

Proposition de sujet de thèse - rentrée 2014

« Résolution exacte et aspects combinatoires du Unit Commitment Problem »

Application au problème de gestion de production journalière du parc thermique à flamme

Résumé : Ce sujet s'inscrit dans le cadre du problème de planification d'unités de production électrique communément appelé Unit Commitment Problem (UCP) dans la littérature. Ce problème 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 fortes, comme par exemple le respect d'une demande globale de production ou les contraintes de durée minimum de marche et d'arrêt, dites contraintes Min-up/Min-down. Aujourd'hui, le plan de production des unités d'EDF est réalisé par une méthode de décomposition par les prix, obtenue par relaxation lagrangienne de la contrainte couplante correspondant à l'obligation de répartir la demande de production sur toutes les unités. Il s'avère que cette méthode peut difficilement être adaptée pour prendre en compte d'autres contraintes couplantes : c'est le cas par exemple des contraintes induites par les ressources partagées sur un même site de production comportant plusieurs unités ou sur différents sites. De plus, cette méthode ne vise pas à trouver une solution exacte (même si, en pratique, elle fournit de bonnes solutions).

L'objectif de cette thèse est d'étudier les aspects combinatoires de l'UCP afin de mettre en œuvre des techniques de programmation mathématique discrète pour sa résolution, en particulier au travers des méthodes de Branch-and-Cut et de Branch-and-Cut-and-Price. Afin de réaliser cette étude dans un cadre adapté, nous nous intéressons à un cas particulier apparaissant pour les unités thermiques à flamme (THF). En effet, le problème THF contient de nombreux aspects combinatoires qui demandent une étude dédiée, comme par exemple les contraintes disjonctives (dites intra-sites) entre unités. D'autre part, la structure combinatoire de ce problème limité aux contraintes Min-up/Min-down a été entièrement décrite au travers d'une approche polyédrale dans [11]. Nous proposons d'étendre ce résultat pour THF en prenant en compte plusieurs contraintes du problème qui n'ont pas été étudiées jusqu'ici (contraintes de réserves, contraintes couplantes intra et inter sites,...).

Contexte industriel :

Le problème UCP à EDF

EDF dispose d'un parc de production diversifié composé d'unités de production thermiques nucléaires, thermiques à flamme et hydrauliques. Les méthodes de gestion à court terme de la production permettent de planifier quotidiennement la production la veille pour le lendemain en construisant des plannings à coût minimum et réalisables. En particulier, ces plannings doivent satisfaire la demande globale en puissance et en réserves tout en respectant les contraintes de fonctionnement de toutes les unités de production sur tout l'horizon d'étude. Ce problème de production, appelé usuellement UCP (Unit Commitment Problem), peut être qualifié « de grande taille » à la fois par la taille de ses instances mais aussi par la diversité de ses aspects (contraintes, structures de coûts,...). En effet, même pour le cas particulier de l'UCP pour les unités thermiques à flammes (charbon et gaz), l'UCP comporte un grand nombre de contraintes techniques de fonctionnement dont les principales sont :

- *Min-up/Min-down*: la durée minimale de marche et d'arrêt des unités ;
- *Palier*: fonctionnement à des niveaux de puissance discrets avec des contraintes de durée minimale avant changement de palier (généralisation des contraintes « min up - min down ») ;
- *Gradient*: les montées en puissance lors des paliers se font avec un gradient borné ;
- *Intra-sites*: les auxiliaires communs ¹ interdisent les démarrages des unités d'un même site sur la même période de temps;
- *Inter-site*: les cycles combinés gaz (CCG) utilisent un approvisionnement en gaz commun à plusieurs unités réparties sur plusieurs sites;
- *Démarrage*: le profil de démarrage en puissance et en combustible est une fonction non-linéaire qui dépend du temps d'arrêt de l'unité. On considère souvent une version à coût fixe de cette contrainte qui s'appelle alors *contrainte de setup*.

