

DOSSIER DE CANDIDATURE

Date limite de dépôt des dossiers (dossier de candidature + tableau Excel récapitulatif) par les porteurs de projet avec l'avis des responsables de départements :

30 octobre 2023 à 23h59

Dépôt à la Direction de la Recherche en version électronique à LGP-directeur@enit.fr

NOM du PROJET : Optimal 4 quadrants Power Control of prosumer-Grid connected

ACRONYME : PROSUMER

Porteur du projet ¹ :

Nom, Prénom : Mohamed KOUKI & Baptiste TRAJIN

Statut : Maitres de Conférences

Département scientifique : Système

Groupe de Recherche : e-ACE²

Téléphone : 0784782141

Courriel professionnel : mkouki@enit.fr / baptiste.trajin@enit.fr

(¹) *enseignant-chercheur du LGP.*

Résumé public (français) : (10/15 lignes max)

Les énergies renouvelables jouent un rôle important dans la transition énergétique. Selon le dernier rapport de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) deux tiers de la production d'énergie doivent être issues de sources renouvelables d'ici 2050. Pour atteindre cet objectif, plusieurs défis liés aux performances des sources seront à relever comme le contrôle des grandeurs électriques générées à partir de sources renouvelables de puissance instantanée variable. Il est donc nécessaire de concevoir des stratégies de contrôle-commande robustes tout en restant suffisamment simples pour pouvoir être implémentées sur des cibles numériques temps-réel embarquées. Pour cela, nous proposons dans ce projet une approche globalisante de la modélisation d'un système complexe et non-linéaire jusqu'à sa stratégie de contrôle-commande robuste (LQR) basée sur les techniques d'optimisation. Cette méthodologie sera comparée avec l'utilisation d'autres techniques de régulations (Commande vectorielle, H_∞ , ...). La validation sera effectuée en simulation sous MATLAB. Aussi, une validation en temps réel (Hardware in the Loop) sera fournie.

Résumé public (anglais) : (10/15 lignes max)

Renewable energy plays an import role for a net-zero emission. According to the latest report by the International Energy Agency (IEA), two third of energy production should be renewable by 2050. To achieve this goal, several challenges should be met, such as controlling the electrical quantities generated from renewable energy sources. Hence the need to design a control strategy that should be robust yet simple enough to be computed on an on-board real-time digital target. To this end, we propose in this project an exhaustive approach start from the modeling of a complex and non-linear system up to its robust control-command (LQR) strategy based on optimization techniques. This strategy will be compared with other control techniques (vector control, H_∞ , etc.). Validation will be performed in simulation under MATLAB. Real-time validation (Hardware in the Loop) will also be provided.

Mots clés (5 maximum) :

- 1 - Renewable energy ,
- 2 - Advance control,
- 3 - AC Prosumer,
- 5 - Hardware in the loop.

DESCRIPTION DU PROJET DÉTAILLÉ (2 pages max.)

1. Description de la collaboration scientifique dans son ensemble, de l'originalité de la thématique et des transversalités impliquées. Le caractère innovant du projet, sa faisabilité, les moyens mis en œuvre sont à expliquer.

Les systèmes électriques modernes/futurs sont confrontés à plusieurs contraintes techniques, sociales et environnementales afin de maximiser l'intégration des sources d'énergies renouvelables et atteindre les objectifs fixés par l'AIE d'ici 2050. Pour répondre à ces différents enjeux, les développements des nouvelles stratégies de gestion d'énergies et de contrôle des sources d'énergies distribués (Solaire, éolienne, ...) sont nécessaires. Dans ce cadre, nous proposons une stratégie robuste de contrôle-commande pour garantir une production/consommation optimale d'un « consom-acteur 4 quadrants » (comme le montre la Figure 1). Les méthodologies développées pour ce consom-acteur sont directement transposables à des éoliennes ou des turbines hydrauliques.

Les objectifs adressés par l'étude proposée sont :

- Garantir la stabilité en termes de la puissance active et réactive afin de minimiser l'impact négatif de l'interaction dynamique entre les convertisseurs statiques liés aux sources d'énergies renouvelables et les sources d'énergies conventionnelles connectées au réseau (alternateurs triphasés directement connectés au réseau de distribution électrique national) [3].
- Garantir une exploitation optimale et maximale de la capacité de production des sources d'énergie renouvelables.

