



Proposition de stage de Fin d'étude - 1er semestre 2021

“Décomposition croisée en génération de colonnes”

Contexte :

Plusieurs problèmes d'optimisation combinatoire reposent sur un croisement de plusieurs structures combinatoires. C'est le cas du problème de planification d'unités de production, appelé Unit Commitment Problem (UCP) qui consiste à décider des marches et arrêts d'unités sous la contrainte de satisfaire la demande sur un horizon de temps discret (journalier) en respectant des contraintes techniques. Deux structures se croisent dans le problème de l'UCP : une structure de sac-à-dos à chaque pas de temps et une structure de planification de chaque unité, ce qui couple ainsi dynamiquement les pas de temps. D'autres problèmes ont une structure similaire, comme en particulier le problème de l'UCP pour les vallées hydroélectriques, le problème de multi-flots entiers, le problème du p-médian ou du sac-à-dos multiple.

Ces problèmes se formulent classiquement par des programmes linéaires de très grande taille. Afin de résoudre de tels programmes, des techniques de décomposition comme la génération de colonnes ou la décomposition Lagrangienne s'appuient fortement sur un choix d'inégalités à dualiser, produisant un nombre exponentiel de variables à prendre en compte.

La décomposition croisée consiste à simultanément considérer plusieurs sous-structures lors de la même décomposition. La gestion de ces sous-structures peut être réalisée en dupliquant des sous-ensembles de variables et en les liant par des égalités (ou inégalités) dans le problème maître. Pour le cas particulier de l'UCP, cette technique a été utilisée avec succès pour améliorer la qualité des relaxations par rapport à une décomposition classique par unité, i.e. par dualisation de la demande.

Objectifs du stage :

L'objectif de ce stage est tout autant une mise en œuvre technique de la méthode sur plusieurs problèmes, qu'une étude théorique de la méthode. Le stage portera principalement sur les aspects suivants :

- Une première prise en main expérimentale de la méthode de décomposition croisée sera facilitée par l'existence au sein du projet d'un premier code concernant l'UCP qui a permis d'obtenir une relaxation de bonne qualité [5].
- Un des sujets théoriques important est d'étudier son lien avec la technique dite de “variable splitting” qui existe classiquement pour la relaxation Lagrangienne [2] : elle a été appliquée aux problèmes de flots [1] et au problème de l'affectation généralisé [3]. Elle a été également appliquée au problème de l'UCP au sein d'EDF [4].
- Il est souvent nécessaire de manipuler à la fois des inégalités nécessaires à la définition d'un problème et des inégalités renforçant la relaxation du problème. Ces inégalités ne peuvent pas toujours être réunies dans un même sous-problème (certaines sont par exemple non-linéaires). Une question est de proposer un cadre tout à la fois théorique et pratique pour réunir ces inégalités en les répartissant entre plusieurs sous-problèmes. En effet, un choix approprié pour ces sous-ensembles peut améliorer significativement la qualité de la relaxation. Ceci est dû à la convexification de ces ensembles d'inégalités par cette technique. L'objectif théorique et pratique est donc de pouvoir faire cette répartition en ayant des sous-problèmes faciles à résoudre.

- Une autre perspective est de prolonger ces relaxations soit par une méthode de branchement, soit par des heuristiques basées sur des solutions fractionnaires : en effet la bonne qualité de la relaxation est souvent un facteur clef de la bonne qualité des solutions ainsi obtenues.
- Plusieurs problèmes combinatoires seront considérés. L'idée est de dégager une approche générique pour la mise en œuvre de la méthode de décomposition croisée.

Le sujet de ce stage s'inscrit dans le projet PGMO¹ intitulé "Overlapping decomposition in column generation" rassemblant des chercheurs de EDF R&D et de deux laboratoires d'informatiques le LIP6² et le LIPN³. Suite à ce stage, une poursuite en thèse n'est pas prévue dans le cadre de ce projet PGMO. Toutefois, le sujet de recherche implique plusieurs acteurs industriels et universitaires qui peuvent proposer une suite en thèse sur ce sujet ou un sujet proche.

Conditions matérielles :

Ce stage est réalisé dans le cadre d'un projet PGMO en collaboration entre EDF R&D (département OSIRIS) et le laboratoire LIP6.

Employeur :	Laboratoire LIP6 dans le cadre d'une convention de stage académique
Lieu du stage :	LIP6, 4 place Jussieu, 75005 Paris
Durée :	5-6 mois entre février et septembre 2021
Rémunération :	Gratification stage
Connaissances requises :	Deuxième année de Master Recherche ou troisième année d'école d'ingénieur
Profil :	Mathématiques appliquées, Informatique, Optimisation combinatoire, RO
Informatique :	Programmation orientée objet, C++

Encadrement :

Pascale Bendotti	(EDF, membre associé LIP6)	pascale.bendotti@lip6.fr
Pierre Fouilhoux	(LIPN, Sorbonne Paris Nord)	pierre.fouilhoux@lipn.fr
Cécile Rottner	(EDF)	cecile.rottner@edf.fr

Références

- [1] Fred Glover and Darwin Klingman. Layering strategies for creating exploitable structure in linear and integer programs. *Mathematical Programming*, 40(1-3) :165-181, 1988.
- [2] Monique Guignard and Siwhan Kim. Lagrangean decomposition for integer programming : theory and applications. *RAIRO-Operations Research*, 21(4) :307-323, 1987.
- [3] Kurt Jörnsten and Mikael Näsberg. A new lagrangian relaxation approach to the generalized assignment problem. *European Journal of Operational Research*, 27(3) :313-x323, 1986.
- [4] A. Renaud. Daily generation management at Electricité de France : From planning towards real-time. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 38, 1993.
- [5] C. Rottner. Combinatorial aspects of the Unit Commitment Problem. Doctoral dissertation (2018).

1. Gaspard Monge Program for Optimization, operations research, and their interactions with data science
2. Laboratoire d'informatique de Sorbonne Université
3. laboratoire d'informatique de Sorbonne Paris Nord