

Contrôle de type champ moyen pour le chargement d'une large flotte de véhicules électriques

- **Adrien Séguret** (EDF R&D, CEREMADE Université Paris Dauphine)

Mots-clé : contrôle champ moyen, gamma convergence, smart charging.

Résumé : L'augmentation du nombre de véhicules électriques (VE) va induire des problématiques de gestion du maintien de l'équilibre production/consommation sur le réseau électrique. Pour éviter une congestion sur le réseau, le chargement de grandes flottes de VE doit être optimisé. Le chargement de la flotte peut être modélisé - dans une limite de champ moyen - comme le contrôle de la distribution des états m de la population des VE, au cours d'une période $[0, T]$ [1]. La distribution m vérifie alors l'équation de continuité sur $[0, T] \times [0, 1] \times I$:

$$\partial_t m_i + \partial_s(m_i b_i) = - \sum_{j \neq i} (\alpha_{i,j} m_i - \alpha_{j,i} m_j), \quad (1)$$

avec b_i la vitesse de chargement, $[0, 1]$ est le niveau de chargement du VE et I l'ensemble fini des modes de chargement possibles. Les $(b_i)_{i \in I}$ sont imposées et supposées C^1 . L'objectif est de déterminer les α minimisant un coût $\tilde{B}(m, \alpha)$ sous les contraintes de congestion $\int_0^1 m_i(t, ds) \leq D_i(t)$, avec $D_i > 0$ donné.

Nous appuyant sur les travaux de [2], nous avons montré dans ce travail l'existence d'une solution à ce problème d'optimisation et nous obtenons des conditions d'optimalité par la dualité de Fenchel Rockafellar. Notre résultat principal est l'identification des conditions d'optimalité du problème à un système de deux EDP couplées. Ce système est composé d'une équation de continuité et d'une équation d'Hamilton Jacobi, semblable aux systèmes obtenus dans les jeux à champ moyen. Nous obtenons également des résultats de régularité sur les solutions du système.

Dans une seconde partie, nous comparons ce problème de contrôle champ moyen à un problème d'optimisation à n véhicules avec contrainte de densité. Nous obtenons un résultat de Γ -convergence grâce à la régularité des contrôles optimaux obtenus en première partie, et grâce à un principe de superposition adapté à ce contexte.

Références :

- [1] C. Le Floch, F. Di Meglio and S.Moura. Optimal charging of vehicle-to-grid fleets via PDE aggregation techniques. *American Control Conference*, IEEE, 3285-3291, 2015.
- [2] J.D Benamou and Y. Brenier. A computational fluid mechanics solution to the Monge-Kantorovich mass transfer problem. *Numerische Mathematik* 84.3 375-393, 2000.
- [3] A.Séguret. Optimal control of a first order Fokker-Planck equation with reaction term and density constraints , Preprint September, 2021. Available from: <https://hal.inria.fr/hal-03353917/file/main.pdf>.