

## Proposition de stage de fin d'études 2016-2017 avec possibilité de poursuite en thèse

### « Contrôle probabiliste et distribué de la demande pour les réseaux électriques intelligents »

#### Descriptif :

##### Contexte

Dans les réseaux électriques, il est nécessaire que la production électrique soit égale à la demande à tout instant. En plus d'assurer la production électrique suffisante, on a également besoin de ressources flexibles pouvant rapidement adapter leur production/consommation afin de compenser les erreurs de prévision de demande et d'assurer cet équilibre en temps réel entre production et demande. Ce service est un exemple des *services systèmes* indispensables au bon fonctionnement des réseaux électriques.

Aujourd'hui, la satisfaction des services systèmes est assurée principalement par le parc de production. Dans ce contexte, même dans la situation où l'énergie requise par les services systèmes sur une période donnée est nulle - seule la flexibilité en puissance (positive ou négative) est demandée - l'approche reposant sur les moyens de production se traduit par une élévation du coût de production du fait de la réservation d'une partie de la puissance disponible pour assurer la réserve en services systèmes. Avec l'augmentation du niveau de pénétration des énergies renouvelables à production intermittente, on anticipe dans les années à venir une augmentation du besoin en services systèmes. Ce besoin peut être satisfait par des réserves, assurées par les moyens de production, l'utilisation de systèmes de stockage ou encore le pilotage diffus de certains usages. Ce dernier gisement de flexibilité, rendu accessible par le développement rapide des « technologies smart » (à l'instar du compteur Linky), a l'avantage de présenter a priori un coût moindre dès lors que la qualité du service rendu par les usages est maintenue.

Dans les articles [1,2], les auteurs proposent une approche innovante de « contrôle probabiliste et distribué » permettant d'asservir les usages locaux pour suivre un signal donné correspondant aux besoins en services systèmes. Un unique signal de régulation est envoyé à chaque usage local qui réagit indépendamment (de façon décentralisée) en optimisant localement son propre arbitrage entre participation aux services systèmes et respect de sa qualité de service et de ses contraintes locales. Cette approche originale repose sur des techniques mêlant à la fois la théorie des chaînes de Markov contrôlées, les approches champs moyen, le traitement du signal et l'automatique.

##### Objectif

Aujourd'hui, le Réseau de Transport Electrique (RTE) utilise déjà un signal de régulation pour asservir les moyens de production participant au service de « téléajustage » en France. Par ailleurs, le démarrage et l'arrêt des ballons d'eau chaude constituent déjà un levier de flexibilité utilisé par le réseau. L'objectif du stage consiste à instancier et étendre l'approche développée dans [1,2] au cas des ballons d'eau chaude et à leurs contraintes spécifiques associées. En particulier, l'impact du caractère préemptif ou non (tâche fractionnable en blocs ou non) de l'usage local sur la pertinence de la méthode de contrôle probabiliste et distribué sera analysé en termes notamment de modélisation et de stabilité du système de régulation. Une autre piste consistera à formuler un problème d'optimisation permettant de décomposer le signal de consigne en fréquences, de sorte à attribuer de façon optimale chaque composante du signal à un type d'usage donné en fonction de sa fréquence de réponse et de sa capacité disponible en puissance. Enfin, on s'intéressera aussi à étudier empiriquement (voire théoriquement) les propriétés (notamment stabilité, performance) de ce système de contrôle décentralisé en fonction du nombre d'usages locaux participants à l'asservissement.

Ce stage pourra être suivi d'une thèse sur le même sujet.



**Electricité de France R&D**  
Département OSIRIS  
7 boulevard Gaspard Monge  
91120 Palaiseau

[1] S. Meyn, P. Barooah, A. Busic, Y. Chen, J. Ehren. Ancillary Service to the Grid Using Intelligent Deferrable Loads. IEEE Trans. Automat. Control. 60 (11): 2847 - 2862. 2015.  
[2] A. Busic, S. Meyn, Distributed Randomized Control for Demand Dispatch. Mar 2016.

### *Conditions matérielles :*

Le stagiaire sera encadré à EDF par Olivier Beaude, Pascale Bendotti et Nadia Oudjane, Ingénieurs Chercheurs à EDF R&D et au niveau académique par Ana Busic chercheuse à l'inria.

Lieu du stage : Le stage se déroulera sur le nouveau site d'EDF R&D à Saclay. EDF R&D ; 7, Boulevard Gaspard Monge ; 91120 Palaiseau. Le site est accessible par transports en commun.

Durée : 6 mois.

Rémunération : selon école, entre 960 – 1300 Euros / mois.

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

Profil : probabilités et / ou data sciences.

### *Renseignements complémentaires :*

<b>Olivier Beaude</b>	<b>tél : 01.78.19.38.96</b>
<b>Pascale Bendotti</b>	<b>tél : 01.78.19.39.75</b>
<b>Ana Busic</b>	<b>tél : 01 80 49 43 35</b>
<b>Nadia Oudjane</b>	<b>tél : 01.78.19.38.85</b>

<b>E-mail : <a href="mailto:olivier.beaude@edf.fr">olivier.beaude@edf.fr</a></b>
<b>E-mail : <a href="mailto:pascale.bendotti@edf.fr">pascale.bendotti@edf.fr</a></b>
<b>E-mail : <a href="mailto:ana.busic@inria.fr">ana.busic@inria.fr</a></b>
<b>E-mail : <a href="mailto:nadia.oudjane@edf.fr">nadia.oudjane@edf.fr</a></b>