

Comparaison de Stochastic Dual Dynamic Programming et Progressive Hedging pour la modélisation des marchés du gaz naturel

Ilyes Mezghani

Guillaume Erbs

Ibrahim Abada

ENGIE

ilyes.mezghani@gmail.com, {ibrahim.abada, guillaume.erbs}@engie.com

Mots-clés : *optimisation stochastique multi-étapes, sddp, progressive hedging, marchés du gaz naturel*

1 Les marchés du gaz naturel font face à de nombreuses incertitudes

La programmation linéaire est largement utilisée pour la modélisation des systèmes énergétiques. Un marché en concurrence pure et parfaite, dans lequel différents acteurs maximisent leur profit en résolvant chacun un programme linéaire, peut être représenté par un planificateur central qui cherche à satisfaire la demande à moindre coût. Le coût marginal de la contrainte de satisfaction de la demande fixe le prix de marché (voir par exemple [4]).

Par ailleurs, les marchés énergétiques font face à de nombreuses incertitudes. Dans le cas des marchés du gaz naturel, l'incertitude sur la consommation, qui est corrélée avec la température, est le facteur le plus important. Prendre en compte les incertitudes est crucial pour une bonne optimisation des actifs de stockage ainsi que des contrats. En effet, les acteurs du marché doivent constamment arbitrer entre utiliser le gaz en stock ou l'acheter (via un contrat ou sur les marchés) pour satisfaire la consommation. De même, les contrats sont souvent caractérisés par un volume minimum à prendre sur une période donnée (généralement 1 an), ce qui implique une gestion similaire à celles d'un stockage.

Ces caractéristiques du problème mènent à un programme linéaire stochastique multi-étapes, connu pour être difficile à résoudre.

2 Stochastic Dual Dynamic Programming et Progressive Hedging : deux algorithmes de l'état de l'art pour résoudre les programmes linéaires stochastiques multi-étapes

Stochastic Dual Dynamic Programming (SDDP) [6] se base sur une formulation de type programmation dynamique, appliquée à un ensemble de scénarios indépendants d'une période à l'autre. L'algorithme est basé sur la simulation de scénarios couplée avec une décomposition de type Benders pour construire des coupes approchant la fonction valeur du programme stochastique. Cet algorithme, qui possède également une implémentation commerciale du même nom appliquée à la gestion d'un système électrique, est très largement utilisé dans l'industrie électrique en raison de son efficacité à traiter les problèmes, en particulier dans les systèmes possédant un grand nombre de réservoirs hydro-électriques.

Progressive Hedging (PH) [7] est un autre algorithme conçu pour traiter les programmes stochastiques multi-étapes. A la différence de SDDP, PH se base sur une formulation par un

arbre de scénarios du problème. Cette formulation comprend des contraintes dites de non-anticipativité, qui indiquent à chaque noeud de l'arbre de scénarios que l'on doit prendre une décision en se basant uniquement sur le passé. PH relâche ces contraintes en formant un Lagrangien augmenté, ce qui permet de décomposer le problème par scénario.

PH est généralement utilisé dans le cadre de programmes stochastiques linéaires en nombres entiers, car il permet de trouver de bonnes bornes. Il a également récemment été appliqué dans le cadre de la programmation linéaire continue pour la gestion de centrales hydro-électriques (par exemple, Dos Santos et al. (2009) [3], Goncalves et al. (2012) [5] et Carpentier et al. (2013) ([2, 1])). Cependant, dans ces travaux, aucune comparaison n'est réalisée avec SDDP.

3 Comparaison de SDDP et PH sur des instances de marchés du gaz naturel

Dans cet exposé, nous présenterons les deux algorithmes SDDP et PH. Nous les comparerons ensuite numériquement sur deux instances de marchés du gaz naturel, l'une très simple, l'autre plus grande et réaliste. Nos premiers résultats confirment la difficulté à obtenir en pratique une convergence rapide de PH (relevée dans la littérature, voir par exemple [8]). Sur les instances étudiées, SDDP permet d'obtenir de très bonnes solutions beaucoup plus rapidement que PH.

Références

- [1] P.-L. Carpentier, M. Gendreau, and F. Bastin. Long-term management of a hydroelectric multireservoir system under uncertainty using the progressive hedging algorithm. *Water Resources Research*, 49(5) :2812–2827, 2013.
- [2] P.-L. Carpentier, M. Gendreau, and F. Bastin. *Optimal Scenario Set Partitioning for Multistage Stochastic Programming with the Progressive Hedging Algorithm*. CIRRELT201355, Sep, 2013.
- [3] M. L. dos Santos, E. L. da Silva, E. C. Finardi, and R. E. Gonçalves. Practical aspects in solving the medium-term operation planning problem of hydrothermal power systems by using the progressive hedging method. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 31(9) :546–552, 2009.
- [4] S. Gabriel and Y. Smeers. *Complementarity problems in restructured natural gas markets*. Springer, 2006.
- [5] R. E. Gonçalves, E. C. Finardi, and E. L. da Silva. Applying different decomposition schemes using the progressive hedging algorithm to the operation planning problem of a hydrothermal system. *Electric Power Systems Research*, 83(1) :19–27, 2012.
- [6] M. V. Pereira and L. M. Pinto. Multi-stage stochastic optimization applied to energy planning. *Mathematical Programming*, 52(1-3) :359–375, 1991.
- [7] R. T. Rockafellar and R. J.-B. Wets. Scenarios and policy aggregation in optimization under uncertainty. *Mathematics of operations research*, 16(1) :119–147, 1991.
- [8] J.-P. Watson and D. L. Woodruff. Progressive hedging innovations for a class of stochastic mixed-integer resource allocation problems. *Computational Management Science*, 8(4) :355–370, 2011.