



**HAL**  
open science

## Tournée de Véhicule électrique et prise en compte du vieillissement des batteries

Pierre Romet, Romain Tabusse, Franck Gechter, El Hassane Aglzim, Samir Jemeï, Daniela Chrenko, David Bouquain

► **To cite this version:**

Pierre Romet, Romain Tabusse, Franck Gechter, El Hassane Aglzim, Samir Jemeï, et al.. Tournée de Véhicule électrique et prise en compte du vieillissement des batteries. FuturMob 2021, Oct 2021, Nevers, France. hal-03554337

**HAL Id: hal-03554337**

**<https://u-bourgogne.hal.science/hal-03554337>**

Submitted on 20 Dec 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## **Tournée de Véhicule électrique et prise en compte du vieillissement des batteries**

Pierre Romet(1), Romain Tabusse(3), Franck Gechter(1)(4), El-hassane Aglzim(2), Samir Jemei(3),  
David Bouquain(3), Daniela Chrenko(3)

(1) CIAD, Univ. Bourgogne Franche-Comté

(2) ISAT-Drive, Univ. Bourgogne Franche-Comté

(3) FEMTO-ST Institute, Univ. Bourgogne Franche-Comté

(4) Mosel-Loria, CNRS

pierre.romet@utbm.fr, romain.tabusse@utbm.fr, franck.gechter@utbm.fr, el-hassane.aglzim@u-  
bourgogne.fr, samir.jemei@utbm.fr, david.bouquain@utbm.fr, Daniela.chrenko@utbm.fr

**Mots-clés :** EVRP, ACO, Véhicule, Electrique, SOH

**Keywords:** EVRP, ACO, Vehicle, Electric, SOH

### **Introduction**

Cette étude porte sur la livraison de colis en dernier kilomètre dans la ville de Belfort à l'aide de véhicules électriques. Pour cela, le réseau de bus de la ville est utilisé comme support de simulation. Le véhicule considéré est une Tesla Modèle S.

Les objectifs de cette étude visent l'optimisation de la livraison de colis et le dimensionnement de batterie de véhicule afin de minimiser le phénomène de vieillissement et d'identifier son coût financier. En effet, pour un véhicule électrique, le coût financier principal lors de l'achat est à sa capacité énergétique. De plus, il est également lié au vieillissement de la batterie qui va définir la durée de vie et donc le remplacement (ou le rachat) de la batterie.

Par conséquent, ce travail complétera les travaux existants sur l'Electric Vehicle Routing Problem (EVRP) [1], en prenant en compte le vieillissement de la batterie. Pour cela, un modèle de vieillissement basé sur le DOD, définissant les stratégies de charge/décharge du véhicule, sera utilisé. Il permettra de dimensionner la batterie et ensuite de calculer le coût financier de la prise en compte du vieillissement.

### **EVRP et Vieillissement**

La phase d'optimisation est réalisée à l'aide de l'algorithme de colonies de fourmis [2], qui à chaque itération va pondérer les paramètres distance, temps, volume, énergie de chaque section constituant la tournée générée par une fourmi. Chaque paramètre est pondéré différemment. L'énergie totale nécessaire pour se déplacer sur une section est le facteur le plus pondérée. Ensuite, le volume total de colis à livrer au prochain point de livraison, puis le temps et la distance pour parcourir une section sont les deux facteurs les moins pondérés. Travaillant sur de la livraison de dernier kilomètre, trois tailles de problèmes typiques [3] ont été générées, composé de 30, 60 et 80 points de livraisons. De plus, le centre de distribution urbain (CDU) a été placé à la gare ferroviaire, pour être approvisionné par voie ferrée afin de ne pas impacter le réseau routier de la ville.

Pour chaque ensemble de colis, une tournée minimisant l'énergie nécessaire pour visiter chacun des points de livraison a été générée. De plus, optimiser l'énergie consommée pour une tournée permet de minimiser l'impact sur le vieillissement de la batterie. Dans la prochaine section, sera étudié le phénomène de vieillissement à travers l'influence de différentes stratégies DOD.

