

Appel à candidatures pour un stage de recherche niveau M2

Optimisation d'un scénario électronucléaire

Encadrement :

Matthieu GUILLOT, Khaled HADJ-HAMOU, Kévin TIREL

Etablissement : Lyon 2

Laboratoire: laboratoire DISP

Profil recherché :

M2 (ou équivalent) en Génie Industriel, Informatique (Optimisation & Recherche Opérationnelle)

Financement: 600€ par mois environ

Période de stage : février à juillet 2024

Compétences souhaitées :

modélisation, optimisation, programme linéaire, programmation Python, solveurs PL (Cplex, Gurobi)

Mots-clés: optimisation, modélisation, programmation linéaire, recherche opérationnelle

Contexte & motivation :

Dans un contexte de lutte contre le changement climatique, la décarbonation de la production énergétique est une question centrale. La France a fait le choix de miser sur une production électrique fortement nucléaire le siècle passé, lui permettant d'afficher aujourd'hui des émissions de CO2 faibles dans ce domaine. La gestion sur le long terme d'un parc nucléaire est un exercice difficile car sujet à de nombreuses incertitudes : combien de réacteurs seront déployés dans le futur ? Quel type de réacteur sera privilégié ? Quelle stratégie pour la gestion des matières nucléaires ?

Le "scénario électronucléaire" fait partie des outils à notre disposition pour travailler autour de ces incertitudes. Il consiste en la simulation dynamique d'un parc nucléaire du point de vue des flux de matières. Plus précisément, l'intégralité du cycle du combustible est modélisée, depuis l'extraction des ressources naturelles, en passant par les procédés de fabrication du combustible, l'irradiation de ce dernier dans le réacteur, le refroidissement du combustible irradié, le recyclage des matières et pour finir la production de déchets. La simulation de scénario repose sur des outils de calcul scientifique permettant une modélisation fine de l'irradiation en cœur ainsi que de l'évolution de la matière au cours du temps. A la fin de la simulation de scénario, il est possible d'accéder aux différents flux de matières qui ont eu lieu pendant la durée de la simulation, ainsi qu'à l'évolution des différents stocks suivis (masses de combustibles usés entreposés, masse de plutonium présente dans le parc, masse de déchets générés et stockés, etc.). En particulier, des limites physiques ou technologiques peuvent être mises en lumière grâce à la simulation de scénario. Par exemple, un manque de matière pour alimenter un réacteur peut être détecté, mettant de cette façon en défaut l'évolution du parc étudié. Ou encore, la quantification des flux à traiter au cours du temps donne des indications pour le dimensionnement des usines dans le futur.

Description du problème :

Dans cette étude, on s'intéresse à la modélisation et à l'optimisation d'un scénario électronucléaire. On dispose d'un ensemble de combustibles irradiés issus de réacteurs existants. Ces combustibles sont classés selon leur composition. Chaque année, on prend une certaine quantité de matière de chaque type de combustible irradié. Après un retraitement dans des usines dédiées, il est possible d'extraire les isotopes de plutonium qui seront utilisés comme matière première de combustible. Ce combustible neuf ne peut être fabriqué que si la composition de la matière première est satisfaisante, et sera utilisé pour alimenter un réacteur nucléaire.

Notre problème consiste à dimensionner les usines de retraitement afin d'extraire la bonne quantité de combustible irradié de chaque type à chaque pas de temps considéré sur un horizon de temps déterminé (typiquement 100 ans), afin de respecter deux contraintes dures : d'une part, on doit s'assurer que le stock de matière première ne soit jamais vide ; et d'autre part, on doit garantir que la composition de la matière première permette effectivement la fabrication du combustible neuf.

Dans le cadre de ce projet de Master2, on propose de modéliser le choix des quantités de combustibles irradiés et le déplacement des combustibles dans différents états comme un programme linéaire, en simplifiant dans un premier temps les étapes induisant des contraintes non-linéaires.

Profil du candidat :

Le candidat devra avoir de bonnes connaissances en informatique, en optimisation et en recherche opérationnelle. Il devra être capable de modéliser le problème d'optimisation de scénario électronucléaire comme un programme linéaire et de le résoudre grâce à des solveurs dédiés (CPLEX, GUROBI). De plus, de bonnes capacités de développement en Python sont nécessaires afin de traiter des données réelles, de faire l'interface avec le solveur de programmation linéaire, et d'analyser les résultats obtenus.

Enfin, le candidat devra être curieux et intéressé par la physique nucléaire et ses applications, puisque les résultats devront être analysés d'un point de vue physique. Des connaissances dans ce domaine ne sont pas requises mais le candidat devra être ouvert au fait de se former.

Poursuite en thèse :

Ce sujet pourra se poursuivre par le financement d'une thèse de doctorat par le CEA, sur le site de Cadarache. Ce sera pour le candidat l'occasion d'approfondir le travail effectué dans le stage de Master2, en modélisant de manière plus réaliste les aspects les plus complexes des mouvements et des transformations des combustibles sous toutes leurs formes. Ces travaux serviront par la suite dans l'étude de la robustesse et la résilience des scénarios électronucléaires face aux incertitudes quant au futur du parc nucléaire.

Déposez votre candidature avant le 30/11/2023, par mail à Matthieu GUILLOT (matthieu.guillot@univ-lyon2.fr), Kévin TIREL (kevin.tirel@cea.fr) et Khaled HADJ-HAMOU (khaled.hadj-hamou@insa-lyon.fr) en précisant la référence de l'offre (SMR-DISP-2023B) et en joignant un dossier composé d'un CV, une lettre de motivation et les relevés de notes de master.