

## Stagiaire scolaire : profil et missions

**Intitulé du poste : Gestion optimale de l'équilibre production - consommation sous incertitudes par de la programmation dynamique stochastique**

**Nombre de poste à pourvoir : 1**

**Type d'offre : Stage**

### **Positionnement de l'offre :**

- Niveau de diplôme : Master, école d'ingénieur
- Famille de métier : Recherche et Développement
- Région administrative : Ile de France

### **Description du contexte et de la mission :**

**Lieu :** La Défense/Paris

#### **CADRE :**

RTE est en charge de la gestion du réseau français de transport d'électricité à haute et très haute tension. Assurant une mission de service public, RTE est garant du bon fonctionnement et de la sécurité du système électrique en France, dans un marché ouvert à la concurrence. Dans ce cadre, RTE exploite et entretient le réseau français de transport d'électricité à haute et très haute tension, réseau le plus important d'Europe (100 000 km de lignes et 46 lignes transfrontalières). RTE est une entreprise résolument tournée vers l'avenir, acteur de la transition énergétique en cours et soucieux d'un développement durable. Ses 8300 salariés travaillent à faire de RTE une entreprise innovante et performante dans le domaine du transport de l'électricité.

Au sein de la R&D, vous serez intégré(e) au pôle Pilotage du Système Electrique (PILS) dans l'équipe travaillant sur l'équilibre entre production et consommation : équipe équilibre offre demande (EOD). Ces principales activités sont :

- Le prototypage d'outils d'aide à la décision pour les opérateurs de RTE réalisant 24h/24 et 7j/7 l'équilibre production consommation sur le réseau français, notamment pour mieux prendre en compte l'augmentation des aléas liés à l'arrivée des énergies renouvelables et à l'augmentation des échanges avec les pays voisins.
- La proposition et l'étude de nouvelles règles opérationnelles et de marchés, de la maille locale à la maille européenne, d'aujourd'hui à dans 15 ans, pour répondre aux enjeux techniques, économiques et sociétaux de la transition énergétique.

Pour assurer ces activités, l'équipe (et plus généralement la R&D) utilise des outils innovants et à la pointe comme le deep learning ou les mathématiques statistiques pour les prévisions de consommation et production ou des méthodes d'optimisation stochastique pour la prise de décision. RTE R&D travaille également avec de nombreux laboratoires de recherche et propose un environnement de travail stimulant avec des missions variées.

#### **CONTEXTE :**

Pour limiter le changement climatique et atteindre les objectifs ambitieux prescrits par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) [1], la transition vers

une société neutre sur le plan climatique, décrite dans la Stratégie Nationale Bas-Carbone, passe par une augmentation inévitable de la part de la production renouvelable dans le mix énergétique, jusqu'à 100% dans certains scénarios [2]. Cependant, contrairement aux centrales électriques conventionnelles, les énergies renouvelables sont intermittentes et non pilotables. Par conséquent, les réseaux électriques actuels, non dimensionnés pour faire face à ces moyens non pilotables, doivent faire face à cette nouvelle variabilité alors que la capacité totale installée des sources d'énergie renouvelables ne fait qu'augmenter et que les moyens pilotables conventionnels ne font que diminuer. Cette augmentation de la part des énergies renouvelables **pose des questions quant à la sûreté de l'exploitation du système électrique**. C'est pourquoi RTE développe de nouveaux outils pour favoriser le développement de ces énergies tout en assurant sa mission de service public : **assurer la sécurité d'approvisionnement**.

La sûreté du système électrique est basée (notamment) sur **l'équilibre entre la production et la consommation**, ce qui se traduit par une fréquence qui reste la plus stable possible et proche de 50 Hz. RTE est responsable de **garantir cet équilibre à chaque instant**. Cependant, des **aléas météorologiques et techniques** viennent régulièrement perturber cet équilibre : disponibilités du parc de production insuffisante, vague de froid, erreur de prévision de production renouvelable, etc.

