

Offre de thèse

Optimisation de la topologie et de la gestion de l'énergie de communautés et multi-communautés d'énergie

Démarrage souhaité : octobre-novembre 2023

Organisme d'accueil : Laboratoire IREENA (Institut de Recherche en Energie Electrique de Nantes Atlantique) - UR 4642, Nantes Université.

Description du sujet de thèse

Contexte

La décentralisation de la production d'électricité et l'intégration massive de sources d'énergie renouvelable sur le réseau électrique ont favorisé le développement des communautés d'énergie. Celles-ci visent à permettre la vente d'énergie entre des producteurs et des consommateurs d'énergie géographiquement proches [1]. En France, ce concept est régi par le cadre réglementaire de l'autoconsommation collective. Afin d'assurer la viabilité économique des communautés d'énergie, il est nécessaire de considérer, en amont de leur mise en œuvre, différentes problématiques principalement liées à la répartition de l'énergie entre les différents participants, à la tarification de l'énergie échangée, à la gouvernance et au dimensionnement des composants énergétiques de l'opération.

L'état de l'art sur ces problématiques montre que les travaux existants se sont intéressés principalement à la gestion à l'échelle d'une communauté, pour un dimensionnement donné et fixé au préalable. Les modalités de gestion de l'énergie sont basées sur différents types de critères liés à l'objectif recherché [2], de nature énergétique (ex : taux d'autoconsommation, autonomie énergétique) [3]-[5] ou économique [6]-[8]. Une optimisation multi-critères est également possible [9]. Le cadre réglementaire doit également être considéré dans la gestion de l'énergie, par exemple pour la France celui de l'autoconsommation collective [10], [11]. L'état de l'art montre que plusieurs problématiques ne sont pas ou peu abordées dans la littérature concernant les communautés d'énergie et les flexibilités possibles :

- Le concept de multi-communautés d'énergie, impliquant une répartition des participants en plusieurs communautés, afin d'associer des participants ayant des caractéristiques et/ou attentes similaires. Une optimisation de la topologie de multi-communautés d'énergie apparaît nécessaire pour définir ces sous-ensembles de partenaires, en considérant des objectifs possiblement différents. Cette flexibilité peut permettre d'améliorer les résultats économiques des différents participants, par rapport à ceux pouvant être obtenus avec une communauté unique.
- L'intégration de flexibilités sur la gestion de l'énergie au niveau individuel et au niveau collectif, afin d'améliorer l'adéquation entre production et consommation au sein de la communauté (la production n'existe pas forcément au moment où les consommateurs en ont besoin). Cette flexibilité peut passer par une modification de la demande des consommateurs (ex. : anticipation ou report de consommations) et/ou par l'installation de solutions de stockage. Des batteries peuvent être envisagées, tant au niveau individuel que collectif, ce qui implique une optimisation de leur dimensionnement.

- La nécessité d'une approche multi-critères : les critères à considérer pour le design et le pilotage d'une communauté d'énergie peuvent être de natures diverses, et parfois contradictoires. Une optimisation multi-critères voire multi-objectifs est alors nécessaire.

Le laboratoire IREENA a étudié le concept d'une opération d'autoconsommation collective pour une zone industrialo-portuaire, dans le cadre du projet ADEME ESTUAIRE. Les thématiques abordées dans ce projet concernaient l'optimisation de la répartition de l'énergie entre des producteurs et des consommateurs industriels, ainsi que l'optimisation du dimensionnement de composants énergétiques, afin de valoriser l'énergie fatale disponible [1], [12].

Enjeux et objectifs de la thèse

Les objectifs de cette thèse concerneront l'optimisation de la gestion de l'énergie et du dimensionnement des équipements de production et de stockage de l'énergie dans les communautés d'énergie, en intégrant différentes flexibilités pour améliorer l'adéquation entre production et consommation. Au regard des enjeux énergétiques et économiques, la gestion de l'énergie devra être considérée et optimisée à la fois au niveau individuel (producteur, consommateur) et au niveau collectif (communauté) :

- Individuel : optimisation de l'utilisation de l'énergie produite par rapport aux besoins individuels (autoconsommation individuelle), en considérant la flexibilité pouvant être apportée par un stockage individuel et/ou une gestion de la demande (ex : gestion de charges domestiques par anticipation ou par report, gestion des usages de type mobilité, etc.)
- Collectif : optimisation du partage de l'énergie produite par les producteurs et non-autoconsommée individuellement, selon des règles de répartition (clé de répartition), en considérant différents types de critères (économiques, énergétiques, sociétaux - équité) et la flexibilité apportée par un éventuel stockage à usage collectif.