D'autre part, le cas particulier limité aux unités thermiques, au même titre que l'UCP en général, doit nécessairement respecter la demande de production. Concernant la demande, il apparaît nécessaire dans le processus opérationnel de provisionner en plus du programme de production, un *programme dit de réserve* pour pouvoir adapter le programme de production aux aléas sur la demande et sur les unités de production. Le programme de production actuel prévoit déjà des marges de production disponibles autour du programme de production, appelées *réserves primaire et secondaire*. Toutefois, ces marges sont faibles et ne peuvent être utilisées de manière durable (durée inférieure au pas de temps du programme). En cas de déséquilibre durable de l'offre-demande, le programme de production doit être modifié en utilisant de la puissance prévue dans le programme de réserve tertiaire. Pour assurer la disponibilité de la puissance, il est nécessaire d'avoir provisionné un *programme de réserve tertiaire*. Ce dernier est actuellement calculé en fonction de la marge disponible à la hausse par rapport au programme de production et doit satisfaire un niveau de prescription de sécurité défini par la politique de risque du groupe EDF. Si la marge disponible est insuffisante, il faudra décider de démarrer des unités de production thermiques en anticipant leur durée de démarrage. Il paraît intéressant autant au niveau du processus que du point de vue économique de planifier conjointement le programme de production et celui de réserve tertiaire.

L'état des lieux des méthodes de résolution à EDF

Un grand nombre d'aspects du problème UCP sont traités aujourd'hui au sein d'EDF par une méthode de décomposition reposant sur une relaxation Lagrangienne qui permet une décomposition par les prix en sous-problèmes. Cette méthode permet de résoudre globalement une relaxation de l'UCP pour un parc d'unités hétérogènes (thermiques à flamme et nucléaires, hydrauliques,...). En revanche, cette relaxation ne vise pas à déterminer une solution optimale du problème par sa nature-même de relaxation, elle converge vers une solution menant à un écart de production par rapport à la demande (en effet, il existe une erreur dite de bouclage entre la production cumulée correspondant à la solution et la demande). D'autre part, la seule contrainte couplante qui aujourd'hui est prise en compte de manière globale est le respect de la demande de production en puissance, ainsi qu'en réserve primaire et secondaire. La demande en réserve tertiaire n'est pas prise en compte à ce jour. Ainsi toutes les contraintes couplantes entre les unités ont été repoussées aux sous-problèmes, ce qui conduit à étendre le périmètre des sous-problèmes à plusieurs unités, voire plusieurs sites. Par exemple pour le parc hydraulique, la décomposition se fait par vallée plutôt que par usine dans la mesure où le couplage induit par les contraintes de flot entre les réservoirs est trop fort pour être négligé. Pour assurer la convergence, la résolution des sous-problèmes doit se faire de manière exacte. Ainsi, il a été nécessaire de relaxer certains aspects de ces sous-problèmes : par exemple, les sous-problèmes associés au parc hydraulique sont résolus comme un problème continu en relaxant les paliers de production. Similairement, pour le parc thermique, les contraintes des couplages dits intra-site sont également relaxées (les sous-problèmes se limitant alors à une unique unité de production).

