

Gestion autonome de la consommation électrique d'une maison en présence d'une production photovoltaïque

Fallilou DIOP^{1,2}, Martin HENNEBEL^{1,2}, Marc PETIT²

¹ IRT SYSTEMX, Palaiseau, France

² GEEPS-CentraleSupélec, Gif sur Yvette, France

La gestion de la demande est un aspect phare de la transition vers les systèmes électriques de demain [1]. De nombreuses études dans la littérature s'intéressent à ce sujet pour une application dans le domaine résidentiel. Une des types d'approche utilisée est le contrôle direct de la charge qui consiste à contrôler à distance des équipements électriques par l'opérateur d'effacement qui peut les piloter ou décaler leur utilisation [2] pour palier une situation critique sur le réseau électrique. Cependant il se pose un problème de respect de vie privé chez le consommateur quand il s'agit d'implémenter un tel système dans la réalité.

L'autre alternative consiste à utiliser un système de tarification dynamique pour inciter les utilisateurs à réduire ou déplacer eux-mêmes leur consommation pendant les périodes de fortes demandes. Les tarifications du type TOU (Time of Use), CPP (Critical peak pricing) ou RTP (Real time pricing) sont les plus considérées dans la littérature [3].

Dans le cadre de ces derniers types de programme de gestion de la demande, il est évidemment difficile pour le consommateur de répondre manuellement à ces variations de prix qui sont parfois de l'ordre de quelques minutes. C'est dans ce cadre que l'on s'intéresse à des systèmes de contrôle et de planification automatiques. Ces systèmes visent à proposer des stratégies de planification de consommation, en fonction des variations de prix, qui devront aboutir à une minimisation du coût de l'électricité ou de la demande totale [4] ou visant à réduire une contrainte technique sur le réseau [5].

Le but ici est de proposer une méthode de planification de la consommation des charges qui minimiserait la facture d'électricité du consommateur tout en limitant l'impact de sa production photovoltaïque (PV) sur le ré-

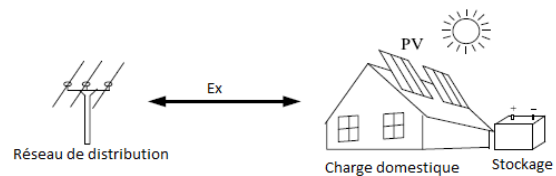


FIGURE 1 – Schéma de principe.

seau de distribution. Le modèle proposé prend en considération les fluctuations horaires des prix de l'électricité et la prévision de la production des panneaux solaires. A partir de ces éléments, la consommation des appareils électriques domestiques flexibles (telles que la borne de recharge du véhicule électrique et le système CVAC (chauffage, ventilation, air conditionnée) est réduite ou décalée. La fonction de coût considérée, pour un consommateur, est une combinaison du coût de sa consommation, des revenus de vente du surplus de production photovoltaïque injectée sur le réseau et d'un coût internalisant l'impact des panneaux solaires sur le réseau de distribution. Cette composante peut tenir compte de contraintes telles que les pertes, le déséquilibre entre phases, les écarts de tension ou encore le vieillissement des installations.

Initialement, on suppose connu un profil de consommation pour chaque équipement électrique. Avec ces données et la prévision de production photovoltaïque, le calcul de load flow évalue l'impact sur la tension du réseau. En combinant cette information avec les données de prix du marché, la fonction de coûts est mise à jour. Cette fonction coût considérée est sous la forme

suivante.

$$C = \sum_{h=1}^H P_h * \left(\sum_a X_{ah} + E_{sh} - E_{gh} \right) + C_{exth} \quad (1)$$

- P_h Prix de l'électricité à l'instant horaire h
- X_{ah} Énergie consommée par une charge a à l'instant h
- E_{sh} Énergie utilisée pour charger la batterie ou tirée de la batterie
- E_{gh} Niveau de production photovoltaïque à l'instant h
- C_{exth} Le coût externe représentant l'impact de la production photovoltaïque sur la tension

La résolution du problème d'optimisation permet d'obtenir un profil de consommation minimisant la facture d'électricité et l'impact de la production photovoltaïque sur le réseau électrique. Dans un second temps, nous allons estimer le surcout induit par les erreurs sur les prévisions de production photovoltaïque et de consommation des charges non flexibles. Ces résultats pourront être un outil de quantification de programme de gestion de la demande au niveau d'un district.

Pour cette étude, nous modélisons un ensemble résidentiel de plusieurs maisons dotées chacune d'une unité de production photovoltaïque, et ayant la possibilité de revendre le surplus de production. Ces simulations sont réalisées en intégrant GridLAB-D et Matlab. GridLAB-D est un outil de simulation de réseaux de distribution et de charges résidentielles [6]. Il est utilisé pour modéliser le réseau électrique de distribution et effectuer les calculs de load flow, tandis que l'algorithme de contrôle et d'optimisation est implémenté sous Matlab.

Références

- [1] Pierluigi Siano. Demand response and smart grids—a survey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30 :461–478, 2014.
- [2] Michael Angelo Pedrasa, Melwin M Oro, Noriel Christopher R Reyes, Jhoanna Rhodette Pedrasa, et al. Demonstration of direct load control of air conditioners in high density residential buildings. In *Innovative Smart Grid Technologies-Asia (ISGT Asia), 2014 IEEE*, pages 400–405. IEEE, 2014.
- [3] Ji Hoon Yoon, Ross Baldick, and Atila Novose-lac. Dynamic demand response controller based on real-time retail price for residential buildings. *Smart Grid, IEEE Transactions on*, 5(1) :121–129, 2014.
- [4] Amir-Hamed Mohsenian-Rad, Vincent WS Wong, Juri Jatskevich, Robert Schober, and Alberto Leon-Garcia. Autonomous demand-side management based on game-theoretic energy consumption scheduling for the future smart grid. *Smart Grid, IEEE Transactions on*, 1(3) :320–331, 2010.
- [5] Olivier Beaude, Samson Lasaulce, Martin Hennebel, and Jamal Daafouz. Minimizing the impact of ev charging on the electricity distribution network. In *14th European Control Conference, ECC'15*, 2015.
- [6] David P Chassin, Jason C Fuller, and Ned Djilali. Gridlab-d : An agent-based simulation framework for smart grids. *Journal of Applied Mathematics*, 2014, 2014.