

Intégration des véhicules électriques à la maille d'un poste source de distribution. Estimation des besoins de flexibilité en France.

Felipe GONZALEZ VENEGAS¹, Marc PETIT¹, Yannick PEREZ²

¹ Université Paris-Saclay, CentraleSupélec, CNRS, Laboratoire de Génie Electrique et Electronique de Paris, 91192, Gif-sur-Yvette, France.

² Université Paris-Saclay, CentraleSupélec, Laboratoire Génie Industriel, 91190, Gif-sur-Yvette, France.

RESUME – La demande additionnelle due à l'intégration des véhicules électriques peut engendrer des contraintes sur le réseau public de distribution, nécessitant des investissements en infrastructure. Néanmoins, des stratégies intelligentes de gestion de la recharge (unidirectionnelle ou bidirectionnelle) peuvent réduire ces impacts et même créer de la valeur pour le système. Cette étude vise à quantifier les besoins de flexibilité engendrés par l'intégration massive des véhicules électrique au niveau des postes source de distribution, et évaluer l'impact de différentes stratégies de recharge, en considérant des caractéristiques de mobilité et consommation électrique à la maille locale.

Mots-clés—Véhicule Electrique, Réseaux de distribution, Flexibilité, Smart grids

1. INTRODUCTION

L'intégration des énergies renouvelables et des nouveaux usages électriques distribués, comme l'électromobilité ou les réseaux de chaleur, présentent des enjeux considérables pour les réseaux de distribution (moyenne et basse tension), où la plupart d'eux seront connectés. Ceci est particulièrement important pour les véhicules électriques (VE), dont les ventes voient une forte progression grâce aux soutiens publics dus aux contraintes environnementales. Ainsi, en France, le Plan Climat du Gouvernement vise la fin de la vente de véhicules à combustion d'ici à 2040, avec des estimations de plus de 15 millions de véhicules à l'horizon 2035 (autour de 45% du parc automobile actuel).

De cette manière, l'augmentation de la demande due à la diffusion massive des VE, peut engendrer des surcharges sur l'infrastructure du réseau de distribution (transformateurs ou lignes) ou des dépassements des limites de tension, nécessitant des investissements pour renforcer le réseau.

Cependant, la gestion active du réseau (ANM, *Active Network Management*) permet d'améliorer la fiabilité du réseau et de réduire des coûteux investissements en infrastructure en utilisant, en utilisant la *flexibilité* des ressources énergétiques distribuées, comme les VE. En effet, les VE sont des ressources contrôlables et connectées, qui peuvent apporter de la flexibilité à la gestion du réseau grâce à la recharge intelligente (modulation de la recharge unidirectionnelle) et le *vehicle-to-grid* (V2G, gestion de la recharge et décharge de la batterie du VE).

Grâce au paradigme d'ANM, les gestionnaires de réseau de distribution (GRDs) sont en train d'implémenter des mécanismes de valorisation de la flexibilité, comme des appels d'offres de flexibilité mis en place au Royaume uni (*flexibility tenders* [1]) en France (Enedis [2]), et aux Etats Unis (*Non-Wire Alternatives* en Californie et New York [3]). Ces appels d'offres se concentrent sur les besoins de renforcement au niveau des postes source de distribution ou des départs moyenne tension.

L'objectif de cette étude est d'estimer les besoins de flexibilité engendrés par l'intégration massive de véhicules électriques au niveau des postes source de distribution, et d'analyser l'impact des différentes stratégies de recharge. Une étude statistique sur les 2175 postes source du réseau Enedis a été menée pour montrer les résultats.

2. METHODOLOGIE

La méthodologie proposée permet d'analyser les impacts de plusieurs stratégies de recharge de véhicules électriques au niveau des postes sources de distribution, considérant les besoins de mobilité et de consommation électrique du réseau public de distribution, au niveau local. Elle est constituée d'un enchaînement de plusieurs modules, détaillées ici:

1. **Génération des courbes de charge de base au niveau local.** En prenant en compte des caractéristiques de consommation à la maille IRIS (infra-communale).
2. **Découpage du territoire de service de distribution.** Ce module assigne chaque division infra-communale à un poste source de distribution, en prenant en compte les courbes de charges du module 1 et la capacité de transformation des postes.
3. **Calcul de besoin de mobilité.** Ce module génère les distributions de distance parcourue journalière pour des trajets domicile-travail, à l'échelle de la commune.
4. **Simulation de recharge des véhicules électriques.** Simulation multi-agents de la recharge des véhicules électriques avec différentes stratégies. Il considère des habitudes de recharge non-systématiques (recharge seulement si besoin pour réaliser les trajets du jour suivant) détaillé dans [4].
5. **Identification et caractérisation de flexibilités requises.** Ce module intègre les résultats des modules 2 et 4 et caractérise les besoins de flexibilité au niveau d'un poste source de distribution.

3. CAS D'ETUDE

3.1. Data

Une étude sur les 2165 postes source du réseau Enedis a été réalisée, basée sur des données publiques de consommation du réseau de distribution d'Enedis [5] et du recensement de la population 2015 de l'INSEE [4].

3.1.1. Consommation et définition de territoire de service.

Les modules 1 et 2 permettent de définir les territoires de service de chaque poste source. Le facteur de demande des postes source de la demande base obtenu est montré en Figure 1.

