



Sujet de thèse

Dans le cadre du projet IREVE (Ilots de recharge pour véhicules électriques intégrant l'utilisation d'énergie renouvelable, de batteries de stockage et pilotage dédié)

Soutien ADEME, partenariat industriel SNAM, SIREA

Titre : Co-optimisation robuste sous indicateurs technico-économiques et environnementaux d'un îlot de recharge intelligent

Mots clés : réseaux intelligents (smart grids), énergies renouvelables, recharge, véhicules électriques, conception, optimisation

Contexte :

Dans un contexte d'hypercroissance de la mobilité électrique et hybride en France et en Europe, l'offre de charge est en plein essor, quoique très contrastée sur le territoire. En certains points du réseau, l'installation de nouvelles bornes de recharge classiques, qu'elles soient accélérées (<22kW) ou rapides (>22kW), se heurte à des difficultés car elle peut nécessiter une modification du réseau existant (raccordement compliqué et onéreux).

Des stations de recharge hybridant alimentation réseau et énergie renouvelable voient le jour, notamment par l'addition de panneaux photovoltaïques. En effet, celles-ci permettent de réduire le prélèvement sur le réseau dans la mesure où une partie de l'énergie est utilisée en autoconsommation. Une limitation de ces stations est le stockage de l'énergie solaire intermittente. Celui-ci peut toutefois être réalisé par des batteries stationnaires.



L'objectif du projet IREVE est développer de nouveaux concepts pour le pilotage intelligent et la conception intégrée (co-optimisation) puis de mettre au point des démonstrateurs d'îlot de recharge couplant panneaux photovoltaïques, borne de recharge (accélérée ou classique) et des batteries recyclées, dites de « seconde vie », pour le stockage stationnaire de l'énergie. Grâce à la connaissance fine du comportement des batteries, des bornes et des ombrières photovoltaïques, ainsi que par la modélisation des usages, le consortium proposera un système de pilotage optimisé pour l'opérateur, permettant de réduire à la fois le cout opérationnel et l'empreinte écologique du système.

Etat de l'art ; origine des travaux :

La majorité des études françaises et internationales se focalisent, ces dernières années sur le pilotage optimal en temps réel (appelé aussi gestion de l'énergie) des systèmes analogues à I-REVE (les microréseaux d'énergie). Le dimensionnement est généralement une étape préalable qui relève de l'expertise (du bon sens) et souvent des contingences du projet. Pour le LAPLACE, le projet Smart ZAE, soutenu par l'ADEME en 2014, en partenariat avec ENGIE/Cofely/SCLE fut le 1er projet véritablement orienté "smart microgrids". Ont été introduits à cette occasion, les concepts fondateurs de :

- « co-optimisation dimensionnement - gestion » qui consiste à intégrer au sein d'un processus de conception systémique, traité par optimisation, les questions de dimensionnement des sources et stockeurs avec les questions dynamiques liées à la gestion de l'énergie.

- optimisation « technico-économique » ou « environnementale » : les critères de dimensionnement n'étaient plus uniquement techniques (puissance, énergie, efficacité,...) mais devenaient d'ordre technico-économique. D'autres études menées par le Laplace Genesys ont aussi adressé des critères d'optimisation « environnementaux », notamment issus d'ACV (Analyse de Cycle de Vie) chiffrant les coûts de matières et d'usage (impacts environnementaux divers CO₂,...).

Actuellement, la co-optimisation des microréseaux sous objectif technico-économique ou environnemental, est abordée essentiellement de façon déterministe sans considération d'incertitudes.

Or, la prise en compte du caractère intermittent (incertain) des énergies renouvelables (solaire notamment) et des usages au sein des approches de co-conception des systèmes énergétiques constitue encore aujourd'hui et pour le futur un défi majeur, augmentant drastiquement la complexité de conception.

Objectifs et sujet de thèse :

Dans ce travail de thèse, il s'agit d'être capable d'intégrer de façon pertinente la conception par optimisation et les notions « d'incertitudes de modèles » dans des analyses couplant indicateurs technico-économiques et environnementaux (ACV).

Les « incertitudes de modèles » sont liées au fait que, selon leur degré de précision (granularité), les modèles sont inévitablement entachés d'erreurs plus ou moins importantes : c'est cet aspect que nous proposons d'aborder dans cette thèse en se fondant sur le cahier des charges I-REVE associant les éléments du microréseau dont la modélisation constituera la première étape de travail.

