

Modélisation de tournées de véhicules électriques avec recharge par induction dans la zone industrialo-portuaire du Havre

Nisrine Mouhrim ^{1,2}, Ahmed Elhilali Alaoui ¹, Jaouad Boukachour ², Dalila Boudebous²

¹Faculté des Sciences Techniques de Fès, Maroc

elhilali_fstf2002@yahoo.fr

nisrine.mouhrim@usmba.ac.ma

²IUT du Havre, Le Havre, France

{jaouad.boukachour,dalila.boudebous}@univ-lehavre.fr

Mots-clés : *véhicules électriques, recharge par induction, Modélisation mathématique, Optimisation par essaim de particules.*

1 Introduction

De nos jours, de nombreux pays se pressent pour limiter le réchauffement de la planète dû à l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère et dont l'une des principales activités productrice est le transport routier.

L'utilisation de l'énergie électrique est l'une des principales solutions proposées. Cependant, les difficultés inhérentes de son stockage embarqué dans un véhicule obèrent les avantages liés à une utilisation facile. La batterie électrique est l'organe clé des voitures électriques. Le poids, le coût, la faible durée de vie et le coût environnemental de sa production et de son recyclage, réduisent d'une part l'équation économique de son usage et limite d'autre part considérablement l'autonomie du véhicule [1].

Notre objectif est d'apporter des réponses intéressantes à cette problématique surtout lorsque les trajets routiers sont limités à quelques kilomètres entre les points de livraison récurrents, ce qui est le cas dans la zone industrialo-portuaire du Havre. La réalisation de ces trajets nécessite des rechargements rapides et fréquents afin de prolonger l'autonomie du véhicule. Notre travail adopte le rechargement des véhicules électriques par induction, associé au principe du « biberonnage ». Cette technologie électrique consiste à recharger régulièrement la batterie du véhicule pour en diminuer la quantité, le volume et la masse [2].

Dans le présent travail, nous traitons le problème de localisation des segments de recharge par induction. Le but est de trouver un compromis entre le coût de la batterie qui est lié à sa capacité et le coût d'installation des segments de recharge, tout en maintenant la qualité de tournées de véhicules.

En premier, nous proposons un modèle mathématique qui décrit le problème d'installation des segments de recharge par induction dans le cas de plusieurs chemins entre une origine et une

destination. Ensuite, nous introduisons la résolution de ce problème grâce à l'optimisation par essaim de particules puisqu'elle a montré sa robustesse et son efficacité vis-à-vis de problèmes d'optimisation non-linéaires [3].

2 Formulation du problème

Nous définissons le problème comme suit : étant donné un ensemble de tournées $L = \{1, \dots, T\}$, Une origine O et une destination D . Soit un graphe $G = (V; E)$ où V est l'ensemble des arcs et E l'ensemble des nœuds. Pour définir les tournées on introduit la donnée binaire s_{uv}^l qui prend 1 si les deux arcs $(u, v) \in V * V$ constituent un sous-chemin de la tournée $l \in L$ et 0 sinon. Chaque arc du graphe est composé d'un nombre de segments équidistants. On suppose que la batterie de chaque véhicule se recharge pleinement en O . L'idée est de trouver l'ensemble des segments qui seront équipées d'un fil inducteur. Ces segments servent à recharger le véhicule en roulant. La réalisation de cette installation nécessite le respect d'un nombre de contraintes telles que : quelle que soit la tournée $l \in L$, l'état de charge $I(t_{uk}^l)$ de la batterie du véhicule effectuant la tournée l ne doit pas être inférieur à sa valeur critique I_{min} , où t_{uk}^l est l'instant d'arrivée au $k^{\text{ème}}$ segment de l'arc u de la tournée l . L'objectif est de trouver un compromis entre le coût de la batterie associé à sa capacité I_{bat} et le coût total des segments de recharge qui seront actifs. Les objectifs sont conflictuels car par exemple la minimisation du coût de la batterie réduit son autonomie ce qui entraîne un nombre plus grands de segments actifs et par la suite un coût d'installation plus élevé.

3 Approche de résolution

Les premiers modèles mathématiques qui ont travaillé sur le système de recharge par induction considèrent une seule tournée où l'origine coïncide avec la destination. Dans notre travail, La présence de plusieurs tournées qui possèdent des sous-chemins communs rend la construction d'une solution réalisable particulièrement difficile.

Pour résoudre ce problème, nous avons étudié l'installation des segments de recharge sur chaque chemin, ainsi que, son influence sur les autres chemins. Nous avons étudié aussi l'impact de la capacité de la batterie sur le choix des segments actifs. Un algorithme à base d'optimisation par essaim de particules a été adapté à notre modèle mathématique, puisque ce dernier est de nature non-linéaire.

Références

- [1] Peterson, Scott B., Whitacre, J.F., Apt, Jay. *The economics of using plug-in hybrid electric vehicle battery packs for grid storage*. Journal of Power Sources Volume 195 (8(April)): 2377–2384, 15 Avril 2010.
- [2] Y. J. Jang, Y. D. Ko, and S. Jeong. *Optimal design of the wireless charging electric vehicle*, Electric Vehicle Conference (IEVC), pages: 1–5, 2012.
- [3] J. Kennedy and R. C. Eberhart. *Swarm Intelligence*. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann, 2001