Une méthode de génération de colonnes pour la planification des capteurs dans un processus de collecte d'informations

Duc-Manh Nguyen, Frédéric Dambreville, Abdelmalek Toumi,
Jean-Christophe Cexus, Ali Khenchaf

▶ **To cite this version:**

Duc-Manh Nguyen, Frédéric Dambreville, Abdelmalek Toumi, Jean-Christophe Cexus, Ali Khenchaf. Une méthode de génération de colonnes pour la planification des capteurs dans un processus de collecte d'informations. Conférence ROADEF 2013, Feb 2013, Troyes, France. 2 p. hal-00802721

HAL Id: hal-00802721
https://ensta-bretagne.hal.science/hal-00802721

Submitted on 20 Mar 2013

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.

Une méthode de génération de colonnes pour la planification des capteurs dans un processus de collecte d'informations

Duc Manh Nguyen[1], Frédéric Dambreville[1], Abdelmalek Toumi[1],
Jean-Christophe Cexus[1], Ali Khenchaf[1]

[1]Lab-STICC UMR CNRS 6285, ENSTA Bretagne
2 rue François Verny, 29806 Brest Cedex 9, France
{nguyendu, dambrefr, toumiab, cexusje, khenchal}@ensta-bretagne.fr

Mots-clés : *Collecte de l'information, Problème de tournées de véhicules, Génération de colonnes, Programmation linéaire mixte.*

1 Introduction

Dans le domaine de la planification et l'optimisation de ressources, la planification de capteurs est l'une des nombreuses applications qui présente un important challenge pour la communauté scientifique. La planification de capteurs est apparue avec l'amélioration significative de la technologie et de la capacité des capteurs, et nous pouvons citer les travaux fondateurs de Koopman [3, 4].

Dans ce papier, nous considérerons le problème de la planification de capteurs sous le contrôle d'équipes humaines. Le processus de planification est divisé en deux étapes : la première donne lieu à une définition du problème d'affectation par une déclinaison de demandes informelles en requêtes formalisées et conditionnées par des contraintes logiques, des contraintes de trajectoire des moyens d'acquisition et des contraintes temporelles ; la seconde correspond à la réalisation effective du processus d'optimisation. Dans ce type de planification, l'interaction humaine avec le processus d'optimisation est fondamentale.

À l'issue de la première étape, il s'agit d'optimiser les trajectoires d'un ensemble de capteurs afin de maximiser la réponse globale aux requêtes ainsi formalisées. Par la prise en compte de contraintes de trajectoires et de fenêtres temporelles, notre problème s'apparente à une tournée de véhicules avec fenêtres de temps (Vehicle Routing Problem with Time Windows - VRPTW). Toutefois, nous devons également prendre en compte des étapes de ravitaillement et une doctrine d'évaluation du plan. Notre problème pourrait être considéré comme une généralisation du VRPTW ; il s'agit d'un problème NP-complet. Pour résoudre ce problème, nous introduisons une approche basée sur la méthode de génération de colonnes [1, 2], qui apparait dans la littérature comme une méthode de choix pour résoudre le VRPTW. Dans le cadre des simulations réalisées, les résultats numériques obtenus montrent la pertinence et l'efficacité de notre approche.

2 Planification des capteurs pour une collecte d'indices

Formulation du problème. Nous distinguerons l'ensemble des requêtes noté F et l'ensemble des missions effectives $\mu(u)$ permettant la satisfaction d'une requête $u \in F$. À l'ensemble de toutes les missions effectives, noté M, s'ajoutent certains états spécifiques des capteurs : l'ensemble des points de départ S ; l'ensemble des points d'arrivée E et l'ensemble des centres de ravitaillement R. L'ensemble de tous les états est noté N :

$$M = \bigcup_{u \in F} \mu(u), \text{ et } N = S \cup M \cup R \cup E.$$

Enfin, K désigne l'ensemble des capteurs.

Notre problème peut se formuler comme une programmation linéaire mixte $0-1$, incluant de nombreuses contraintes, relatives notamment au critère d'évaluation (sommes et disjonctions), aux trajectoires, aux fenêtres temporelles et aux ravitaillements :

$$\max_{x,y,u,o,\alpha,\beta} \left(\sum_{u\in F} p_u \sum_{i\in\mu(u)} \sum_{k\in K} y_{ik} g_{ik} - \sum_{i\in N} \sum_{j\in N} \sum_{k\in K} \epsilon_1 (c_{ijk} + \epsilon_2 d_{ijk}) x_{ijk} \right)$$

