

# Localisation optimale de capteurs dans un réseau point-à-point

M.C. Costa<sup>1</sup>, A. Faye<sup>2</sup>, E. Gressier<sup>1</sup> et T. Hardy<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CEDRIC-CNAM, 292, rue Saint-Martin, 75003 Paris  
(costa,gressier)[@cnam.fr](mailto:costa,gressier@cnam.fr)

<sup>2</sup> ENSIIE, CEDRIC, 18, allée Jean Rostand, 91000 Evry  
(fayea,hardy)[@ensii.fr](mailto:fayea,hardy@ensii.fr)

**Mots-clefs :** réseaux de capteurs, optimisation dans les graphes, programmation linéaire en nombres entiers.

## 1 Présentation du problème

Cette étude porte sur certains problèmes pratiques rencontrés aujourd'hui par les entreprises dans l'installation de réseaux de capteurs sans fil, comme par exemple dans le développement des réseaux Zigbee (cf [2]). Plus précisément, elle concerne l'installation par EDF de réseaux de capteurs point-à-point installés le long de conduites forcées.

De l'information doit être transmise depuis un point E dit Emetteur jusqu'à un point R dit Récepteur via un réseau sans fil. Le but est ici de placer un certain nombre de capteurs, engendrant un coût minimal, pour que l'intégralité de l'information soit transmise. Chaque capteur a un rayon d'action  $r$  limité, et il ne peut transmettre son information à un autre capteur que si celui-ci est dans son rayon d'action.

Ainsi, de proche en proche, l'information doit partir de l'émetteur, aller de capteur en capteur, jusqu'à arriver au récepteur.

Il y a cependant des contraintes quant au placement des capteurs : en effet, il existe des zones dans l'espace qu'on appellera des trous, qui pour des raisons concernant le milieu extérieur (par exemple zone montagneuse ou zone de perturbations électromagnétiques), ne peuvent pas être traversées par une onde du réseau.

Les capteurs doivent donc être placés hors des trous, et deux capteurs ne peuvent communiquer que s'il n'existe pas de trous entre eux (c'est-à-dire que si la ligne droite reliant les deux capteurs ne traverse pas un trou).

De plus, l'information qui doit être transmise est divisée en un certain nombre  $M$  de messages indivisibles par unité de temps (par exemple par heure), chacun demandant une énergie donnée aux capteurs qu'elle traverse. Chaque capteur a une capacité d'énergie qui ne lui permet que d'accepter un nombre limité de messages par unité de temps (cf [1]). Il peut donc être nécessaire de passer par différents chemins pour que la totalité de l'information puisse être transmise.

Le placement retenu pour les capteurs doit minimiser le coût total d'installation de ces capteurs, tout en respectant les contraintes dues au rayon d'action des capteurs, aux trous éventuels et à l'énergie nécessaire à l'envoi de l'information par rapport à la capacité des capteurs.

On décide de limiter le placement des capteurs à un nombre de sites possibles finis : il s'agit alors de choisir quels sites abriteront des capteurs et quels sites n'en abriteront pas.

## 2 Résultats présentés

On va diviser le problème en deux versions : tout d'abord, la version la plus simple, pour laquelle on est libéré des contraintes de capacités d'énergie (on suppose alors que chaque capteur a une capacité suffisante pour faire passer tous les messages nécessaires). Puis une seconde version où la capacité des capteurs peut arriver à saturation. Les contraintes de capacités des capteurs seront alors à rajouter au premier problème. Ce découpage du problème est justifié par le fait que ces deux énoncés donnent lieu à des études et à des solutions très différentes : alors que dans le

premier cas, il suffit de trouver le chemin optimal, il s'agit dans le second cas de trouver le flot optimal, car un unique chemin peut ne pas suffire.

Pour chacune de ces deux versions du problème, nous étudierons le cas où tous les capteurs sont identiques avant de considérer plusieurs types de capteurs (trois ou quatre) se différenciant par leur capacité et leur rayon d'action. Le coût d'installation d'un capteur dépend à la fois de son type et du lieu où il doit être placé.

Nous montrons dans cette présentation plusieurs modèles associés aux différents cas. Les méthodes de résolution sont ensuite fondées sur des outils classiques de recherche opérationnelle. Nous montrons que certains cas simples se ramènent à la recherche d'un chemin optimal ou d'un flot maximal de coût minimal dans un réseau de transport. Enfin, le cas le plus général est traité par un programme linéaire en nombres entiers.

## Références

1. P. Baraud, D. Terrentroy. Les réseaux de capteurs et la gestion d'énergie, 26pp. (2006)
2. G. Chegaray. Zigbee : une technologie radio pour les réseaux de capteurs, *Groupe France Télécom : R&D, éclairer l'avenir*, n°23, 44-46. (2005)