants par courriel à l'adresse suivante : phd.position@epmlab.eu

- CV
- Lettre de motivation
- Lettres de recommandation (au moins une lettre de votre encadrant de stage de master, ou d'un autre référent académique ou professionnel)
- Relevés de notes des deux dernières années ainsi que les classements

Les candidats présélectionnés seront évalués sur leurs compétences techniques ainsi que sur leur potentiel en recherche. Pour toute information complémentaire, n'hésitez pas à contacter : Xavier GUILLAUD (xavier.guillaud@centralelille.fr) et Moez BELHAOUANE (moez.belhaouane@univ-lille.fr).



Références Bibliographiques

[1] N. Hatziargyriou, J. Milanovic, C. Rahmann, V. Ajarapu, C. Canizares, I. Erlich, D. Hill, I. Hiskens, I. Kamwa, B. Pal, P. Pourbeik, J. Sanchez-Gasca, A. Stankovic, T. Van Cutsem, V. Vittal, and C. Vournas, “Definition and Classification of Power System Stability – Revisited & Extended,” IEEE Transactions on Power Systems, vol. 36, no. 4, pp. 3271–3281, Jul. 2021.

[2] C. Cardozo, T. Prevost, S.-H. Huang, J. Lu, N. Modi, M. Hishida, X. Li, A. Abdalrahman, P. Samuelsson, T. V. Cutsem, Y. Laba, Y. Lamrani, F. Colas, and X. Guillaud, “Promises and Challenges of Grid Forming: Transmission System Operator, Manufacturer and Academic Viewpoints,” 2024.

[3] Y. Lamrani, “Localisation optimale des convertisseurs grid forming sur les réseaux de transport pour l'amélioration de la stabilité petits signaux,” Centrale Lille Institute, 2024.