



Optimisation Métaheuristiques

IA – Groupe A

Projet Optimisation Multi-Objective :

« Optimisation de la recharge de véhicules électriques »

Professeure : YASSA Sonia

Année : 2025/2026

Membre de l'équipe :

EL BEZZARI Nahil

LAZIZI Yassine

NEHILI Nadir

Table des matières

1. Contexte de la problématique.....	3
2. Modélisation mathématique.....	3
2.1 Variables de décision	3
2.2 Paramètres connus.....	3
2.3 Contraintes du système	3
3. Fonctions Objectives	4
3.1 Grandeurs à déterminer	4
3.2 Objectifs à optimiser	4

1. Contexte de la problématique

La transition énergétique s'accompagne d'une adoption massive des véhicules électriques (VE). Cette croissance pose un défi majeur pour les infrastructures de recharge, qui doivent assurer un service rapide tout en maintenant la stabilité du réseau électrique. En effet, un rechargement simultané de plusieurs véhicules peut entraîner des pics de puissance élevés, susceptibles de surcharger le réseau et d'augmenter les coûts d'exploitation.

L'objectif de cette étude est donc de modéliser mathématiquement le problème d'optimisation du rechargement de plusieurs véhicules électriques branchés simultanément à des bornes de recharge. Deux aspects sont à équilibrer : réduire le temps moyen de charge des véhicules et réduire le pic de puissance total.

2. Modélisation mathématique

On considère un ensemble de N bornes de recharge et N véhicules électriques, chaque véhicule étant branché sur une borne distincte. Tous les véhicules sont connectés au temps $t = 0$ et restent branchés jusqu'à la fin de leur charge.

2.1 Variables de décision

$N \in \mathbb{N}^*$: nombre de borne de recharge et de véhicule
 $P = (p_1, \dots, p_N)$: puissance allouée au véhicule branché à la borne i

2.2 Paramètres connus

Chaque VE est décrit par les paramètres mesurables suivants :

- $SoC_{init} \in [0,1]$: état de charge initial
- $SoC_{cible} = 1$: état de charge souhaité (100%)
- $B \in \mathbb{R}_+$: capacité de la batterie (en kWh)
- $p^{max} \in \mathbb{R}_+$: puissance maximale acceptée par la batterie (en kW)

D'autres paramètres concernent le réseau ainsi que les bornes de recharge :

- P_{grid}^{max} : pic de puissance maximale du réseau (en kW)
- $\eta \in [0,1]$: rendement d'une borne de recharge

2.3 Contraintes du système

1. **Limite de puissance par véhicule** : la puissance délivrée par une borne ne peut pas excéder la puissance maximale acceptée par le VE.

2. **Limite de puissance totale** :

la puissance délivrée par l'ensemble des bornes de peut pas excéder le pic de puissance maxim

$$\sum_{i=0}^N p_i \leq P_{grid}^{max}$$

3. Fonctions Objectives

3.1 Grandeurs à déterminer

Avant de définir les fonctions objectives, il est nécessaire de déterminer deux grandeurs qui conditionnent la durée et l'intensité du rechargement de chaque véhicule, à savoir l'énergie à recharger E et le temps de charge T

Pour le calcul de l'énergie à recharger, chaque véhicule possède un état de charge initial SoC_{init} et une capacité de batterie B (en kWh). L'énergie à recharger correspond alors à la quantité d'énergie que la batterie doit recevoir pour passer de l'état initial à l'état complètement chargé $SoC_{cible} = 1$.

Finalement, l'expression de l'énergie dont on a besoin, représentant la demande énergétique d'un VE, est :

$$E = (SoC_{cible} - SoC_{init}) \cdot B$$

Concernant le temps de charge, le processus de charge n'est pas parfaitement efficace. En effet, une partie de l'énergie est perdue durant le chargement (chaleur, conversion électrique, etc...). C'est pourquoi on introduit le rendement global de charge η représentant la part d'énergie effectivement stockée dans la batterie.

Finalement, le temps de charge du véhicule s'exprime comme suit :

$$T = \frac{E}{\eta \cdot p}$$

Ainsi, pour un même besoin énergétique, un rendement faible se traduit par un temps de charge plus long, car une partie importante de l'énergie fournie est perdue au cours du processus. À l'inverse, un rendement élevé indique que la charge est plus efficace, avec peu de perte, ce qui réduit la durée nécessaire pour recharger complètement le véhicule.

On peut maintenant utiliser ces deux grandeurs pour l'optimisation.

3.2 Objectifs à optimiser

L'optimisation vise à atteindre un compromis entre rapidité et stabilité énergétique à travers deux fonctions contradictoires :

- **Objectif 1** : minimiser le temps moyen de charge

$$\min \left(f_1(P) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_i \right)$$

- **Objectif 2** : minimiser le pic de puissance total

$$\min \left(f_2(P) = \sum_{i=1}^N p_i \right)$$

Ces deux objectifs sont contradictoires car augmenter la puissance de charge réduira le temps de charge, mais augmentera le pic de puissance global. À l'inverse, réduire le pic global allongera les temps de charge.