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

Avis de Soutenance

THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Monsieur MOHAMMED BOURZIK

Discipline : Mathématiques et Informatique
Spécialité : Recherche Opérationnelle et Informatique

Sujet de la thèse

Etude stratégique du transport électrique: Modélisation et résolution dans le cadre de l'intelligence artificielle distribuée

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

Thèse présentée et soutenue **le samedi 09 décembre 2023 à 10h à l'Amphi C1 à** la **Faculté des Sciences et Techniques de Fès**, devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Titre	Etablissement	
Najib MAHDOU	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Président
Btissam DKHISSI	PH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Tétouan	Rapporteur
Majda FIKRI	PH	Ecole Nationale de Commerce et de Gestion d'Agadir	Rapporteur
Safae EL HAJ BEN ALI	PH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Rapporteur
Rachid BEN ABBOU	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Examinateur
Fatima EL KHOUKHI	PH	Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de Fès	Examinateur
Abdelmajid HILALI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Directeur de thèse
Ahmed EL HILALI ALAOUI	PES	Université Euro-Méditerranéenne de Fès	Invité

Laboratoire de recherche : Laboratoire Modélisation et Structures Mathématiques
Etablissement : Faculté des Sciences et Techniques de Fès

Résumé de thèse

Les véhicules électriques (VE) gagnent en popularité grâce à leur faible impact environnemental et à leur coût d'utilisation inférieur à celui des véhicules thermiques. Cependant, une infrastructure de recharge adaptée est indispensable pour rendre les VE pratiques et largement adoptés. La recharge dynamique par induction (DWC) représente une avancée majeure pour l'expérience de conduite des VE, notamment lors de longs trajets tels que les autoroutes, où la portée limitée des batteries peut entraîner une décharge rapide en raison des distances importantes et des vitesses élevées. Grâce à la DWC, les véhicules peuvent recharger leurs batteries tout en continuant à rouler, éliminant ainsi le besoin de s'arrêter fréquemment dans les stations de recharge. Cependant, le coût élevé de cette technologie constitue un obstacle à son adoption généralisée. Pour minimiser les coûts d'installation de ces systèmes, il est nécessaire d'identifier les meilleurs emplacements le long des trajets où les véhicules ont besoin de se recharger. De plus, l'hétérogénéité des batteries électriques pose un défi supplémentaire pour déterminer les endroits nécessitant une recharge, car chaque type de batterie a ses propres caractéristiques.

Dans le premier contexte, nous étudions le problème stratégique d'installations d'une infrastructure de recharge dynamique pour des véhicules électriques à batterie hétérogène sur une autoroute. L'objectif principal est de déterminer le nombre minimal de segments et d'onduleurs nécessaires sur la route pour permettre à chaque type de véhicule de parcourir l'autoroute sans rester en rupture de charge. Nous proposons de modéliser le problème sous forme d'un problème mathématique et de le valider avec l'optimiseur CPLEX pour des instances limitées. Comme le problème est NP-difficile nous prévoyons de résoudre le problème en utilisant l'un des axes clés de l'intelligence artificielle distribuée, à savoir le principe du système multi-agent. Les véhicules utilisant le DWC doivent payer pour bénéficier de ce service. Dans ce deuxième contexte, nous considérons une autoroute équipée de DWC et cherchons à organiser l'utilisation de ce dernier en installant des portes d'entrée pour les véhicules nécessitant une recharge de leur batterie, et des portes de sortie vers la route principale pour ceux souhaitant arrêter la recharge. Notre premier objectif est de minimiser le coût de la recharge pour chaque type de véhicule utilisant le DWC lors de son trajet sur l'autoroute. Le deuxième objectif est de minimiser les coûts d'installation des portes sur la route. Nous proposons de modéliser le problème comme un problème mathématique et de le valider avec l'optimiseur CPLEX en utilisant des instances limitées, et enfin, de le résoudre en utilisant l'algorithme génétique de tri non dominé NSGA-II (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm-II). Après l'analyse des résultats trouvés dans les deux études, nous concluons que les résultats trouvés montrent l'efficacité des modèles et approches proposées. Après avoir étudié les résultats obtenus dans les deux études, nous en déduisons que les modèles mathématiques et approches proposés ont démontré leur efficacité.

Mots clés : Optimisation multi-objectif, Programmation mathématique, Intelligence artificielle distribuée, Système multi-agents, NSGA-II, Véhicules électriques hétérogènes, Recharge dynamique par induction.