Conception de câblages robustes dans les parcs éoliens : recherche d'une Arborescence de Steiner "robuste"

Cédric Bentz, Marie-Christine Costa, Daniel Cosmin Porumbel, Thomas Ridremont

▶ **To cite this version:**

Cédric Bentz, Marie-Christine Costa, Daniel Cosmin Porumbel, Thomas Ridremont. Conception de câblages robustes dans les parcs éoliens : recherche d'une Arborescence de Steiner "robuste". 17ème congrès ROADEF, Université de Technologie de Compiègne, Feb 2016, Compiègne, France. hal-02462704

HAL Id: hal-02462704
https://hal.science/hal-02462704

Submitted on 6 Feb 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Conception de câblages robustes dans les parcs éoliens : recherche d'une Arborescence de Steiner "robuste"

Cédric Bentz[1], Marie-Christine Costa[12], Daniel Porumbel[1], Thomas Ridremont[1]

[1] CEDRIC, CNAM, Paris, France
{cedric.bentz,daniel.porumbel,thomas.ridremont}@cnam.fr
[2] ENSTA Paris-Tech, Paris, France
{marie-christine.costa}@ensta-paristech.fr

Mots-clés : *recherche opérationnelle, optimisation, arborescence de Steiner, programmation linéaire en nombres entiers, théorie des graphes.*

1 Problème étudié

Nous nous intéressons à la conception de réseaux de collecte d'énergie produite dans les parcs éoliens : nous cherchons à élaborer un câblage permettant de router l'énergie produite par les éoliennes jusqu'à une sous-station. Ce problème de câblage peut être modélisé comme un problème de graphe : le problème de l'arborescence de Steiner. Etant donné un graphe connexe $G = (V, E)$ muni d'une fonction de coût sur les arêtes, d'un sous-ensemble de *terminaux* $T \subset V$ et d'un sommet particulier $r \in V \setminus T$ appelé *racine*, ce problème consiste à trouver un sous-graphe de coût minimal tel qu'il existe un chemin allant de la racine vers chaque terminal.

Le problème de l'arbre de Steiner a été largement étudié dans la littérature [1, 2, 3]. Le problème de l'arborescence de Steiner avec capacités (une quantité maximale d'énergie peut circuler à travers un câble) a également été étudié dans le cas du câblage éolien [4, 5].

Nous abordons ici un autre aspect de ce problème : nous cherchons à créer un réseau robuste. Nous disons ici qu'un réseau arborescent est *robuste* si le nombre d'éoliennes déconnectées de la sous-station lors d'une panne sur un câble est le plus petit possible. Chercher un réseau arborescent robuste revient donc à chercher à minimiser l'énergie perdue en cas de panne d'un câble, dans le pire des cas. Dans un premier temps, nous supposons qu'une seule liaison peut tomber en panne à un instant donné. Notre problème peut alors être formulé ainsi :

Problème de l'arborescence de Steiner Robuste (PASR)
Données : un graphe connexe G=(V,E), un sous-ensemble de sommets $T \subset V$ appelés terminaux et un sommet $r \in V \setminus T$.
Problème : Trouver une arborescence de Steiner S couvrant T telle que la suppression du "pire" arc de S déconnecte un nombre minimal de terminaux.

Une solution de PASR minimise donc le nombre de terminaux déconnectés lors d'une panne sur un arc dans le pire des cas.

2 Application et résultats

Nous montrons que le problème de décision associé à PASR est NP-Complet au sens fort (même pour le cas couvrant où $T = V$) à travers une réduction polynomiale à partir du problème de 3-Partition.

Nous proposons ensuite un programme linéaire en nombres entiers destiné à résoudre PASR. Le coût d'un câblage robuste étant parfois largement supérieur au coût du câblage non-robuste de coût minimum, nous avons ajouté à notre modèle une borne sur le coût total d'une solution. Nous avons testé ce modèle sur des données réelles de parcs éoliens. Les réseaux obtenus minimisent les pertes d'énergie dans le pire des cas mais peuvent être très mauvais vis-à-vis de la minimisation des pertes dans le cas moyen. Nous proposons différents modèles permettant d'optimiser le cas moyen, une borne sur le nombre maximal de terminaux pouvant être déconnectés par une simple panne étant ajoutée à la borne sur le coût total.

Les solutions obtenues montrent que l'on peut améliorer la robustesse de façon importante sans augmenter le coût de la solution de plus de 20%.

3 Perspectives

Nous poursuivons actuellement ce travail sur les réseaux robustes. Il s'agit de prendre en compte le cas où plusieurs pannes peuvent se produire simultanément. Nous étudions la conception de réseaux tels qu'aucune éolienne ne puisse être déconnectée de la racine par moins de k pannes. La possibilité de protéger un nombre limité de câbles d'une éventuelle panne sera également prise en compte (problèmes de type min-max ou min-max-min).

Références

[1] X. Cheng et Ding-Zhu Du. *Steiner Trees in Industry.* Springer, 2002.

[2] D. Du, J.M. Smith et J.H. Rubinstein. *Advances in Steiner Trees.* Comb. Opt. Vol. 6. Springer, 2000.

[3] Michel X Goemans et Young-Soo Myung. *A catalog of steiner tree formulations.* Networks, 23(1) :19-28, 1993.

[4] Cédric Bentz, M-C Costa, Alain Hertz, et P-L Poirion. *Cabling optimization of a windfarm and capacitated k-steiner tree.* Conférence Gaspard Monge Program for Optimization - Conference on Optimization and Practices in Industry : PGMO-COPI'14, 2014.

[5] Alain Hertz, Odile Marcotte, Asma Mdimagh, Michel Carreau, et Francois Welt. *Optimizing the design of a wind farm collection network.* INFOR : Information Systems and Operational Research, 50(2) :95-104, 2012.