¹matériels ou ressources partagé(e)s par plusieurs unités d'un même site

L'état des lieux des pistes étudiées ou en cours d'étude à EDF

La plupart des sous-problèmes issus de la décomposition sont traités par programmation dynamique. En raison de l'explosion combinatoire, seul un nombre limité d'états de fonctionnement peuvent être pris en compte : c'est le cas pour les unités thermiques (résolution d'une unité par sous-problème) et hydrauliques (résolution usine par usine en suivant l'ordre des usines dans la vallée, plutôt que globale). Différentes approches sont à l'étude ou ont fait l'objet de travaux pour ces sous-problèmes au sein d'EDF. Une bonne partie des efforts est dédiée à la prise en compte des contraintes spécifiques aux sous-problèmes hydrauliques. En particulier, une modélisation par un programme linéaire en nombres entiers (PLNE) a été tentée dans l'objectif d'utiliser des solveurs commerciaux. Ces solveurs ne permettent actuellement pas d'obtenir une solution optimale en temps limité [4]. Des travaux ont été menés dans le cadre de stages [1] [9] dans le but d'améliorer les résultats numériques, sans toutefois proposer une solution de résolution alternative par rapport à [4] et sont actuellement en cours dans le cadre d'une thèse et d'un postdoctorat pour remettre en cause cette modélisation. La méthode de relaxation lagrangienne a également été remise en question et une approche frontale sans décomposition a été envisagée : l'avantage étant de pouvoir prendre en compte les couplages. En particulier, des modélisations par PLNE du problème hydraulique et/ou thermique ont été proposées (sans toutefois prendre en compte les contraintes couplantes intra-site) [2] [5] [7] [9] [16]. La modélisation proposée dans [2] a été étudiée dans un autre cadre : elle a été spécialisée pour le parc des nouvelles unités de production CCG en prenant en compte les contraintes couplantes intra-sites et inter-sites sur l'approvisionnement en gaz [16]. Pour le problème thermique à flamme, les meilleures formulations testées [5] ont été obtenues à partir de la formulation des contraintes dites On-Off proposées par Rajan et Takriti [18]. Cette formulation a été reprise dans [9] pour être étendue au parc thermique nucléaire. La résolution numérique par des solveurs commerciaux de ces différentes formulations [2] [16] [5] [9] n'a pas permis de résoudre les instances réelles à l'optimum. La modélisation proposée dans [7] limitée à l'hydraulique (résolution par vallée) relaxe certaines contraintes spécifiques (contraintes de paliers sur le déversement et sur les usines de restitution en bas de vallée) : dans ce cadre relaxé, il est possible d'obtenir une solution en temps limité. Une autre alternative à la décomposition par les prix est d'utiliser un algorithme de génération de colonnes pour le problème thermique [3], obtenu par la méthode de décomposition de Dantzig-Wolfe. En effet, ce type d'algorithme conduit intrinsèquement à une meilleure relaxation linéaire du problème, mais, pour l'obtenir en un temps raisonnable, il est nécessaire d'utiliser des techniques de stabilisation (comme l'algorithme des faisceaux), qui sont difficiles à mettre en œuvre. D'autre part, il reste à déterminer une solution entière réalisable à partir de cette relaxation linéaire, ce qui est obtenue de manière approchée en choisissant les colonnes par une technique gloutonne. Cette technique reste néanmoins une piste d'étude possible à explorer dans le but d'obtenir des solutions approchées de bonne qualité.

Afin de pouvoir prendre en compte des objectifs quadratiques, une approche par programmation semi-définie (SDP) a été menée dans [6] dans le cadre de l'optimisation des arrêts des réacteurs à eau pressurisée (REP). La SDP a été rendue célèbre en optimisation combinatoire par son utilisation théorique pour déterminer les meilleures approximations de problèmes célèbres. En revanche, son utilisation pratique en tant que moteur de résolution est assez récent. En effet, les solveurs SDP pour des variables continues ne sont encore que des logiciels universitaires à capacités très réduites en comparaison des solveurs linéaires. Par ailleurs, il a été d'ailleurs démontré que les méthodes de relaxation lagrangienne sont équivalentes en valeurs aux relaxations SDP dans plusieurs cas [12].

Récemment, des travaux ont été menés dans à partir de la SDP concernant les versions quadratiques de problèmes d'optimisation combinatoire célèbres (max-cut, clustering,...) avec le solveur universitaire BigCrunch [10] qui associe un solveur SDP à des méthodes de branchements. Ce solveur permet de résoudre des instances réduites en quelques heures, bien loin des tailles résolues par les solveurs PLNE commerciaux, mais battant les solveurs quadratiques commerciaux.