Cette thèse aura pour but d'étudier le compromis à trouver entre les deux niveaux de gestion et les flexibilités associés à chacun d'eux, selon les objectifs recherchés (exemple : maximiser l'autonomie énergétique, maximiser la rentabilité des investissements, assurer une certaine équité entre les participants en termes de bénéfices, etc.) et également le modèle économique (tarif de vente au sein de la communauté, partage des coûts). La question du partage des investissements entre les différents participants sera aussi étudiée.

Dans le cadre de la mise en œuvre d'une communauté d'énergie, selon les potentiels de production et des profils de consommation des différents partenaires, des disparités importantes peuvent apparaître en termes d'investissement et de temps de retour sur investissement. Une originalité du travail envisagé consiste à proposer une segmentation de la communauté en sous-ensembles de partenaires, permettant d'améliorer les résultats économiques. L'enjeu devient alors de chercher à proposer une approche méthodologique permettant de définir les associations optimales de partenaires, selon des critères et objectifs technico-économiques qui seront à définir. Ainsi, une optimisation du design de communautés d'énergie sera au programme de ces travaux de thèse. Celle-ci concernera d'une part le dimensionnement des équipements de production et de stockage de l'énergie (panneaux solaires photovoltaïques et batteries), mais aussi la répartition d'un panel de producteurs et de consommateurs entre différentes communautés (multi-communautés d'énergie).

Organisation des travaux de thèse

Les travaux de thèse seront jalonnés par différentes étapes :

- État de l'art sur le design de communautés d'énergie, la gestion de l'énergie au sein de communautés d'énergie et les différents critères techniques, économiques et sociétaux. L'étude bibliographique aura pour objectifs d'identifier les verrous scientifiques, méthodologiques et réglementaires.
- Formulation de critères de décision et d'évaluation, en considérant différents types de critères : techniques, économiques, sociétaux, etc. Ces critères seront ensuite utilisés dans le processus d'optimisation de la gestion de l'énergie et du dimensionnement.
- Formalisation d'un cas d'étude, en constituant un panel de consommateurs avec des possibilités de flexibilité sur les consommations (anticipation ou report de charge par exemple).
- Développement d'un outil de simulation et d'optimisation de multi-communautés d'énergie, permettant de définir les stratégies de gestion de l'énergie et le design de communautés d'énergie (optimisation multi-niveaux et multi-objectifs).
- Comparaison de scénarios et préconisations de dimensionnement et règles de partage par rapport au panel de participants considérés, en évaluant notamment l'intérêt d'une intégration de flexibilités dans les communautés d'énergie (gestion de la demande).
- Rédaction du mémoire et soutenance.

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du projet FlexTASE, dans lequel plusieurs laboratoires nationaux sont impliqués. Des échanges et des collaborations avec ces laboratoires sont prévues.

Mots-clés

Communautés d'énergie, autoconsommation, énergies renouvelables, stockage de l'énergie, gestion de l'énergie, optimisation, flexibilité.

Candidat(e) recherché(e)

- Formation : Bac+5 en Génie électrique, énergétique, mathématiques appliquées, optimisation, informatique (Master, Ingénieur) ;
- Autonomie, rigueur, capacité à communiquer et restituer des résultats (oral et écrit), appétence pour la recherche scientifique ;
- Connaissances dans le domaine des réseaux électriques, du stockage de l'énergie, de la modélisation énergétique et de l'optimisation ;
- Logiciels/programmation : Matlab, Python ou Julia (autonomie en programmation requise) ;
- Anglais courant (lu, écrit).

Informations pratiques

Lieu de déroulement de la thèse : Laboratoire IREENA, Centre de Recherche et de Transfert de Technologie (CRTT), 37 bd de l'Université, CS 90406, 44612 Saint-Nazaire, France

Déplacements ponctuels (séminaire projet FlexTASE, possibilités de collaborations avec laboratoires nationaux et internationaux)

Financement : Projet FlexTASE (PEPR TASE)

Ecole doctorale de rattachement : MaSTIC (Mathématiques, Sciences et Technologies du numérique, de l'Information et de la Communication)

Contrat : CDD de 36 mois, démarrage souhaité en oct.-nov. 2023, rémunération de 2044 € brut/mois
Possibilité de faire des enseignements à l'IUT de Saint-Nazaire et à Polytech Nantes

