

Offre de post-doc en optimisation

20 mois – CentraleSupélec (Université Paris-Saclay)

Méthodes de relaxation pour l'optimisation en grande dimension et pour la gestion de systèmes électriques

Francis Bach · Nadia Oudjane · Laurent Pfeiffer · Adrien Séguret

Cadre Notre offre de post-doc porte sur le développement et l'analyse de nouvelles méthodes numériques pour la résolution de problèmes d'optimisation non-convexes de grande dimension. La classe de problèmes ciblée est motivée par des applications en énergie, notamment pour la gestion d'une flotte de petites unités de production ou de consommation. Les méthodes développées reposeront sur des techniques de relaxation avec des mesures de probabilité.

L'offre est d'une durée de 2 ans. La personne recrutée sera encadrée par **Francis Bach** (Inria Paris), Nadia Oudjane (EDF R&D), **Laurent Pfeiffer** (Inria Saclay et CentraleSupélec) et **Adrien Séguret** (EDF R&D). Elle sera employé par le **Centre Inria de Saclay** et travaillera principalement à **CentraleSupélec** au sein de l'équipe **DISCO**.

Le post-doc est financé par le Défi Inria-EDF "Gérer les systèmes électriques de demain", un projet réunissant un réseau actif d'une quarantaine de chercheurs et chercheuses permanents d'Inria et EDF.

Enjeu industriel Un enjeu majeur dans la gestion du système électrique consiste à assurer, à chaque instant, l'égalité entre puissance électrique produite et puissance électrique consommée. Cela requiert l'exploitation de l'ensemble des moyens pilotables disponibles, que ce soit du côté de la production (centrales thermiques ou hydrauliques), de la consommation (recharge de véhicules électriques, usages thermiques de l'électricité,...) ou du stockage (batteries). Si l'intégration massive des énergies renouvelables non-pilotables (soleil, vent) impacte l'équilibre du système, les flexibilités de consommation et de stockage constituent des leviers opportuns permettant de compenser ces fluctuations.

L'exploitation efficace de cette multitude de flexibilités induit des problèmes d'optimisation de très grande taille, pour lesquels le développement de nouveaux outils algorithmiques est nécessaire.

Contexte scientifique Ce projet de recherche s'inscrit dans la continuité de l'article [2] où on propose un algorithme distribué (dénommé *Stochastic Frank-Wolfe algorithm*) permettant d'approcher la solution d'un problème d'optimisation impliquant un grand nombre d'agents flexibles, s'écrivant dans sa forme la plus simple de façon suivante :

$$\min_{x_i \in X_i} f\left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N g_i(x_i)\right). \quad (1)$$

Ici,

- X_i désigne l'ensemble non-convexe des décisions possibles pour l'agent flexible i
- $g_i(x_i)$ désigne le profil de production ou de consommation sur l'horizon de temps considéré (une journée, par exemple) de l'appareil flexible i

- f représente le coût minimal, supposé convexe, de production conventionnelle (e.g. par un ensemble de centrales thermiques) nécessaire pour satisfaire la demande résiduelle $D - \sum_{i=1}^N g_i(x_i)$, où D est le profil de consommation non-flexible supposé donné.

L'article [2] propose la relaxation convexe suivante, dans laquelle les variables d'optimisation x_i sont remplacées par des mesures de probabilité :

$$\min_{\mu_i \in \mathcal{P}(X_i)} f\left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \int_{X_i} g_i d\mu_i\right). \quad (2)$$

Il est démontré, sous des hypothèses de régularité sur f , que le problème relâché constitue une bonne approximation du problème original lorsque le nombre de flexibilités est grand. Il est à la base d'une approche numérique permettant de calculer une solution approchée globale au problème original, malgré sa non-convexité.

Axes de recherche Le projet de post-doc a pour ambition générale de développer de nouvelles approches numériques pour la résolution globale de problèmes d'optimisation de grande dimension, dépassant le cadre abstrait décrit dans (1). Le travail de post-doc pourra s'appuyer sur les deux extensions que nous proposons ci-dessous, toutes deux motivées par des applications à la gestion de l'équilibre sur le réseau électrique.

1. **Fonction couplante non-convexe.** L'approche numérique développée dans [2] repose de façon cruciale sur la convexité de f . Cette hypothèse est toutefois restrictive et ne permet pas de traiter des situations où f représente le coût de satisfaction de la demande résiduelle, $D - \sum_{i=1}^N g_i(x_i)$, avec des unités de production conventionnelles soumises à des contraintes techniques non-convexes.

On propose de développer une nouvelle méthode, combinant l'approche par remontée de coupes proposée dans [1] à l'algorithme de Frank-Wolfe stochastique introduit dans [2], pour traiter du cas où f n'est pas forcément convexe.

2. **Quand le nombre d'agents n'est pas si grand**

Le réseau électrique présentant des contraintes de capacité, il est parfois nécessaire de considérer des modèles agrégatifs impliquant un nombre modéré d'agents: dans ce cas, la qualité de l'approximation convexe (2) est dégradée. On se propose alors de développer des approches numériques reposant sur le problème suivant:

$$\min_{\mu_i \in \mathcal{P}(X_i)} f\left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \int_{X_i} g_i d\mu_i\right) + \frac{1}{N\varepsilon} \sum_{i=1}^N V_i(\mu_i), \quad (3)$$

où $\varepsilon > 0$ et où $V_i(\mu_i)$ est un terme de variance. Ce problème (non-convexe) peut être vu comme une interpolation entre les deux problèmes (1) et (2), correspondant aux cas limites lorsque ε tend vers 0 ou ∞ , respectivement. Il pourra être abordé à l'aide de techniques pour la minimisation d'une différence de fonctions convexes [3].

Profil recherché et conditions matérielles La personne recrutée sera titulaire d'un doctorat et aura une très bonne connaissance de la théorie de l'optimisation ainsi qu'une bonne expérience de programmation. Les doctorants et doctorantes sur le point de soutenir sont fortement encouragés à postuler. Les candidatures comporteront

- un CV
- une description concise des activités de recherche
- une lettre de motivation, mentionnant une date de démarrage possible
- le nom et l'adresse e-mail d'une ou deux personnalités pouvant vous recommander.

Elles sont à adresser aux encadrants aux adresses suivantes :

francis.bach@inria.fr nadia.oudjane@edf.fr laurent.pfeiffer@inria.fr adrien.seguret@edf.fr.

Les candidatures seront traitées au fil de l'eau. Pour toute question, ne pas hésiter à prendre contact avec Laurent Pfeiffer.

Bibliographie

- [1] O. Beaude, P. Benchimol, S. Gaubert, P. Jacquot, and N. Oudjane. A privacy-preserving method to optimize distributed resource allocation. *SIAM Journal on Optimization*, 30(3):2303–2336, 2020.
- [2] J.F. Bonnans, K. Liu, N. Oudjane, L. Pfeiffer, and Cheng Wan. Large-scale nonconvex optimization: randomization, gap estimation, and numerical resolution. *SIAM Journal on Optimization*, 33(4):3083–3113, 2023.
- [3] T. Lipp and S. Boyd. Variations and extension of the convex–concave procedure. *Optimization and Engineering*, 17:263–287, 2016.