Domaine scientifique :

Nous envisageons de mettre en œuvre deux méthodes de résolution par programmation mathématique discrète :

- *Les approches polyédrales et les algorithmes de génération de coupes* : parmi les approches permettant de résoudre les problèmes d'optimisation combinatoire, les approches polyédrales constituent un des outils les plus puissants. Initiées en 1965 par Jack Edmonds en étudiant le problème du couplage, elles consistent à essayer de ramener la résolution d'un problème à celle d'un programme linéaire en étudiant l'enveloppe convexe des solutions.

Dans cette approche, on considère un problème d'optimisation combinatoire modélisé sous la forme d'un PLNE $P : \text{Max}\{cx \mid Ax \leq b, x \text{ entier}\}$. Il existe une description idéale de l'enveloppe convexe des solutions de P permettant de modéliser P sous la forme d'un programme linéaire $Dx \leq d$. Les approches polyédrales consistent à étudier des classes générales d'inégalités valides pour P et si possible de donner des conditions pour qu'elles définissent des facettes de l'enveloppe, c'est-à-dire des inégalités de $Dx \leq d$. En général, (à moins que $P=NP$), il n'est pas possible d'obtenir cette description complète, cependant une description partielle peut être suffisante pour concevoir des algorithmes de résolution efficace.

Les classes d'inégalités donnant une description partielle de $Dx \leq d$ peuvent contenir un nombre exponentiel de contraintes. Une technique permettant de manipuler ces inégalités consiste à résoudre une séquence de programmes linéaires obtenus en ajoutant ces inégalités de manière itérative (algorithmes de coupes). A chaque itération, est résolu un problème de séparation qui consiste à déterminer, si elle existe, une inégalité valide qui est violée par la solution du programme linéaire courant. L'équivalence établie entre la séparation et l'optimisation sur un polyèdre a donné un essor important aux algorithmes de coupes. Ces techniques font souvent appel aux outils de la théorie des graphes ou de l'informatique théorique (algorithmique et théorie de la complexité) pour résoudre les problèmes d'optimisation combinatoire difficiles.

Il est parfois possible dans certains cas particuliers, d'obtenir la description complète de l'enveloppe convexe des solutions. Si le problème de séparation associé à cette description est polynomial, on prouve ainsi la polynomialité du problème dans ce cas particulier. Dans le cas contraire, on construit un algorithme mêlant méthode de coupes et branchement que l'on nomme algorithme de Branch-and-Cut (BC). Il est à noter que ces algorithmes sont parmi les plus efficaces pour résoudre des problèmes d'optimisation combinatoire et de recherche opérationnelle. Ils ont permis par exemple de résoudre des instances de très grande taille du problème du voyageur de commerce ou du problème de la coupe maximale.

- *Les méthodes de génération de colonnes*: on peut voir ces méthodes comme l'approche duale de l'approches polyédrales. En effet, elles consistent à manipuler des PLNE possédant un nombre exponentiel de variables (appelées aussi colonnes). Ces méthodes sont construites à partir d'un problème maître qui contient les contraintes couplantes et d'un problème auxiliaire qui contient les contraintes spécifiques locales. Comme pour les méthodes de coupes, la méthode de génération de colonnes consiste à générer itérativement des variables de manière à résoudre peu à peu la relaxation linéaire du PLNE (on parle de méthode de pricing). Les variables sont générées en fonction du coût réduit correspondant aux contraintes du programme maître. Il est alors nécessaire de coupler le pricing avec une méthode de branchement, pour obtenir un algorithme de Branch-and-Price (BP). Les problèmes auxiliaires sont souvent difficiles à résoudre. Il est néanmoins possible d'utiliser des BC pour les résoudre efficacement.
- *Les méthodes de génération de coupes et de colonnes*: Une technique novatrice et puissante consiste à mêler les deux principes introduits jusqu'ici: on obtient alors des algorithmes de coupes et de colonnes et de branchements appelés *Branch-and-Cut-and-Price* (BCP). De tels algorithmes ont été utilisés avec succès pour les problèmes de tournées de véhicules par exemple.

