

Monsieur Yorgo LABA

Spécialité "Génie Electrique"

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Contrôle Grid-Forming pour la restauration du système de transmission à partir du réseau de distribution

dirigés par Monsieur Xavier GUILLAUD

Soutenance prévue le **mardi 28 octobre 2025** à 14h00

Lieu : Centrale Lille Institut Cité Scientifique – CS20048 59651 Villeneuve d'Ascq Cedex

Salle : Amphi Cuccaroni

Composition du jury proposé

M. Xavier GUILLAUD	Centrale Lille Institut	Directeur de thèse
M. Agusti EGEA-ÀLVAREZ	University of Strathclyde	Rapporteur
M. Bertrand RAISON	Université Grenoble Alpes	Rapporteur
M. Adolfo ANTA	AIT Austrian Institute of Technology	Examineur
Mme Iulia IVAN	ENEDIS	Examinatrice
M. Bruno FRANÇOIS	Centrale Lille Institut	Examineur
M. Antoine BRUYÈRE	Centrale Lille Institut	Invité
M. Gilles TORRESAN	RTE – Réseau de Transport d'Électricité	Invité

Mots-clés : Blackstart distribué, Grid-Forming, Limitation de courant, Mise sous tension de transformateurs, Réseau de distribution, Stabilité en large signaux,

Résumé :

L'intégration croissante des énergies renouvelables et la décentralisation de la production d'électricité redéfinissent les rôles des réseaux de transport et de distribution dans l'exploitation et la restauration du système électrique. Dans ce contexte de transition énergétique, certains systèmes de production renouvelable et les systèmes de stockage par batteries (BESS) sont raccordés au réseau via des convertisseurs électroniques de puissance. Toutefois, le contrôle de ces convertisseurs soulève plusieurs défis. Bien que le contrôle de type Grid-Following (GFL), largement déployé, permette aux convertisseurs de se synchroniser et de soutenir le réseau, il est rapporté comme étant peu robuste dans des conditions de réseau faible ou en fonctionnement îloté, en particulier en ce qui concerne la stabilité en petits signaux. Le contrôle Grid-Forming (GFM) émerge alors comme une alternative prometteuse, offrant une régulation autonome de la tension et de la fréquence, en mode connecté ou îloté. Dans ce contexte, cette thèse explore l'implémentation de convertisseurs GFM dans les réseaux de distribution, avec un accent particulier sur leur rôle dans les processus de restauration à l'échelle des réseaux moyenne et haute tension. L'un des objectifs clés est de développer une stratégie de contrôle capable d'énergiser de manière autonome des transformateurs et des sections de réseau, tout en limitant le courant et en garantissant la stabilité du système. La première partie de la thèse établit une base théorique autour du contrôle GFM, incluant les techniques de limitation de courant et l'analyse de la stabilité face aux perturbations, petites ou grandes. Les résultats montrent que les techniques classiques de synchronisation ne permettent pas de couvrir l'ensemble des défauts réseaux, notamment ceux impliquant des sauts de phase. Pour y remédier, une méthode de synchronisation basée sur la puissance virtuelle est proposée, permettant d'améliorer la stabilité lors de grandes perturbations. Cette approche est appliquée aux architectures GFM contrôlées en courant comme en tension (c'est-à-dire avec ou sans boucle de courant interne) et permet de découpler la synchronisation de la limitation de courant. Les solutions proposées sont validées expérimentalement dans divers scénarios de défauts, en conformité avec les exigences des gestionnaires de réseau de transport et de distribution (TSO/DSO). La méthode est ensuite étendue aux réseaux déséquilibrés et adaptée aux spécificités des réseaux moyenne tension. La seconde partie de la thèse se concentre sur la mise sous tension des transformateurs. Elle analyse le phénomène de courant d'appel et propose une stratégie de mise sous tension directe, évitant les limites des techniques classiques de démarrage « soft-start » en supprimant le besoin d'informations externes sur le réseau ou le transformateur. Le GFM développé montre une capacité efficace à atténuer les courants d'appel sympathiques et à maintenir un fonctionnement stable, même lors de la mise sous tension de transformateurs de grande taille. Les résultats expérimentaux confirment la faisabilité de cette approche. Enfin, une stratégie de black start distribué est proposée et validée à l'aide d'un benchmark EMTP intégrant différents types de charges, de transformateurs et d'unités de production. L'étude démontre la faisabilité d'une restauration séquentielle du réseau, depuis le niveau distribution jusqu'au réseau de transport, tout en garantissant la qualité de la tension et en respectant les limitations de courant des convertisseurs. En résumé, cette thèse présente un cadre de contrôle GFM complet et validé expérimentalement, applicable à de nombreuses conditions, apportant des capacités accrues en termes de stabilité, de protection et de restauration pour les réseaux électriques du futur.