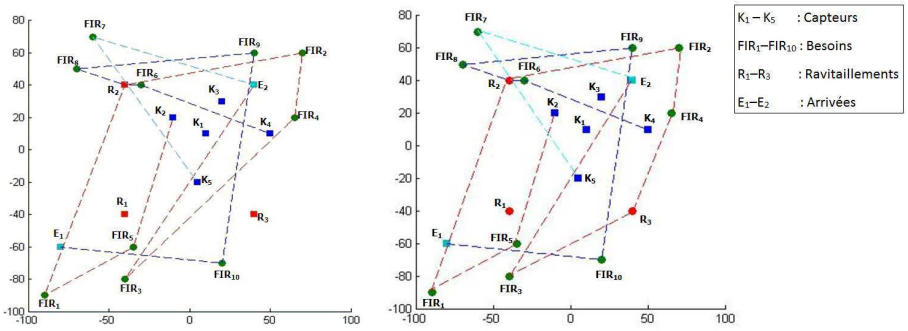
Sous les contraintes :

$$\begin{aligned}
&\sum_{i\in\mu(u)} \sum_{k\in K} y_{ik} \leq 1, \forall u \in F, && \textbf{[critère disjonctif]}\\
&y_{ik} + y_{jk} \geq 2x_{ijk}, \forall i,j \in N, k \in K, && \textbf{[contraintes de trajectoires]}\\
&1 + \sum_{i,j\in N} x_{ijk} = \sum_{i\in N} y_{ik}, \forall k \in K,\\
&\sum_{i\in N} x_{ihk} = \sum_{i\in N} x_{hjk}, \forall h \in M \cup R, k \in K,\\
&\omega_{jk} \geq \omega_{ik} + 1 + \infty \times (1 - x_{ijk}), \forall i,j \in N, k \in K,\\
&x_{ijk} = 0, \forall i \in N, k \in K, j \in S,\\
&x_{ijk} = 0, \forall j \in N, k \in K, i \in E,\\
&\sum_{i\in S(k)} y_{ik} = 1; \sum_{i\in E(k)} y_{ik} = 1, \forall k \in K,\\
&o_{ik} + \Delta_{ik} + t_{ijk} - \infty \times (1 - x_{ijk}) \leq o_{jk}, \forall i,j \in N, k \in K, && \textbf{[contraintes temporelles]}\\
&a_i \leq o_{ik}, o_{ik} + \Delta_{ik} \leq b_i, \forall k \in K, \forall i \in S \cup R \cup E,\\
&a_i \leq o_{ik}, o_{ik} + \Delta_{ik} \leq b_i, \text{ pour tout } k \in K \text{ et pour tout mission de reconnaissance } i,\\
&o_{ik} \leq a_i, b_i \leq o_{ik} + \Delta_{ik}, \text{ pour tout } k \in K \text{ et pour tout mission de surveillance } i,\\
&\alpha_{jk} \leq \beta_{ik} - c_{ijk} + \infty \times (1 - x_{ijk}), \forall i,j \in N, k \in K, && \textbf{[contraintes de ravitaillement]}\\
&\beta_{ik} = A_{ik}, \forall i \in S \cup R, \quad \text{(ravitaillement au départ ou en mission)}\\
&\beta_{ik} = \alpha_{ik}, \forall i \in M \cup E,\\
&x_{ijk} \in \{0,1\}, y_{ik} \in \{0,1\}, \alpha \geq 0, \beta \geq 0.
\end{aligned} \tag{1}$$

Une approche basée sur la génération de colonnes. Pour résoudre le problème présenté ci-dessus, nous introduisons une approche basée sur la méthode de génération de colonnes [1, 2], où nous proposons une formulation appropriée du problème de programmation entière.

Test	A	CPLEX		Génération de colonnes			
		Valeur objective	Temps CPU (s)	Valeur objective	Temps CPU (s)	Itérations	Colonnes
1	120	10039.9760	41.19	10039.9760	9.51	8	27
2	100	10039.9720	38.42	10039.9720	16.11	13	34
3	80	10030.9700	39.61	10030.9680	16.81	15	31

TAB. 1 – Résultats numériques.



(a) CPLEX (b) Génération de colonnes

FIG. 1 – Trajectoires des capteurs – niveau de ravitaillement $A = 80$.

3 Conclusion et perspectives

Dans le cadre des travaux futurs, nous envisageons d'étudier d'autres méthodes pour résoudre le sous-problème dans la génération de colonnes. En particulier, nous considérerons des heuristiques et métaheuristiques dédiées à la recherche des colonnes candidates. Nous envisageons également de paralléliser cette étape afin d'accélérer le temps de calcul.

Références

[1] J. Desrosiers, F. Soumis, and M. Desrochers, Routing With Time Windows by Column Generation, Networks 14 (1984), pp. 545–565.

[2] J. Desrosiers, F. Soumis, and M. Sauvé, Lagrangian Relaxation Methods for Solving the Minimum Fleet Size Multiple Traveling Salesman Problem With Time Windows, Mgmt. Sci. 34 (1988), pp. 1005–1022.

[3] B.O. Koopman, The theory of search. iii. the optimum distribution of searching effort, Operations Research 5(5) (1957), pp. 613–626.

[4] A.R. Washburn, Search for a moving target : The FAB algorithm, Operations Research 31(4) (1983), pp. 739–751.