

Optimisation globale : évaluation 2021

Contexte

En 2021, les pouvoirs publics ont depuis bien longtemps entendu l'appel de la communauté scientifique, et le réseau électrique est largement décentralisé et repose majoritairement sur les énergies renouvelables. Des édiles vous chargent de proposer des solutions leur permettant de rationaliser la consommation électrique de leur territoire.

Le réseau considéré est schématisé en Figure 1, où les principales sources de production/consommation sont représentées. On considère ici la ressource éolienne (P_{eol}) et solaire (P_{pv}) afin de répondre à la demande du territoire. Le réseau peut s'équilibrer grâce au réseau extérieur (P_{ext}), où l'énergie est à un tarif de marché (donc variable dans le temps). On dispose de prédictions correctes pour les évolutions horaires des puissances disponibles (éolien et solaire), de la demande, ainsi que du prix du marché extérieur. Le territoire comprend également une unité d'électrolyse ainsi qu'un réseau de piles à combustible (PAC), permettant de lisser l'intermittence des ressources locales.

La problématique est celle de la bonne gestion des équipements de production et utilisation de l'hydrogène, en vue de maximiser à terme l'autoconsommation sur le territoire. Dans ce contexte, vous êtes chargés de proposer un outil d'optimisation permettant au gestionnaire de prévoir au mieux le profil d'utilisation des installations d'électrolyse et des piles à combustible en fonction des conditions du jour.

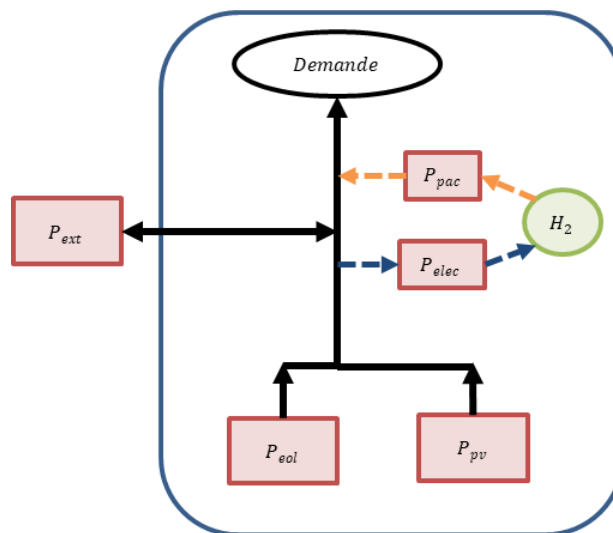


Figure 1 : Schéma simplifié du réseau considéré

Les dépenses à considérer seront celles d'achat/vente d'électricité vers l'extérieur, de fonctionnement de l'électrolyseur et de vente de chaleur co-générée dans les piles à combustibles (en deuxième partie).

Partie 1 : optimisation mono-objectif

On s'intéresse dans un premier temps au fonctionnement du réseau en mode estival. La pile à combustible ne fonctionne pas car on cherche à privilégier le stockage d'hydrogène en vue de la saison froide. La planification à la

journée consistera donc à prévoir les puissances utilisées par l'électrolyseur et les puissances à soutirer au réseau extérieur (P_{elec} est la seule variable dans ce cas, P_{ext} se déduisant de l'équilibre des puissances).

Proposez une méthodologie d'optimisation du fonctionnement de l'électrolyseur, qui minimise le coût de revient du réseau sur une journée d'été. Les contraintes à intégrer sont :

- les puissances doivent s'équilibrer (1)
- l'électrolyseur ne peut fonctionner qu'à partir d'une puissance minimale P_{elec}^{min} (2)
- une quantité minimale d'hydrogène $Q_{H_2}^{jour}$ (que vous définirez) doit être produite (3)

$$P_{eol} + P_{PV} + P_{ext} - D - P_{elec} = 0 \quad (1)$$

$$P_{elec} \geq P_{elec}^{min} \quad (2)$$

$$\sum \eta_{elec} P_{elec} \geq Q_{H_2}^{jour} \quad (3)$$

Il vous est suggéré d'inclure de nouvelles variables entières au problème afin d'éviter l'ajout de contraintes non-linéaires. *Par exemple*, des variables décrivant l'état de marche ou arrêt d'une installation, prenant pour valeur 0 ou 1, permettent de contraindre la valeur d'une puissance à 0...

