



## AVIS DE SOUTENANCE THESE DE DOCTORAT

Présentée par

**Mlle: NISRINE MOUHRIM**

Spécialité : Recherche Opérationnelle et Informatique

**Sujet de la thèse :** Contribution au développement de transport vert : Proposition d'un plan de recharge par segments des véhicules électriques-étude d'un problème de tournées de véhicules mixtes.

**Formation Doctorale :** Sciences de l'ingénieur Sciences Physiques, Mathématiques et Informatique.

Thèse présentée et soutenue le samedi 09 mars 2019 à 10h à l'Amphi Al Khawarizmi devant le jury composé de :

Nom Prénom	Titre	Etablissement	
Abdelhamid BENAINI	PES	UFR Sciences et Techniques le Havre France	Président
Ammar OULAMARA	PES	Université de Lorraine France	Rapporteur
Abdelmajid HILALI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Rapporteur
Abdellah EL FALLAHI	PH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Tétouan	Rapporteur
Abderrafaa KOUKAM	PES	UTBM, Belfort France	Examineur
Btissam DKHISSI	PH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Tétouan	Examineur
Ahmed EL HILALI ALAOUI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Directeur de thèse

**Laboratoire d'accueil :** Modélisation et Calcul Scientifique.

**Etablissement :** Faculté des Sciences et Techniques de Fès



**Titre de la thèse :** Contribution au développement de transport vert : Proposition d'un plan de recharge par segments des véhicules électriques-étude d'un problème de tournées de véhicules mixtes.

**Nom du candidat :** Nisrine MOUHRIM

**Spécialité :** Recherche Opérationnelle et Informatique

### Résumé de la thèse

La mise en œuvre des véhicules électriques dans le secteur du transport de fret présente une solution durable qui répond aux objectifs environnementaux et économiques. Cette thèse s'oriente dans cette direction, elle porte sur l'étude des problèmes de transport électrique selon deux niveaux décisionnels à savoir le niveau stratégique et opérationnel.

Au niveau stratégique, nous traitons le problème d'allocation des segments de recharge d'un véhicule électrique par des ondes électromagnétiques. Pour cela, nous proposons une modélisation du problème sous forme de programme mathématique mixte en nombre entier qui tient compte de la particularité du réseau routier et du véhicule. L'objectif est de déterminer ; dans un réseau qui se compose de plusieurs chemins ; une allocation stratégique qui constitue un compromis entre le coût d'achat du matériel de recharge et le coût de la batterie en satisfaisant un ensemble de contraintes liées au fonctionnement du système lors de l'exploitation et qui garantissent l'arrivée du véhicule à sa destination sans rupture de charge. Ainsi, nous montrons l'utilité de nos travaux dans un contexte industriel à travers le projet 'Green Truck'. Ce projet consiste à remplacer les camions à combustion par les camions électriques ; adapté à la technologie d'alimentation par induction ; dans la zone industrialo-portuaire du Havre. Dans cette optique et dans un premier temps, nous traitons le problème d'installation des segments de recharge dynamique. Dans un deuxième temps, nous intégrons le mode de rechargement statique dans la stratégie d'allocation. Nous adoptons la version multi-objective de l'algorithme d'optimisation par essaim de particules pour résoudre le problème. En effet, l'algorithme a montré sa robustesse et son efficacité vis-à-vis de problèmes d'optimisation non-linéaires. Après la linéarisation de notre modèle, nous comparons les résultats obtenus avec ceux issus à partir du solveur CPLEX. Nous montrons la validité des résultats obtenus à travers leur analyse et leur discussion.

Au niveau opérationnel, nous étudions le problème de tournées de véhicules dans le cas d'une flotte mixte composée de véhicules électriques et à combustion, ce qui est un véritable réseau industriel rencontré dans la pratique. La particularité de notre travail réside dans la considération du cas où les émissions sont limitées par un système de plafonnement d'émissions pour les véhicules conventionnels. Afin de résoudre le modèle mathématique que nous avons élaboré, nous avons inclus trois heuristiques dans l'algorithme SPEA-II qui répondent aux contraintes engendrées par la batterie limitée des véhicules électriques. Après l'analyse des performances de l'algorithme résultant, nous concluons que l'approche de résolution permet d'achever des résultats compétitifs.

**Mots clés :** véhicules électriques, recharge par induction, tournée de véhicule électrique, programmation mathématique, optimisation multi-objective, méta-heuristiques, MPSO, SPEA-II.