Sujet de thèse :

Le problème THF

Le contexte proposé dans cette thèse nous permet d'étudier tout d'abord un sous-ensemble homogène d'unités de production que sont les unités de production thermiques à flamme. En cas de succès et à l'issue de ce travail, de nouveaux sous-problèmes avec un périmètre étendu pourraient être utilisés dans l'algorithme par décomposition actuel. Au-delà de ce travail, le choix des instances n'est pas restrictif et pourrait s'appliquer aux autres types d'unités de production en utilisant la même démarche. Ainsi, on se propose d'étudier le problème de l'UCP limité aux cas des unités thermiques à flamme (THF) en prenant en compte les contraintes couplantes supplémentaires qui sont les contraintes sur la demande de réserves tertiaires, les contraintes intra-sites et les contraintes inter-sites (CCG) ; ce qui n'a pas été fait jusqu'ici.

En effet, ce problème est intéressant pour deux raisons :

- il serait utile de pouvoir résoudre efficacement le sous-problème correspondant à ces unités dans le cadre de la méthode de décomposition par relaxation lagrangienne. La résolution des sous-problèmes thermiques étant réalisée aujourd'hui par programmation dynamique, elle ne permettra pas de prendre en compte plusieurs unités. Les pistes tentées pour utiliser la PLNE se sont limitées à la mise en place de formulations résolues par solveur commerciaux, elles ne permettent pas d'atteindre l'optimum en temps limité, même lorsqu'elles sont restreintes en ne prenant pas en compte de nouvelles contraintes couplantes.
- Ce problème est un cas particulier du problème UCP global : nous approfondirons son étude en prenant en compte les contraintes couplantes de demande de puissance ainsi que de réserves primaire et secondaire mais aussi tertiaire. L'objectif est de proposer un point de départ pour des méthodes permettant à plus long terme de prendre en compte tous les aspects de l'UCP.

Nous proposons pour cela, de mener une étude fine de la structure combinatoire du problème THF. Cette étude permet d'utiliser la programmation mathématique et plus précisément d'étudier des programmes linéaires en nombre entier (PLNE) modélisant le THF. Si cet outil permet difficilement de prendre en compte les aspects non-linéaires de l'UCP (comme les contraintes non-linéaires de gradients et de démarrage), la PLNE constitue un outil puissant pour les problèmes combinatoires. Il ne s'agit pas d'utiliser les boîtes noires que constituent les solveurs commerciaux mais bien d'étudier spécifiquement les aspects combinatoires de l'UCP dans le but de construire des algorithmes dédiés. En pratique, nous étudierons des formulations comportant un nombre exponentiel d'inégalités et/ou de variables qui ont fait leur preuve pour résoudre très efficacement de nombreux problèmes NP-difficiles classiques (TSP, coloration, tournées de véhicules, stable, sac-à-dos,...). L'objectif est de résoudre exactement les instances du problème THF en conservant le maximum des contraintes pratiques du problème (Min-up/Min-down, intra-sites, inter-sites,...). Pour cela, nous mettrons en œuvre à la fois des approches polyédrales et de génération de colonnes combinées à des méthodes de branchement. Il apparaît en effet que l'UCP possède les bonnes caractéristiques combinatoires pour une telle approche : dans [11] Lee, Leung and Margot ont proposé une approche polyédrale ainsi qu'un algorithme polynomial pour un cas particulier du THF limité aux seules contraintes min-up/min-down. Il est donc intéressant d'étendre ces résultats au cas réel du THF.

La méthodologie :

Plusieurs PLNE modélisant l'UCP peuvent être rencontrés dans la littérature [8] [11] [13] [14] [18]. Chacun d'entre eux prend en compte une partie très restreinte des contraintes du problème. Nous proposons d'étudier la formulation proposée en [11] afin d'intégrer les différentes contraintes du problème THF décrit plus haut. Cette formulation sera utilisée dans le cadre d'une approche polyédrale afin de concevoir un algorithme de Branch-and-Cut et dans le cadre d'une génération de colonnes afin de concevoir un algorithme de Branch-and-Cut-and-Price. En effet, il est intéressant dans le cadre de l'UCP de comparer l'efficacité des algorithmes de BC et BCP. En général, les formulations entières menant à des approches polyédrales ont une meilleure relaxation linéaire que les approches par génération de colonnes, mais ici, le problème de l'UCP contient énormément de symétries, c'est-à-dire de solutions très proches ayant un coût quasi-identique (des plans de production d'une unité avec peu de différence par exemple). Ces symétries gênent la convergence des algorithmes de BC en entraînant