Travail à réaliser

- Comparer les profils optimaux d'utilisation de l'électrolyseur pour 2 solveurs adaptés à cette formulation du problème (tous ne permettent pas de gérer des contraintes linéaires ou des variables mixtes)
- Pour un de ces solveurs, réaliser une étude paramétrique sur la valeur de $Q_{H_2}^{jour}$
- Étudier l'influence de paramètres spécifiques d'un des solveurs étudiés sur la performance de l'optimisation (temps de calcul, évaluations de fonctions, minima observés...)

Partie 2 : optimisation multi-objectif

On s'intéresse maintenant à la gestion du réseau en période froide. Le potentiel solaire en baisse et la plus forte demande en électricité dans ces périodes font que le gestionnaire a deux leviers pour assurer la péréquation offre/demande : acheter plus d'électricité sur le réseau extérieur (mais les prix du marché sont bien plus élevés qu'en été) et/ou utiliser sa réserve de dihydrogène au travers de la PAC (ce qui génère un revenu additionnel grâce à la revente de chaleur co-générée).

Contrairement à la situation étudiée en Partie 1, le gestionnaire a ici le choix d'orienter sa planification en vue de prioriser soit :

- Objectif 1 : utiliser le moins de dihydrogène sur 24h
- Objectif 2 : minimiser le coût de la fourniture d'énergie sur 24h

Les contraintes à intégrer diffèrent légèrement de la Partie 1 :

$$P_{eol} + P_{PV} + P_{PAC} + P_{ext} - D - P_{elec} = 0 \quad (1)$$

$$\sum \eta_{PAC} P_{PAC} \leq Q_{H_2}^{max} \quad (2)$$

Les solveurs d'optimisation multi-objectif ne permettant pas de travailler en variables mixtes, on se permettra dans cette partie de ne pas contraindre le fonctionnement de l'électrolyseur à P_{elec}^{min} mais de le laisser fonctionner entre 0 et P_{elec}^{max} . De même, intégrer une contrainte qui empêche la PAC et l'électrolyseur de fonctionner en même temps ne pourra se faire que par l'intermédiaire de contraintes non-linéaires (à éviter) : on pourra à ce stade vérifier si les résultats optimaux sont bien ceux où on n'observe pas de fonctionnement simultané de la PAC et de l'électrolyseur (il y a probablement des solutions plus optimales...).

Travail à réaliser

- Pour les deux journées type (automne et hiver), proposez une méthodologie permettant au gestionnaire d'identifier **10 profils de planification en termes de puissances pour la PAC P_{PAC} et l'électrolyseur P_{elec}** .
- Représenter les fronts de Pareto ainsi déterminés et comparer les résultats obtenus par les solveurs disponibles et commenter.
- Étudier la performance des algorithmes utilisés, optimiser leurs paramétrages.

Données utiles

Le pas de temps considéré étant 1h, on se permettra de raisonner indifféremment en puissance (MW) ou en énergie (MWh) dans les bilans. Les coûts d'achat/vente et de fonctionnement sont en euros/MWh. Des exemples de données vous seront fournis pour travailler sur des journées type.

Avec $Q_{H_2}^{ini}$ la réserve initiale d'hydrogène, η_{pac} et η_{elec} les efficacités de conversion des piles à combustible et de l'électrolyseur respectivement.

$Q_{H_2}^{max}$	P_{pac}^{max}	P_{elec}^{min}	P_{elec}^{max}	η_{elec}	η_{pac}	C_{elec}	C_{pac}
20 MWh	15 MW	5 MW	30 MW	0.6	0.8	1	-4

Évaluation (sur les 2 parties)

Vous pouvez traiter le problème dans un fichier mlx directement ou y répondre dans un bref rapport accompagné d'un code fonctionnel. La note finale reposera sur le barème suivant :

- Présentation générale (objectifs, questions, et réponses apportées, qualité des graphes...) (3 pts)
- Partie 1 (5 pts)
- Partie 2 (4 pts)
- Qualité et clarté du code (5 pts)
- Analyse de la performance des algorithmes utilisés (3 pts)