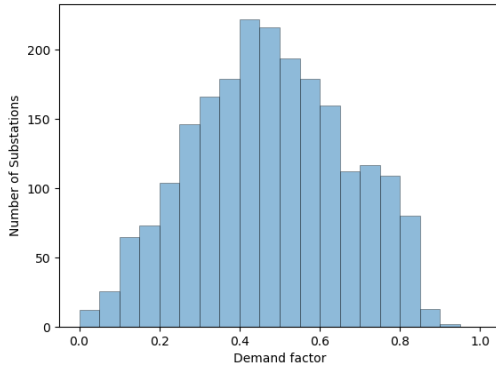


Figure 1: Distribution du facteur de demande base pour les postes source du réseau Enedis.

3.1.2. Besoins de Mobilité

Les besoins de mobilité pour des trajets domicile travail ont été obtenus à la maille communale. Ils rendent compte des différents comportements en communes urbaines, rurales et périurbaines, ces dernières ayant besoin de parcourir plus de distance par jour, en moyenne (Figure 2).

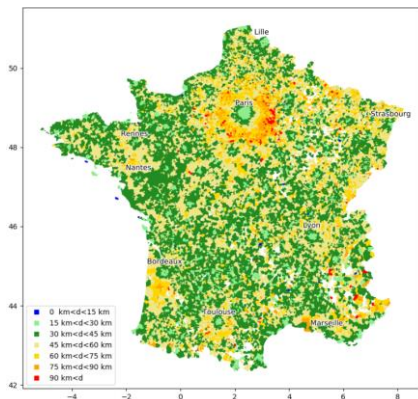


Figure 2: Distance moyenne journalière pour les trajets domicile-travail par commune de résidence.

3.2. Scénarios de recharge VE.

Le cas d'étude a été fait avec un taux pénétration de 50% des véhicules électriques. Le nombre de véhicules électriques assignés à chaque poste source est dérivé des données du recensement de la population [5]. Aussi, trois stratégies de recharge ont été étudiées :

1. **Naturelle** : La recharge s'effectue sans contrôle dès que le véhicule est connecté

2. **Modulée** : La recharge se fait à puissance constante réduite, durant toute la durée de la session de recharge (Eq 1), en considérant une puissance minimale de 0.6 [p.u] pour limiter les pertes dans le chargeur.

$$P = \max\left(\frac{\Delta \text{Energie}}{\Delta t}, P_{\min}\right) \quad (1)$$

3. **Off-peak** : Recharge pendant une plage de 6 heures creuses. Le début de cette plage est aléatoire entre 22h00 et 3h00. Ceci émule le fonctionnement heures creuses avec le compteur Linky.

4. RESULTATS

La demande additionnelle engendrée par les véhicules électriques est considérable. Avec un taux de pénétration de 50%, elle comprend entre 10 et 30% de la demande annuelle (en énergie) des postes, selon les différentes caractéristiques locales (nombre de VE, besoins de mobilité, nombre d'emplois). De même, la demande de pointe augmente de manière considérable, en moyenne d'un 15,2% avec une recharge naturelle. Cependant des stratégies de recharge simple du type *heures creuses* aléatoires peuvent réduire cet impact à 14,1%, en moyenne, et même jusqu'à seulement 9,6% avec une recharge modulée.

Les simulations montrent 25 postes contraints, avec une durée de dépassements moyenne moins de 30 minutes avec la recharge naturelle. Ce type de contraintes peut facilement être résolu par l'appel à flexibilités type smart charging ou V2G.

5. CONCLUSIONS ET TRAVAUX FUTURS

Nous avons proposé une méthodologie qui permet de simuler la recharge de plusieurs milliers de VE à la maille d'un poste source de distribution, en considérant différents stratégies de recharge, comme aussi des caractéristiques de mobilité locales. Ceci a permis une estimation statistique des besoins de flexibilité au niveau des 2175 postes sources du réseau d'Enedis.

Les résultats, au niveau poste source, montrent que très peu de postes sources (seulement 1% du réseau Enedis) fera face à des contraintes. Néanmoins, cette étude ne permet pas d'identifier possibles contraintes, en courant ou tension, dans le réseau en aval des postes sources. Des analyses sur des réseaux moyenne tension, différenciés par zone urbaine, péri-urbaine ou rurale, font partie des travaux futurs.

6. REMERCIEMENTS

Ces travaux bénéficient du support de la Chaire Armand Peugeot : « Technologies hybrides et économie de l'électromobilité », menée par CentraleSupélec et l'ESSEC, et financé par le Groupe PSA.

7. REFERENCES

- [1] Piclo Flex. <https://picloflex.com/dashboard>. Access 1/1/2020
- [2] Flexibilité Enedis. <https://flexibilites-enedis.fr/>. Access 1/1/2020
- [3] REV Connect. « Non-Wire Alternatives» <https://nyrevconnect.com/non-wires-alternatives/>. Access 1/1/2020
- [4] F. Gonzalez Venegas, M. Petit, Y. Perez, « Impact of non-systematic electric vehicle charging behaviour on a distribution substation », in 2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT-Europe), Bucharest, Romania, 2019
- [5] INSEE, «Recensement de la population». Access 1/1/2020.
- [6] Enedis, «Enedis Open Data». <https://data.enedis.fr/>. Access 1/1/2020.