un grand nombre de nœuds dans l'arbre de branchement. A l'opposé, les méthodes de BCP contournent le problème dû à certaines symétries, mais créent d'autres problèmes de convergence (lors de la génération de colonnes).

Nous prévoyons de mettre en pratique plusieurs principes assez récents afin de contourner les problèmes cités : le branchement orbitopal pour le BC et l'ajout d'inégalités dans le programme maître pour le BCP.

Nous pouvons diviser le travail à effectuer en trois objectifs principaux :

- *Objectif 1 - Résolution du sous-problème THF apparaissant dans les méthodes de décomposition, en utilisant une approche polyédrale et un algorithme de Branch-and-Cut.*

On appelle ici k -THF, le problème THF limité à k unités où k est un nombre réduit et où la contrainte de demande n'est pas prise en compte : le problème k -THF est en fait le sous-problème utilisé dans le cadre des méthodes de décomposition (dite par les prix) que sont la décomposition par relaxation lagrangienne classique ou la méthode de BCP proposée dans l'Objectif 3 de cette thèse. Le k -THF comprend donc les contraintes de couplage disjonctives inter- et intra-sites, ainsi que les contraintes de palier et de setup.

Nous souhaitons nous intéresser en premier au cas particulier 1-THF. En effet, Lee, Leung and Margot ont décrit dans [11] le polyèdre des marches-arrêts d'une unité de production sous contraintes Min-Up/Min-Down, c'est-à-dire un problème proche du 1-THF. De plus, ils ont exhibé un algorithme de séparation polynomial pour cette description, prouvant ainsi que ce cas particulier est polynomial. Nous proposons d'étendre ces résultats théoriques (analyse polyédrale, algorithme de coupes et complexité) au problème 1-THF comprenant les contraintes de palier et de setup. Cette formulation contient un nombre exponentiel d'inégalités qui peut être résolue par une méthode de coupes. En s'appuyant sur ces travaux, nous souhaitons mettre en œuvre un algorithme de BC pour le problème 1-THF, en utilisant un programme entier comportant un nombre exponentiel d'inégalités.

La littérature [8] [18] propose une formulation entière pour le problème k -THF à fonction de coût linéaire limité à certaines contraintes (coût de setup). Dans [14], les auteurs présentent une formulation entière pour k -THF contenant un nombre polynomial d'inégalités. En d'autres termes, cet objectif revient à étudier comment étendre la formulation mise au point pour le 1-THF au k -THF. De plus, nous étudierons comment prendre en compte les contraintes couplantes dites intra-sites et inter-sites afin de concevoir un algorithme de BC pour le k -THF.

Cet objectif 1 (ou une partie de cet objectif) pourra faire l'objet d'un stage de dernière année préalable à la thèse.

- *Objectif 2 - Résolution du problème THF sans décomposition par un algorithme de BC.*

Un autre sujet intéressant est d'aborder frontalement le problème THF par une approche sans décomposition. En fait le problème THF est obtenu à partir du n -THF en ajoutant la prise en compte de la demande et en considérant les n unités d'une instance du THF, où n est un nombre pouvant être important. L'objectif est de prendre en considération la demande en puissance, en réserve primaire et secondaire, ainsi qu'en tertiaire. La difficulté de cette résolution frontale est induite par la combinatoire importante de structures symétriques qui apparaissent dans le problème : en particulier en considérant des groupes homogènes d'unités de production ou des états de fonctionnement équivalents. Nous envisageons ici d'étudier différentes techniques et en particulier, comme présenté dans [13] [15], d'utiliser des techniques dites de branchement orbitopal qui sont parfaitement adaptés à ce problème. Il est également envisageable de proposer des techniques de linéarisation pour prendre en compte des termes quadratiques ou non-linéaires apparaissant dans la fonction de coût.