## Stratégies de DOD

L'état de santé de la batterie étant défini par un nombre de cycles (charge/décharge) et un temps d'utilisation ; le processus de vieillissement impacte aussi bien le nombre de colis livrés que l'impact financier du véhicule sur toute sa durée de vie. Un véhicule est dimensionné pour utiliser au mieux une plage de capacité donnée, en fonction de la stratégie du DOD, pour effectuer sa tournée. Ainsi, trois stratégies de DOD sont définies pour étudier leurs impacts sur le vieillissement de la batterie : 100%DOD (de 100% à 0% SOC), 60%DOD (de 80% à 20% SOC), 20%DOD (de 60% à 40% SOC). Ayant défini les stratégies DOD à utiliser, il reste à dimensionner la capacité de la batterie en fonction de celles-ci.

## Dimensionnement de la capacité énergétique de la batterie

Après avoir déterminé l'énergie nécessaire pour effectuer une tournée, il reste à calculer la capacité énergétique de la batterie  $E_{\text{battery}}$  en fonction de la stratégie DOD utilisée. Pour cela, on utilise l'équation suivante :

$$E_{\text{battery}} = E_{\text{needed}} / \text{DOD\%} / 20\%$$

où le coefficient 20% correspond à la perte de capacité de la batterie en fin de vie.

## Résultats

Pour chaque taille de graphe, l'algorithme EHVRP a généré un ensemble de solutions pour réaliser la livraison des marchandises (tableau 1).

À partir des solutions retenues (tableau 1), il est possible de calculer les énergétiques nécessaires à un véhicule en fonction de la stratégie DOD utilisée (tableau 2).

Ensuite, on voit que la stratégie DOD choisie a un impact majeur sur la durée de vie de la batterie (tableau 3). Ainsi, pour une capacité énergétique équivalente entre une stratégie DOD de 100 % et une stratégie de 20 %, la durée de vie est multipliée par 18.

De plus, on observe que le prix d'une batterie utilisant une stratégie DOD de 100% est de 4994 \$ et pour un DOD de 20%, son prix est de 8484 \$ (tableau 4). Par ailleurs, on voit que l'utilisation d'une stratégie DOD de 20% permet de minimiser le vieillissement d'une batterie (tableau 3) et donc de multiplier sa durée de vie par 18. Ainsi, même si la mise en œuvre d'une stratégie DOD de 20% implique de multiplier le prix d'une batterie par « 1,7 », la durée de vie de la batterie est-elle multipliée par « 18 ».

Graph size	Turn	Energy (kWh)	Volume (m3)	Distance (km)	Time (h)
30	2	13575	1,95	86,6	4,55
60	5	24401	2,32	157,07	9,38
80	7	34948	2,32	218,29	13,32

Tableau 1 : solutions minimisant l'énergie totale consommée

Delivery points	100% DOD	60% DOD	20% DOD
30	16,96 kWh	28,28 kWh	83,83 kWh
60	30,5 kWh	50,84 kWh	152,5 kWh
80	49,93 kWh	83,23 kWh	249,67 kWh

Tableau 2 : Capacité énergétique et stratégies du DOD

Delivery points	100% DOD	60% DOD	20% DOD
30	363	1220	6595
60	363	1220	6595
80	363	1220	6595

Tableau 3 : Nombre de cycles de charge/décharge dus aux stratégies du DOD avant la fin de la vie utile

Delivery points	100% DOD	60% DOD	20% DOD
30	1697 (\$)	2828 (\$)	8484 (\$)
60	3050 (\$)	5084 (\$)	15251 (\$)
80	4994 (\$)	8323 (\$)	24968 (\$)

Tableau 4 : Coût financier de la capacité énergétique des batteries avec différentes stratégies de DOD

## Remerciements

Ce travail est supporté par l'état français au travers de la Région Bourgogne-Franche-Comté. Des remerciements supplémentaires sont adressés à la Régie des Transport du Territoire de Belfort, pour le partage des données de leur flotte de bus.

## Références

- [1] T. ErdeliT, T. Caric, (2019), A Survey on the Electric Vehicle Routing Problem: Variants and Solution Approaches, Journal of Advanced Transportation.
- [2] P.Romet, F.Gechter, El.Aglzim, O.Grunder, S.Senouci, (2020), Towards an Environment Approach to Determine the Ant Colony Termination Criterion, IWIS2020.
- [3] P. Reme-Harnay, (2019), L'emprise des sous-traitants de la messagerie vis à vis de leurs donneurs d'ordres : entre dépendance économique et reconnaissance professionnelle.