Ainsi RTE doit **disposer de moyens disponibles à tout instant** pour être en mesure de garantir et rétablir si besoin cet équilibre en faisant face à ces aléas. Par exemple en démarrant ou ajustant des groupes de production d'électricité (thermique, hydraulique, etc) ou en sollicitant des effacements de la part de consommateurs. Ainsi RTE dispose de moyens "normaux" et de "secours". Les moyens de secours ne sont utilisés qu'en cas de nécessité lorsque les marges du système ne sont plus suffisantes pour résorber un déséquilibre entre la production et la consommation. Cependant, il n'est pas possible de se couvrir contre l'ensemble des aléas possibles. En effet, cela nécessiterait un coût extrêmement élevé et non justifié du système électrique pour mettre en place et entretenir des moyens de secours qui ne seraient peut-être jamais utilisés. C'est pourquoi il existe des **critères de sécurité d'approvisionnement** qui sont des **compromis** entre la sécurité d'approvisionnement et l'efficacité (économique) de la gestion de l'approvisionnement :

- le **critère long-terme** [3], "**le critère de 3h de défaillance**". Il impose de ne pas avoir plus de 3h de défaillance en moyenne par an, dont 2h de délestage. Dans les faits RTE n'a jamais eu besoin de recourir à du délestage car a toujours veillé à disposer de suffisamment de marges et moyens disponibles.
- le **critère de court-terme** [4], "**le critère 1%**". Il permet de se **couvrir contre 99% des aléas de consommation et production** lors des pointes du matin qui sont les plus pénalisantes pour le système électrique.

Cependant, l'évolution du parc de production (la part de plus en plus importante des énergies renouvelables dans le mix-énergétique) liée à la transition énergétique ainsi que les nouveaux usages (comme les véhicules électriques, les consommateurs flexibles, etc) conduisent à **remettre en question l'optimalité du critère court-terme**.

C'est pourquoi, une étude au sein de l'équipe EOD est en cours afin de **reformuler mathématiquement le problème** et tenter de **définir une approche plus optimale** en mettant en regard les risques et les coûts associés.

#### **SUJET :**

Le stage portera sur la **formulation en optimisation stochastique multi-étapes** [5, 6, 7] du problème de constitution des marges d'EOD. Concrètement cela consiste à formuler un **problème d'optimisation stochastique de type dispatching** à la maille France en tenant compte des contraintes techniques des groupes et des incertitudes sur la production renouvelable (PV et éolien) ainsi que la consommation électrique.

Le ou la stagiaire devra dans un premier temps **formuler** le problème en programmation dynamique stochastique. Il ou elle pourra se référer aux travaux en cours au sein de RTE R&D, notamment [7].

Dans un second temps, le ou la stagiaire devra procéder à **l'implémentation** du problème d'optimisation avec une technique de type **programmation dynamique stochastique duale** (SDDP) [5, 6, 7, 8, 9].

Finalement, le ou la stagiaire devra **comparer les résultats** de cette approche avec une formulation en optimisation stochastique à base de scénarios qui sert de référence.

#### **REFERENCES**

- [1] IPCC, 2022: Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösche, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösche, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
- [2] Futurs Energétiques 2050. <https://www.rte-france.com/analyses-tendances-et-prospectives/bilan-previsionnel-2050-futurs-energetiques#Lesdocuments>
- [3] Article D. 141-12-6 du Code de l'énergie. [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000033313572/2020-01-01](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000033313572/2020-01-01)
- [4] F. Bienvenu, Le critère de sécurité d'approvisionnement à RTE, 2019.
- [5] V. Leclère An Introduction to Stochastic Dual Dynamic Programming (SDDP), CERMICS, ENPC, 2022. <http://cermics.enpc.fr/~leclerev/courses/Saclay/Saclay-6.pdf>
- [6] Carpentier, Pierre, Guy Cohen, and Jean-Christophe Culioli. "Stochastic Optimal Control and Decomposition-Coordination Methods Part I: Theory." Recent Developments in Optimization. Springer, Berlin, Heidelberg, 1995. 72-87.
- [7] Camila MARTINEZ PARRA, Dynamic Programming and Decomposition Methods for Prospective Studies in Energy Systems, RTE, 2022.
- [8] Pereira, Mario VF. "Optimal stochastic operations scheduling of large hydroelectric systems." International Journal of Electrical Power & Energy Systems 11.3 (1989): 161-169.
- [9] Pereira, Mario VF, and Leontina MVG Pinto. "Multi-stage stochastic optimization applied to energy planning." Mathematical programming 52.1 (1991): 359-375.

**Profil recherché :**

Bonnes connaissances en optimisation stochastique et Python/Julia requises. Des connaissances générales sur le secteur de l'énergie sont un plus. Ce stage requiert des capacités d'analyse, d'autonomie et de rigueur.

*Durée du stage :* 6 mois

**Contacts :** [jonathan.dumas@rte-france.com](mailto:jonathan.dumas@rte-france.com) ; [nathalie.grisey@rte-france.com](mailto:nathalie.grisey@rte-france.com)