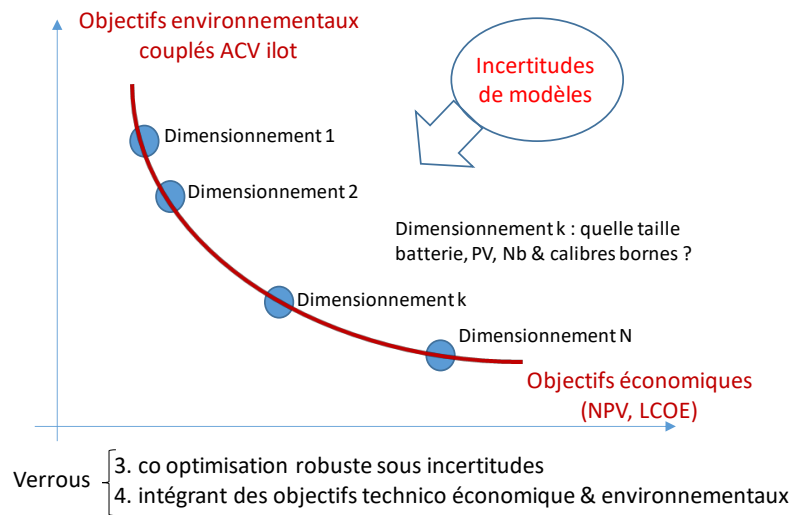
La caractérisation des « incertitudes de modèles » s'appuiera sur les apports de projets connexes menés dans l'équipe, en particulier le projet B2Live qui concerne le vieillissement de batteries de seconde vie : la deuxième étape de la thèse consistera donc à extraire des connaissances acquises dans B2Live le degré d'incertitude sur le vieillissement de la batterie stationnaire de seconde vie, puis d'intégrer cette incertitude au modèle de l'ilot précédemment bâti lors de l'étape 1. Il faut souligner que les mécanismes de vieillissement impactent directement le coût d'usage (OPEX) de la batterie et engendrent, sur durée de vie, un impact économique évident (nombre de remplacements sur durée de vie de l'ilot).

Par ailleurs, la majorité des travaux du LAPLACE (notamment ceux menés avec SNAM) ont jusqu'ici été orientés vers le couplage technico-économique seul, plaçant en interaction la performance technique (efficacité énergétique, dynamique) des éléments du microréseau, les coûts économiques d'investissement (CAPEX) et de possession/opération (OPEX). Un premier axe d'optimisation est alors orienté vers la réduction de coûts au sens large (temps de retour sur investissement, NPV, LCOE ...). Mais on constate que les solutions de co-optimisation sous objectif économique diffèrent très fortement de celles qui minimiseraient l'impact « environnemental » en associant la conception à une ACV. Il est donc légitime et même essentiel de rechercher les meilleurs compromis entre ces 2 axes d'optimisation.

Or, il se trouve que le LAPLACE/GENESYS développe aussi (de façon découplée) des approches de ce type, basées sur l'ACV de sources d'énergie tels que les générateurs solaires PV : les études menées au LAPLACE par J. R. Perez Gallardo et O. Lefranc seront exploitées pour formuler les objectifs environnementaux à coupler aux objectifs économiques. Complémentairement, le projet B2Live apportera la brique modèle ACV de la batterie de seconde vie. Ces deux briques modèles, à visée environnementale, permettront de disposer d'une ACV ilot moyennant quelques adaptations qui tireront partie des travaux menés par un autre prestataire du projet IREVE spécialisé dans le domaine de l'ACV.

Nous proposons ainsi, dans une troisième et dernière étape, que ces 2 axes soient couplés au sein d'une optimisation technico-économique ET environnementale. L'optimisation devient multiobjectif complexifiant la méthodologie de co-optimisation.

Pour réduire la complexité liée à l'intégration couplée des objectifs économiques et environnementaux, diverses approches de réduction et d'agrégation sont essentielles pour envisager une résolution du problème avec une combinatoire acceptable, compatible avec les moyens de calcul actuels. Par exemple, les divers facteurs résultant des ACV devront être agrégés : certaines réflexions menées au cours de la thèse de J. R. Perez Gallardo sur l'analyse en composante principale seront exploitables pour synthétiser un indicateur agrégé. Les techniques de programmation linéaires (MILP) permettent, moyennant une adaptation (linéarisation) préalable des modèles du microréseau, de résoudre très rapidement la co-optimisation, comme le montre les travaux d'Hugo Radet.



Compétences :

Appétence pour les mathématiques appliquées et la programmation informatique. Connaissances de base des dispositifs de production (solaire PV) et de stockage (batteries) de l'énergie.

Responsable(s) : Bruno Sareni, LAPLACE (sareni@laplace.univ-tlse.fr, 05 34 32 23 61)
Xavier Roboam, LAPLACE (roboam@laplace.univ-tlse.fr, 05 34 32 24 22)

Lieu de la thèse : Principalement LAPLACE (Groupe GENESYS) Site ENSEEIHT avec séjours et contacts auprès des partenaires industriels (SNAM, SIREA).

Rémunération : 2300€ brut mensuel ; durée 36mois