



Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

Avis de Soutenance
THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Monsieur MBAREK CHAHBOUN

Discipline : Génie électrique et Energies renouvelables
Spécialité : Génie électrique et Energies renouvelables

Sujet de la thèse

**Contribution à la modélisation pour le diagnostic des sources
d'énergies renouvelables, application la supervision et la gestion
des parcs éoliens et solaires**

Formation Doctorale " Sciences de l'Ingénieur, Sciences Physiques, Mathématiques et Informatique"

Thèse présentée et soutenue le **samedi 14 novembre 2026 à 10h** à l'Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès, devant le jury composé de :

NOM ET PRÉNOM	TITRE	ETABLISSEMENT	
ABDELMJID SAKA	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Président
DRISS YOUSSEFI	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Oujda	Rapporteur
ABDELLAH OUKASSI	MCH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Marrakech	Rapporteur
JAMILA ELHAINI	MCH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Rapporteur
MOHAMED OUAHI	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Examineur
SOUAD EL KHATTABI	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Examineur
YOUSSEF EL AFOU	MCH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Examineur
HICHAM HIHI	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Directeur de Thèse

Laboratoire de recherche : laboratoire Ingénierie, Systèmes et Applications
Etablissement : Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès

Résumé de la thèse

Ce mémoire de thèse porte sur la modélisation, la commande et la supervision de systèmes de conversion d'énergie renouvelable, en s'appuyant sur trois axes complémentaires : la commande de la génératrice asynchrone à double alimentation (GADA) dans les systèmes éoliens, l'optimisation de l'extraction de puissance dans les systèmes photovoltaïques, et la supervision énergétique d'une chaîne de production d'énergie hybride par logique floue.

Le premier axe est consacré à l'étude et à la comparaison de stratégies de commande appliquées à la GADA. Après avoir développé le modèle mathématique de la machine dans le repère de Park orienté selon le flux statorique, trois approches de commande ont été mises en œuvre et comparées : la commande vectorielle classique associée à des régulateurs PI, la commande par logique floue et la commande par Backstepping. Les résultats de simulation montrent que la commande Backstepping offre les meilleures performances en termes de précision de suivi, de robustesse aux variations paramétriques et de stabilité dynamique. En effet, cette méthode intègre la stabilité dès la phase de conception de la loi de commande, en s'appuyant sur des fonctions de Lyapunov, ce qui lui confère une robustesse supérieure face aux variations de la résistance rotorique R_r et de l'inductance mutuelle L_m .

Le deuxième axe traite de l'optimisation de la puissance extraite d'un générateur photovoltaïque. Les variations continues de l'irradiance et de la température déplacent le point de puissance maximale (PPM), rendant insuffisante toute connexion directe non contrôlée entre le générateur et la charge. L'utilisation d'un convertisseur statique associé à une commande MPPT constitue une solution indispensable pour maximiser l'énergie extraite. Plusieurs stratégies MPPT ont été étudiées et comparées, allant des méthodes classiques telles que la Perturbation et Observation (P&O) et la conductance incrémentale, aux méthodes intelligentes fondées sur la logique floue et les réseaux de neurones. Cette analyse met en évidence que le choix d'une stratégie MPPT résulte d'un compromis entre la simplicité de mise en œuvre, la rapidité de convergence, la précision de suivi du PPM et la robustesse face aux variations rapides des conditions climatiques.

Le troisième axe porte sur la modélisation par bond graph et la supervision énergétique d'une chaîne de production d'énergie hybride basée sur la logique floue. La chaîne étudiée associe une machine à courant continu (MCC) émulant une turbine éolienne, une machine synchrone à aimants permanents (MSAP) fonctionnant en génératrice à vitesse variable, un système dissipatif et un système de stockage à supercondensateur, interconnectés par un bus de



Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

courant continu. Une stratégie de supervision à deux niveaux a été proposée : le premier niveau détermine la puissance de référence totale à absorber par le système hybride, tandis que le second assure la répartition optimale de cette puissance entre le système de stockage et le système dissipatif. La logique floue a été retenue pour la mise en œuvre de cette stratégie, en raison de sa capacité à intégrer des règles linguistiques adaptées aux objectifs d'optimisation énergétique et de stabilité du bus continu.

Mots clés :

Génératrice Asynchrone à Double Alimentation (GADA) • Commande Backstepping • Logique Floue • Commande Vectorielle • Bond Graph • Supervision Énergétique • MPPT • Système Photovoltaïque • Énergie Éolienne • Bus Continu • Supercondensateur • Système Hybride • Représentation Énergétique Macroscopique (REM) • Stabilité de Lyapunov • Régulateur PI • Optimisation Énergétique