- *Objectif 3 - Résolution du problème THF par un algorithme de Branch-and-Cut-and-Price.*

Comme évoqué dans le premier objectif, une autre approche pour le problème THF est d'utiliser une technique de BCP dont le problème auxiliaire est un k -THF et où le problème maître est un PLNE dit de type "Set Partitioning". Cette dénomination est utilisée pour désigner la structure sous-jacente du problème maître qui doit arbitrer entre les unités et les pas de temps pour décider d'affecter de la production : on retrouve cette structure dans plusieurs problèmes célèbres comme le problème de tournées de véhicules (VRP) ou de coloration. Ainsi, dans ce cadre de décomposition, les variables

du problème maître et du problème auxiliaire sont toutes deux discrètes. Sous l'hypothèse de coût de production linéaire, il serait très intéressant de mettre en œuvre une méthode de BCP qui permette d'allier la puissance des algorithmes de coupes à celle des algorithmes de génération de colonnes. Cette méthode est rarement mise en œuvre à cause de la difficulté de prise en compte, dans le problème auxiliaire, des coûts duaux des inégalités additionnelles du problème maître. Nous proposons d'utiliser la technique présentée dans le cadre du VRP [17] pour cette prise en compte. Il s'agit d'utiliser un algorithme de BC pour résoudre le problème auxiliaire en lui ajoutant des inégalités et des variables additionnelles : nous utiliserons ainsi l'algorithme de BC proposé dans l'objectif 1.

Nous comparerons alors expérimentalement les algorithmes de BC et BCP obtenus sur des instances du problème THF. Cette étude comparative permettra de mettre en évidence la qualité des méthodes en fonction de la difficulté des instances (présence de symétries, prise en compte des différentes contraintes,...).

Perspectives des travaux :

Au delà de ces trois objectifs bien délimités, ce sujet de thèse ambitionne de proposer une nouvelle méthode de résolution pour l'UCP. En effet, ce problème a longtemps été considéré comme un problème où les aspects concernant l'optimisation continue sont dominants. Les dernières études ont montré qu'une prise en compte approfondie des aspects combinatoires de l'UCP est en fait nécessaire. Si l'étude et les méthodes de résolution issues de ces travaux de thèse s'avèrent pertinentes, il est tout à fait envisageable de les étendre aux autres catégories d'unités de production électrique et ainsi à l'UCP tout entier.

Dans le cas heureux où l'une de ces méthodes voisines (BC ou BCP) seraient performantes pour l'UCP tout entier, ce cadre aurait l'avantage d'être facilement adaptables aux nouvelles contraintes pratiques qui apparaissent avec les changements de technologie de production électrique: en effet, l'ajout de nouvelles contraintes peuvent alors être mises en œuvre en les introduisant dans le problème maître ou le problème auxiliaire par l'utilisation d'inégalités spécifiques accompagnées de leurs algorithmes de séparation. Ce cadre très maniable est très exactement celui qui a permis de réunir les idées de plusieurs centaines de chercheurs au sein du fructueux projet Concorde pour le problème du voyageur de commerce, ou qui permet continuellement de la prise en compte d'améliorations venant de nouvelles équipes au sein des solveurs PLNE (Cplex, Gurobi, Scip,...).

Candidature de thèse :

Le profil recherché

Le candidat devra être intéressé par l'étude théorique de problèmes d'optimisation combinatoire ainsi que un goût pour la mise œuvre informatique de ces méthodes.

- Connaissances requises : deuxième année de Master Recherche ou troisième année d'école d'ingénieur
- Profil : Mathématiques appliquées, Informatique, Optimisation combinatoire, RO
- Informatique : C, C++ (ou autre langage équivalent)

Les conditions matérielles :

Cette thèse est réalisée dans le cadre d'une collaboration entre EDF R&D-OSIRIS et le Lip6 et est précédée d'un stage.

