

Plateforme Européenne pour l'échange des réserves électriques : Enjeux et Défis

Michaël Gabay¹, David Jambois², Thomas Lefeure², Manon Fouquet², Stefania Pan²

¹ Artelys, 93 rue de la Villette, 69003 Lyon, France

² Artelys, 81 rue Saint-Lazare, 75009 Paris, France
`prénom.nom@artelys.com`

Mots-clés : *Optimisation, Marchés de l'énergie, Logiciels Opérationnels*

1 Introduction

L'approvisionnement en énergie est un enjeu économique et sociétal majeur auquel participent un grand nombre d'acteurs : producteurs, fournisseurs, consommateurs, gestionnaires de réseaux de transport (GRT) et de distribution (GRD), etc.

Le bon fonctionnement des systèmes électriques requiert d'assurer à tout moment l'équilibre offre-demande et il est donc nécessaire que les participants disposent de nombreux guichets d'échange pour s'approvisionner en énergie, du plus long terme (afin de couvrir le risque économique) au plus court terme (afin d'ajuster volume de production et demande).

L'énergie s'échange donc sur différents marchés : les marchés de long et moyen terme (en gré-à-gré, via des contrats à terme ou des options, ou sur les marchés des futures, de plusieurs années à un jour à l'avance), les marchés de court terme (*day-ahead* ou *intraday*, 48h à 1h à l'avance) et les marchés de réserve (1h à l'avance au temps réel).

Les participants peuvent affiner leurs estimations et échanger de l'énergie jusqu'à une heure avant la fourniture de celle-ci. En dessous d'une heure, la problématique principale est d'assurer la stabilité du réseau et les responsables d'équilibrage (en Europe, ce sont les GRT) ont alors la charge d'équilibrer l'offre et la demande jusqu'au temps réel.

Pour ce faire, il leur est possible d'activer des *réserves* d'énergie, fournies par des unités ayant un temps d'activation relativement court (de l'ordre de la seconde à la demi-heure). Précédemment, ces réserves étaient gérées de manière nationale, directement par les GRT, généralement en contractant à l'avance des capacités de production (et de consommation) et en activant ensuite celles-ci selon les écarts prévus ou observés sur leurs propres réseaux.

Le système électrique Européen est toutefois interconnecté et synchrone. Une coordination Européenne est donc nécessaire pour la bonne opération du réseau. Ce couplage des réseaux électriques est également une opportunité économique considérable dès lors qu'il est possible d'échanger des réserves ou de régler directement des déséquilibres sans activer d'ordre (la demande de réserve se fait à la hausse comme à la baisse).

La valeur de ces opportunités a été chiffrée. Le bénéfice de la création d'un marché commun pour l'activation des réserves complémentaires (RR) a par exemple été estimé plus de 150 M€ par an [1]. L'intérêt économique d'un marché commun et couplé pour l'acquisition et l'activation des réserves manuelles et automatiques de restauration de la fréquence (mFRR et aFRR) a été estimé dans une fourchette de 212 à 817 M€ selon le niveau d'intégration des marchés [2]. En conséquence, l'Union Européenne a acté la mise en place progressive de marchés pour les différentes réserves dans ses lignes directrices sur l'équilibrage du système électrique [3]¹.

Ces marchés représentent néanmoins un énorme défi opérationnel puisque leur mise en place nécessite un système informatique commun à des dizaines de GRT. Ce système a en son cœur

1. Résumé et notes explicatives disponibles sur le site de l'ENTSO-E : https://www.entsoe.eu/network_codes/eb/

un algorithme d'optimisation capable de calculer une solution optimisée pour chaque enchère de réserve en quelques secondes (10s à 3m selon les marchés), alors même que l'enchère peut comporter des dizaines ou des centaines de milliers d'ordres, y compris des ordres complexes et combinatoires tels que des blocs, des ordres exclusifs ou des ordres couplés dans le temps.

Naturellement, un tel système doit impérativement retourner une solution dans le temps imparti, même dans des situations extrêmes telles que la rupture d'une fibre ou l'incendie d'un centre de données.

2 Libra

La plateforme Libra est la solution développée dans le cadre des projets **TERRE** et **MARI** pour la mise en place et le couplage des marchés de réserve. Elle est utilisée pour les enchères Européennes de réserve complémentaire et le sera prochainement pour la réserve manuelle de restauration de la fréquence. L'algorithme d'enchère de cette plateforme est un algorithme d'optimisation multi-étapes utilisant la programmation linéaire en nombres entiers et la programmation quadratique, développé et maintenu par Artelys.

2.1 Enchères

Les marchés de réserves sont organisés en enchères auxquelles les participants soumettent des ordres et des demandes. Le résultat de l'enchère est ensuite calculé à l'aide d'un algorithme d'optimisation visant à maximiser le revenu total de l'enchère (*social welfare*), à respecter des ensembles de règles métier et à calculer le *prix de marché*.

Cette optimisation multicritère est modélisée sous forme d'un problème d'optimisation avec des objectifs pondérés et des objectifs lexicographiques.

La solution doit garantir des très hautes performances et une robustesse à toute épreuve. Ces problématiques sont adressées par l'emploi de technologies éprouvées (dont le solveur d'optimisation FICO Xpress), le paramétrage de celles-ci et des redondances y compris algorithmiques.

2.2 Solution Opérationnelle

La solution logicielle se doit d'être robuste à toute épreuve, performante, maintenable et évolutive. Lors de la réalisation d'un tel projet, ces impératifs sont pris en compte dès le début du projet et y compris dans le choix des techniques de modélisation et d'optimisation. En effet, il n'est pas suffisant de mettre en œuvre un algorithme très efficace mais il faut également que celui-ci soit compréhensible, maintenable et évolutif dans des délais très courts.

L'architecture de la solution est un élément clé, de même que la fiabilité des technologies utilisées et la validation de l'ensemble des composants logiciels.

Nous présenterons ces défis lors de l'exposé et les différentes techniques algorithmiques et informatiques utilisées pour y répondre.

Références

- [1] *Public consultation document for the design of the TERRE*. ENTSO-E, 2016. <https://consultations.entsoe.eu/markets/terre/>.
- [2] Laurent Fournié, Christopher Andrey, Julian Hentschel, Greg Wilkinson. *Integration of electricity balancing markets and regional procurement of balancing reserves*. European Commission Energy Studies, 2016. https://ec.europa.eu/energy/studies_main/final_studiesintegration-electricity-balancing-markets-and-regional-procurement_en.
- [3] European Commission. *Electricity Balancing Guideline*. Official Journal of the European Union, 2017. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32017R2195>.