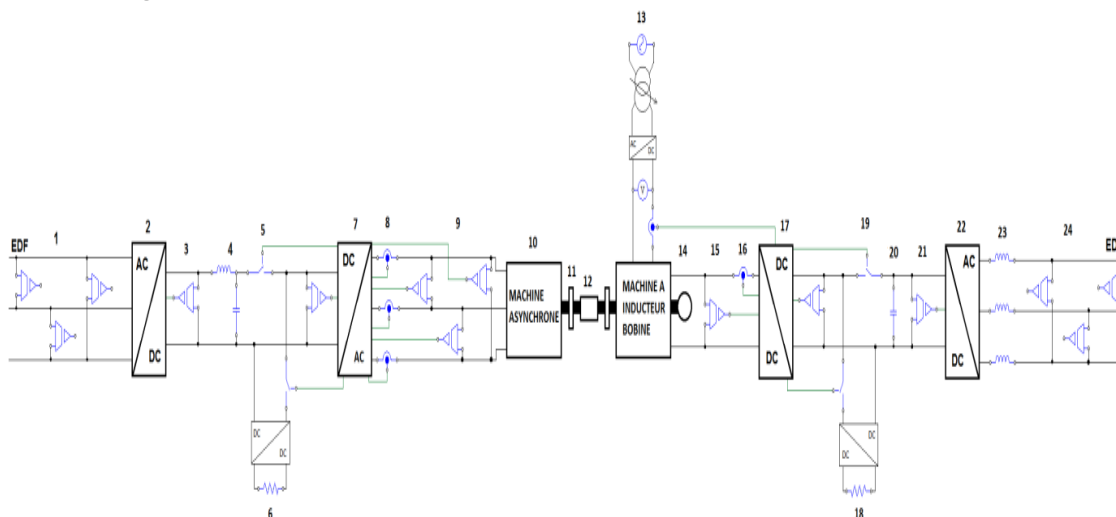


Figure 1 : Système de consom-acteur 4 quadrants

Pour atteindre ces objectifs nous proposons de développer une méthodologie en deux macro-étapes : la modélisation du système et la stratégie de contrôle-commande basée sur la loi de commande robuste Linear Quadratic Regulator (LQR). La modélisation sera choisie pour atteindre un formalisme adapté à la construction de la commande. Par ailleurs, dans la littérature, le calcul des paramètres de la commande LQR se fait généralement d'une façon heuristique ce qui n'est pas une solution optimale. Pour cette raison nous proposons d'utiliser un ensemble des algorithmes d'optimisation (MOAHA, COA, FC-MOEO/AEP, TSA, PSO...[1,2]) pour calculer les paramètres optimaux de la commande LQR c.à.d. calculer les paramètres de la matrice R et Q les plus convenables.

D'un point de vue séquentiel, la méthodologie est devisée en cinq parties comme illustre la Figure 2 :

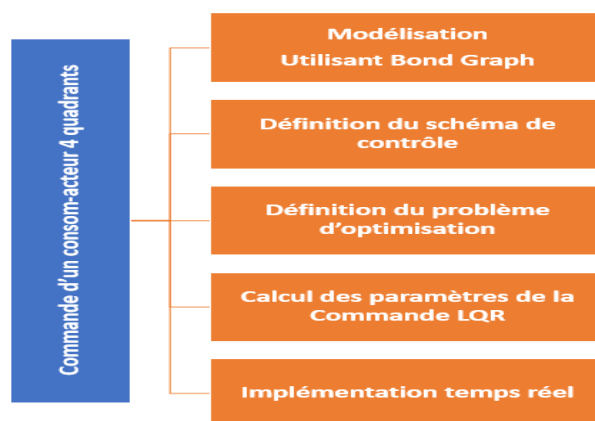


Figure 2 : Etapes principales de notre méthodologie

Partie 1 : Modélisation du système en utilisant la technique Bond-graph [4]. Cette modélisation conduit à une représentation d'état du système.

Partie 2 : Définition du schéma de régulation du dynamique de système.

Partie 3 : Formulation du problème d'optimisation en mettant en évidence les objectifs et les contraintes [1,2].

