



**Electricité de France R&D**  
Département OSIRIS  
1 av. du Général de Gaulle  
92140 CLAMART

## **Proposition de stage**

### **« Valorisation des réserves primaire et secondaire d'un parc de production électrique »**

#### *Descriptif :*

##### **Contexte**

En tant que producteur et fournisseur d'électricité, EDF cherche à satisfaire, à moindre coût, l'adéquation entre sa production d'électricité et la consommation de ses clients. Ceci se traduit par un problème d'optimisation linéaire en nombres entiers.

C'est ensuite le gestionnaire du réseau de transport RTE qui est chargé d'assurer le rééquilibrage réel à chaque instant, l'électricité ne se stockant pas sur le réseau. Pour permettre cet équilibre, des leviers automatiques et semi-automatiques permettant le réglage de la fréquence sont mis en place : on parle de réglage ou réserve primaire et secondaire, appelé encore services rendus au système. Ces services système sont prescrits à l'avance par RTE à chaque producteur d'électricité, et se traduisent schématiquement par une part de puissance réservée sur les moyens de production. Par exemple, EDF produit des services système sur les groupes charbon, les tranches nucléaires, certaines usines hydrauliques.

Dans un contexte de forte pénétration des énergies renouvelables, on entrevoit des besoins croissants en services système. Par ailleurs, les services système à la hausse et la baisse, aujourd'hui indifférenciés en France, pourront demain être différenciés. En conséquence, des nouvelles décisions d'investissements peuvent être prises sur des moyens de production fournissant des services système, à la hausse ou à la baisse ; des contrats long-terme sur le rachat de services système pourront être fortement impactés. Les contrats à moyen terme d'achat et de vente de services système vont se multiplier également.

Il devient alors nécessaire de valoriser finement les moyens de production produisant des services système. Pour valoriser la production, on utilise en général un indicateur de coût marginal (coût d'un MWh supplémentaire), notion largement utilisée en économie. Le coût marginal n'est pas toujours aisé à calculer en pratique en raison de la complexité du parc de production (nombreuses contraintes, variables en nombres entiers, coûts de démarrage, etc.) ; l'existence même d'un coût marginal n'est pas toujours garantie.

Deux indicateurs sont aujourd'hui utilisés en pratique pour valoriser les services système. Le premier est un indicateur de type « coût de substitution » construit à la main (similaire au coût variable pour un coût marginal de production). Le deuxième est le multiplicateur de Lagrange de la contrainte d'équilibre offre demande fourni par les outils de gestion de la production (outil Continental pour la gestion de production à l'horizon long-terme).

Des études ont montré que les deux indicateurs de valorisation présentent des faiblesses pour calculer le coût réel d'un MW supplémentaire de réserve du parc de production.

##### **Objectif du stage**

Le stage a pour but d'avancer sur la compréhension de la formation des coûts marginaux de services système, à l'aide d'exemples théoriques, et de valoriser en pratique les services systèmes dans un contexte de gestion de production long terme.

Concernant l'application, on dispose d'une maquette en Python représentant le problème de gestion de production long terme avec une représentation des services système non différenciés à la hausse ou à la baisse. La première étape de l'application sera de comparer les indicateurs de coûts marginaux de la maquette



**Electricité de France R&D**  
Département OSIRIS  
1 av. du Général de Gaulle  
92140 CLAMART

avec les indicateurs issus de l'outil industriel Continental. Dans un deuxième temps, on cherchera à enrichir la maquette existante avec une implémentation des services système différenciés et d'autres nouvelles contraintes éventuelles, et d'en déduire l'impact sur la valeur des services systèmes.

D'un point de vue méthodologique, on cherchera à comprendre l'influence des contraintes et de la formulation du problème sur les multiplicateurs de Lagrange dans des problèmes convexes ainsi que le calcul de coûts marginaux pour des problèmes non convexes, par exemple linéaires en nombre entiers. On pourra vérifier les considérations théoriques à l'aide de simulations (sous Matlab, Python ou OPL, selon les préférences du stagiaire).

### *Conditions matérielles :*

Le stagiaire sera encadré par Agnès Bialecki (groupe R36) et Miguel Lopez-Butet Zulueta (groupe R31), ingénieurs chercheurs à EDF R&D au département OSIRIS (Optimisation Simulation Risques et Statistiques pour les marchés de l'énergie).

Lieu du stage : EDF R&D ; 1, avenue du Général de Gaulle ; 92141 Clamart. Le site est accessible par transports en commun.

Durée : 5-6 mois. Rémunération : selon école (approximativement 850 Euros /mois).

Connaissances requises : niveau Master recherche ou 3<sup>ème</sup> année école d'ingénieurs,

Profil : Notions d'optimisation. Des notions d'économie seraient un plus. La maîtrise du langage Python est souhaitable.

### *Renseignements complémentaires :*

**Agnès Bialecki**                      tél : 01.47.65.49.63  
**Miguel Lopez-Botet Zulueta**    tél : 01.47.65.15.46

E-mail : [agnes.bialecki@edf.fr](mailto:agnes.bialecki@edf.fr)

E-mail : [miguel.lopez-botet-zulueta@edf.fr](mailto:miguel.lopez-botet-zulueta@edf.fr)