

ROADEF 2013, Optimisation robuste d'un parc autonome de production d'électricité

Alain Billionnet¹, Marie-Christine Costa², Pierre-Louis Poirion³

¹ ENSIIE(Evry)-CEDRIC, 1 Square de la Résistance F-91025 Évry Cedex France
Alain.Billionnet@ensiie.fr

² ENSTA ParisTech-CEDRIC, 828, Boulevard des Maréchaux 91762 Palaiseau Cedex
Marie-Christine.Costa@ensta-paristech.fr

³ CNAM-CEDRIC, 292 rue St Martin FR-75141 Paris Cedex 03
Pierre-Louis.Poirion@ensta-paristech.fr

Mots-clés : *optimisation combinatoire robuste, énergies renouvelables, programmation dynamique.*

1 Introduction

Le développement des énergies renouvelables engendre de nouveaux problèmes complexes d'optimisation combinatoire tels que la conception d'un système d'énergie hybride autonome. Ces systèmes impliquent plusieurs sources d'énergie, voir par exemple [2, 3] et [4]. Dans cette présentation, nous étudions l'optimisation de la conception d'un système hybride possédant des panneaux photovoltaïques, des éoliennes, des batteries et un générateur à diesel. En outre, le comportement aléatoire du vent et du soleil, ainsi que de la demande des clients, doit être pris en compte et il faut donc chercher une solution robuste. L'objectif est de déterminer le design du parc permettant de répondre à la demande D_t pour chaque période t , tout en minimisant le coût du pire scénario associé au parc choisi. Suivant l'approche de [1] et [5], nous considérons que les données incertaines varient entre des bornes connues et, nous limitons la variation globale ces données. Nous supposons ici qu'il y a un seul type d'éoliennes et de panneaux photovoltaïques, définis respectivement par leur production nominale d'énergie E_t^w et E_t^p (pour tout t) et par leurs coûts unitaires C^w et C^p . Une batterie est définie par sa capacité maximale de stockage CAP , sa capacité minimale CAP_{min} , son coefficient de rendement γ , sa charge et sa décharge maximale par unité de temps, E^{in} et E^{out} ainsi que par son coût C^b . Le coût C^{aux} par kW-h, de l'énergie produite par le générateur auxiliaire à diesel est tel que le coût total est très élevé en cas de recours à cette source d'énergie.

2 Le modèle robuste

Le problème sans incertitude se modélise par un programme linéaire mixte dans lequel les variables :

x^p, x^w et x^b , sont respectivement les nombres (entiers) de panneaux photovoltaïques, d'éoliennes et d'éléments de batterie à installer,

e_t^{in} est la quantité totale d'énergie chargée dans la batterie et e_t^{out} est la quantité totale déchargée de la batterie, entre les instants t et $t + 1$,

e_t^{bat} est la charge totale de la batterie à l'instant t , et

e_t^{aux} est la quantité d'énergie produite par le générateur à diesel, entre t et $t + 1$.

Dans un souci de clarté de notre présentation, nous supposons dans un premier temps que seule la demande varie, dans un domaine \mathcal{D} . Le programme mathématique robuste peut s'écrire :

$$(PROB) \quad \left| \begin{array}{l} \min_{x \in \mathcal{P}^x} C^s x^s + C^w x^w + C^b x^b \\ + \max_{D \in \mathcal{D}} \min_e C^{aux} \sum_{t=1}^T e_t^{aux} \\ E_t^s x^s + E_t^w x^w - e_t^{in} + \gamma e_t^{out} + e_t^{aux} \geq D_t \quad t = 1..T, \\ e \in \mathcal{P}^e \end{array} \right.$$

Où \mathcal{P}^x représente les contraintes dues au terrain, qui limitent les nombres d'équipements et où \mathcal{P}^e représente les contraintes liées au fonctionnement de la batterie. La résolution du problème robuste (*PROB*) demande la résolution d'un problème de recours $R(x)$ correspondant au problème robuste pour des valeurs de x fixées. Dans le cas général, $R(x)$ s'écrit comme un programme linéaire mixte en nombres entiers qui est difficile à résoudre (cf. [7]). Nous montrons que dans notre cas particulier, on peut obtenir une solution optimale du problème de recours en temps polynomial grâce à un algorithme de programmation dynamique. Une méthode de génération de contraintes permet alors de résoudre (*PROB*).

3 Résultats

Nous présentons les résultats obtenus pour des données réelles fournies dans [6], dans le cas d'incertitudes portant à la fois sur la demande et sur la production d'énergie par les éoliennes et les panneaux photovoltaïques

Références

- [1] D. Bertsimas and M. Sim. The price of robustness. *Operations Research*, 52 :35-53, 2004.
- [2] A. Gupta, R. P. Saini and M. P. Sharma. Modelling of hybrid energy system. *Renewable Energy*, 36 : 459-481, 2011.
- [3] I. Mustakerov and D. Borissova. Wind turbines type and number choice using combinatorial optimization. *Renewable Energy*, 35 : 1887-1894, 2010.
- [4] J. S. Gonzalez, A. G. Gonzalez Rodriguez, J. C. Mora, J. R. Santos and M. B. Payan. Optimization of wind farm turbines layout using an evolutive algorithm, *Renewable Energy*, 35 : 1671-1681, 2010.
- [5] A. Thiel, T. Terry, and M. Epelman. Robust Linear Optimization With Recourse, available on line : [http : //www.optimization – online.org/DB_HTML/2009/03/2263.html](http://www.optimization-online.org/DB_HTML/2009/03/2263.html), 29 p., 2010
- [6] Homer Energy, Energy Modeling Software for Hybrid Renewable Energy Systems, available on line : [http ://www.homerenergy.com/](http://www.homerenergy.com/), 2011.
- [7] M. Minoux. On 2-stage robust LP with RHS uncertainty : complexity results and applications. *Journal of Global Optimization*, 49 :521-537, 2011.