- Lieux de la thèse :
 - EDF R&D, 1 avenue du Général de Gaulle, 92140 Clamart cedex
 - LIP6, Université Pierre et Marie Curie, 4 pl Jussieu, 75005 Paris
- Les sites sont accessibles par transports en commun.
- Durée : Thèse CIFRE d'une durée de 3 ans à partir de septembre 2014.
- Rémunération : selon école

Les renseignements complémentaires :

Pascale Bendotti (EDF R&D, département OSIRIS) tel : 01.47.65.58.79 e-mail : pascale.bendotti@edf.fr
Pierre Fouilhoux (UPMC, LIP6, équipe RO) tel : 01.44.27.87.96 e-mail : pierre.fouilhoux@lip6.fr

References

- [1] Boillot A. Modélisation de la production électrique hydraulique à court terme. Rapport stage Ingénieur (2012).
- [2] Brahim. Modélisation du thermique en PLNE. Approche frontale. Rapport stage M2 (2009).
- [3] Coussirou J. Application de la décomposition de Danzig-Wolfe au problème de placement journalier de la production thermique. Rapport stage Ingénieur (2012).
- [4] Doukopoulos G., J. Quenu. APOGENE : Modélisation de l'hydraulique en discret. Rapport EDF H-R36-2009-01392-FR.
- [5] Dupin N., Bendotti P. and Simovic T. Integer linear programming reformulation of the Unit Commitment Problem with minimum stop constraints. In Proc. COPI (2011).
- [6] Gorge A. Programmation semi-définie : méthodes et algorithmes pour le management d'énergie. Rapport de thèse (2013).
- [7] Fercocq O. Modélisation de l'hydraulique et valorisation des offres d'ajustement en infra-journalier. Rapport de stage M2 (2009).
- [8] Hedman K.W., O'Neill R.P. and Oren S.S. Analyzing valid inequalities of the generation unit commitment problem. Power Systems Conference and Exposition, PSCE '09. IEEE/PES 1-6 15-18 (2009).
- [9] Jambois D. Modélisation du parc thermique en PLNE et calcul des apports fictifs sur les grandes vallées pour le problème court-terme. Rapport stage long de césure (2013).
- [10] N. Krislock, J. Malick and F. Roupin. Improved semidefinite bounding procedure for solving Max-Cut problems to optimality. To appear in Mathematical Programming A (2012).
- [11] Lee J., Leung J. and Margot F. Min-up/min-down polytopes. Discrete Optimization 1(1): 77-85 (2004).
- [12] Lemarechal C. and Oustry, F. Semidefinite relaxations and Lagrangian duality with application to combinatorial optimization. RR-3710, INRIA Rhone-Alpes (1999).
- [13] Ostrowski J., Anjos M.F and Vannelli A. Symmetry in Scheduling Problems. http://www.optimization-online.org/DB_HTML/2010/11/2824.html (nov 2010).
- [14] Ostrowski J., Anjos M.F and Vannelli A. Tight Mixed Integer Linear Programming Formulations for the Unit Commitment Problem. IEEE Transactions on Power Systems, , vol.27, no.1, 39-46 (2012).
- [15] Ostrowski J., Linderoth J., Rossi F. and Smriglio S., Orbital branching. Mathematical Programming 126 (1) pp. 147-178 (2011).
- [16] Quenu J. Description de la modélisation du problème de gestion de la production court-terme de l'outil CCGène. Rapport EDF H-R36-2011-00074-FR.
- [17] Questel A., Fouilhoux P. and Michel Loyal S. Générer des colonnes par un algorithme de branch-and-cut : application au problème de couverture par des anneaux-étoiles multi-dépôts. Congrès de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision ROADEF (2013).
- [18] Rajan D. and Takriti S. Minimum up/down polytopes of the unit commitment problem with start-up costs IBM Research Report RC23628 (2005).