Partie 4 : Calcul des paramètres de la commande LQR utilisant les algorithmes d'optimisation. Pour la validation des résultats obtenus, d'autres algorithmes d'optimisation seront utilisés. Aussi, d'autres méthodes de contrôle-commande seront utilisés comme la commande vectorielle et la commande H_∞ classique.

Partie 5 : Validation temps réel (Hardware in the Loop) par l'implémentation de notre méthodologie sur un microcontrôleur de type STM32.

2. Retombées scientifiques attendues dont retombées éventuelles en enseignement, lien enseignement/recherche.

Un article scientifique sera rédigé et présenté dans une conférence bien classée dans le domaine des énergies renouvelables.

Ce projet permettra un renforcement de la pluridisciplinarité de la recherche autour de la modélisation, commande temps-réel des sources d'énergies renouvelables. En particulier, il permettra de renforcer l'interface entre les disciplines de l'informatique industrielle embarqué et du génie électrique.

Les connaissances développées dans le cadre de ce projet serviront de brique élémentaire aux maquettes pédagogiques qui seront utilisées dans le bachelor Sciences de l'ingénieur Transition Energétique mais qui pourront aussi servir dans les enseignements pratiques du diplôme d'ingénieurs ENIT.

3. Récapitulatif opérationnel (présentation des différents dispositifs de base, priorisation des demandes budgétaires mises en regard du budget global du projet et tenant compte d'éventuels cofinancements).

Pour atteindre nos objectifs, nous avons besoin de:

- Hardware : Carte de type STM32
- Software : Matlab (Toolbox Electriques : disponible au labo)
- Frais d'encadrement : 4000 euros

- Frais de participation à une conférence internationale pour présenter une partie de travail : 2500 euros.
- Apport ENIT : Système Dspace, banc moteur.

4. Expérience préalable du porteur, retombées et apports prévus, références bibliographiques

Monsieur Mohamed KOUKI a une expérience sur l'analyse de système de puissances conventionnels et les systèmes de puissance à forte pénétration des sources d'énergies renouvelables. Mohamed a travaillé aussi sur la répartition des charges optimales en utilisant les algorithmes d'optimisation métaheuristiques.

Monsieur Baptiste TRAJIN travaille depuis maintenant 10 ans sur la modélisation des systèmes mécatroniques multi-physiques et multi-échelles. Son expérience avérée se porte principalement sur l'analyse des systèmes de puissance non linéaires, ainsi que sur leur observation. L'approche qu'il propose réside dans un formalisme de modélisation unifié permettant l'obtention des représentations équationnelles adaptés à la commande et au diagnostic. Les objets d'application vont des systèmes de production et stockage et de l'énergie électrique macroscopiques aux systèmes à paramètres répartis.

- [1] Zhao, W., Zhang, Z., Mirjalili, S., Wang, L., Khodadadi, N., & Mirjalili, S. M. (2022). An effective multi-objective artificial hummingbird algorithm with dynamic elimination-based crowding distance for solving engineering design problems. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 398, 115223.
- [2] Ilchi Ghazaan, M., Ghaderi, P., & Rezaeizadeh, A. (2023). A fast convergence EO-based multi-objective optimization algorithm using archive evolution path and its application to engineering design problems. *The Journal of Supercomputing*, 1-37.
- [3] Kouki, M., Marinescu, B., & Xavier, F. (2020). Exhaustive modal analysis of large-scale interconnected power systems with high power electronics penetration. *IEEE Transactions on Power Systems*, 35(4), 2759-2768.
- [4] W. Borutzky, *Bond graph methodology - Development and analysis of multidisciplinary dynamic system models*, Springer, 2010

AVIS MOTIVÉS ET SIGNATURES DU RESPONSABLE DU DEPARTEMENT SCIENTIFIQUE "PORTEUR"

Avis motivé du responsable du département scientifique du porteur	Classement parmi les projets portés par le laboratoire Nombre de projets visés : Classement de ce projet parmi eux :
Nom, prénom Date : Signature	Dispositif de base à retenir en priorité

Date limite de dépôt des dossiers (dossier de candidature + tableau Excel récapitulatif) par les **porteurs de projet** avec l'**avis** des **responsables des département scientifiques** :
30 octobre 2023 à 23h59

Dépôt à la Direction de la Recherche en version électronique à LGP-directeur@enit.fr