Processus de candidature/contacts :

Candidature à envoyer avec CV, lettre de motivation et relevés de notes des deux dernières années, avant le 01/07/2023, aux adresses suivantes :

- Anthony ROY : anthony.roy@univ-nantes.fr

Références

- [1] A. Roy, J.-C. Olivier, F. Auger, B. Auvity, S. Bourguet, E. Schaeffer, « A comparison of energy allocation rules for a collective self-consumption operation in an industrial multi-energy microgrid », *Journal of Cleaner Production*, p. 136001, feb. 2023, doi: 10.1016/j.jclepro.2023.136001
- [2] V. Z. Gjorgjevski, S. Cundeva, et G. E. Georghiou, « Social arrangements, technical designs and impacts of energy communities: A review », *Renewable Energy*, vol. 169, p. 1138-1156, mai 2021, doi: 10.1016/j.renene.2021.01.078.
- [3] S. Viti, A. Lanzini, F. D. Minuto, M. Caldera, et R. Borchellini, « Techno-economic comparison of buildings acting as Single-Self Consumers or as energy community through multiple economic scenarios », *Sustainable Cities and Society*, vol. 61, p. 102342, oct. 2020, doi: 10.1016/j.scs.2020.102342.
- [4] I. Reis, I. Gonçalves, M. Lopes, et C. Antunes, « Assessing the Influence of Different Goals in Energy Communities' Self-Sufficiency—An Optimized Multiagent Approach », *Energies*, vol. 14, no 4, Art. no 4, janv. 2021, doi: 10.3390/en14040989.
- [5] B. Fina, C. Monsberger, et H. Auer, « Simulation or estimation?—Two approaches to calculate financial benefits of energy communities », *Journal of Cleaner Production*, vol. 330, p. 129733, janv. 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.129733.
- [6] D. Frieden, A. Tuerk, J. Roberts, S. d'Herbement, et A. Gubina, « Collective self-consumption and energy communities: Overview of emerging regulatory approaches in Europe », H2020 funded project Compile, 2019. Consulté le: 11 mars 2022. [En ligne]. Disponible sur: https://www.compile-project.eu/wp-content/uploads/COMPILE_Collective_self-consumption_EU_review_june_2019_FINAL-1.pdf
- [7] A. Cosic, M. Stadler, M. Mansoor, et M. Zellinger, « Mixed-integer linear programming based optimization strategies for renewable energy communities », *Energy*, vol. 237, p. 121559, déc. 2021, doi: 10.1016/j.energy.2021.121559.
- [8] J. E. Contreras-Ocaña, A. Singh, Y. Bésanger, et F. Wurtz, « Integrated Planning of a Solar/Storage Collective », *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 12, no 1, Art. no 1, janv. 2021, doi: 10.1109/TSG.2020.3020402.
- [9] M. Stephant, D. Abbes, K. Hassam-Ouari, A. Labrunie, et B. Robyns, « Distributed optimization of energy profiles to improve photovoltaic self-consumption on a local energy community », *Simulation Modelling Practice and Theory*, vol. 108, p. 102242, avr. 2021, doi: 10.1016/j.simpat.2020.102242.
- [10] J. Albouys-Perrois *et al.*, « Multi-agent simulation of collective self-consumption: Impacts of storage systems and large-scale energy exchanges », *Energy and Buildings*, vol. 254, p. 111543, janv. 2022, doi: 10.1016/j.enbuild.2021.111543.
- [11] A. D. Mustika, R. Rigo-Mariani, V. Debusschere, et A. Pachurka, « A two-stage management strategy for the optimal operation and billing in an energy community with collective self-consumption », *Applied Energy*, vol. 310, p. 118484, mars 2022, doi: 10.1016/j.apenergy.2021.118484.
- [12] A. Roy, J.-C. Olivier, F. Auger, B. Auvity, E. Schaeffer, S. Bourguet, J. Schiebel, J. Perret, « A combined optimization of the sizing and the energy management of an industrial multi-energy microgrid: Application to a harbour area », *Energy Conversion and Management: X*, vol. 12, 100107, déc. 2021, doi: 10.1016/j.ecmx.2021.100107
- [13] C. Goncalves, R. Barreto, P. Faria, L. Gomes, Z. Vale, « Energy community consumption and generation dataset with appliance allocation », *IFAC-PapersOnLine*, 55(9), 285-290, juin 2022, doi: 10.1016/j.dib.2023.109218.