

# Navigation contrainte pour formations de véhicules en environnement hostile ou incertain

François LUCAS<sup>1,2</sup>, Christophe GUETTIER<sup>1</sup>, Anne-Marie MILCENT<sup>1</sup>,  
Arnaud de LA FORTELLE<sup>2</sup>, Patrick SIARRY<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Sagem Défense Sécurité; 178 rue de Paris, 91344 Massy Cedex, France  
{christophe.guettier, anne-marie.milcent}@sagem.com

<sup>2</sup> Laboratoire CAOR; Mines ParisTech; 60 Boulevard Saint-Michel, 75272 Paris Cedex 06, France  
{arnaud.de\_la\_fortelle, francois.lucas}@mines-paristech.fr

<sup>3</sup> LiSSi (E.A. 3956); Université de Paris 12; 61 avenue du Général de Gaulle, 94010 Créteil Cedex, France  
siarry@univ-paris12.fr

**Mots-Clés** : *planification d'itinéraires, temps-réel, programmation par contraintes, colonies de fourmis, métaheuristiques, formations de véhicules, sonde.*

## 1 Contexte des travaux

Le thème abordé est celui de la planification sous contraintes d'itinéraires à la volée pour un véhicule militaire en mission. La problématique est de disposer de temps de résolution réduits pour satisfaire les exigences d'un système quasi temps-réel.

## 2 Problème et modélisation

Nous considérons la modélisation de l'environnement sous forme d'un graphe dont les sommets représentent des points géographiques (ils peuvent être définis par leurs coordonnées GPS par exemple) et les arêtes représentent des axes de progression permettant de se rendre d'un point à un autre (par exemple une route ou un terrain sans obstacle). Pour conserver un temps de résolution raisonnable, nous imposons une limite dans la taille du graphe, correspondant à un horizon d'observabilité du terrain. Plusieurs types de contraintes peuvent être ajoutés : énergie (quantité de carburant consommée et restante), vulnérabilité (risque d'exposition à une menace), synchronisation (contraintes temporelles)... qui sont fonction de la topologie du terrain et de la mission.

Notre objectif, étant donné un point de départ et un objectif à atteindre, est d'optimiser une ou plusieurs fonctions de coût de l'itinéraire, qui peuvent être : minimiser un temps de parcours, minimiser la distance à parcourir, maximiser la sécurité des véhicules, maximiser l'acquisition d'informations sur le terrain (observations depuis le véhicule)... Ce problème d'optimisation est rendu NP-difficile par la définition possible de points de passages obligés, symbolisant des objectifs de mission intermédiaires.



FIGURE 1 – Diagramme de la méthode de résolution dans son ensemble.

### 3 Approche pour la résolution

L'approche présentée se base sur la modélisation et la résolution de contraintes. Dans un premier temps, des mécanismes de cohérence d'arc permettent de réduire l'espace des solutions de notre problème. Ensuite, la recherche de la solution optimale satisfaisant l'ensemble des contraintes est effectuée via une méthode de séparation-évaluation. Sur le schéma de la figure 1, ces opérations sont représentées par le bloc de droite.

Les expérimentations déjà menées [1] ont démontré l'importance du tri préalable des variables dans la rapidité de résolution de l'algorithme par séparation-évaluation. Ce tri permet en effet de guider la recherche vers les meilleures solutions et par conséquent d'écarter plus vite les solutions moins bonnes. Dans notre approche, il est élaboré par *probing* (ou *sonde* en français), méthode qui ordonne les variables en utilisant des solutions issues de la résolution d'un problème relaxé.

Nos travaux portent sur l'élaboration d'un nouvel algorithme à base de métaheuristiques pour le traitement du problème relaxé (bloc de gauche sur la figure). Les colonies de fourmis [2] ont ici été choisies car conçues pour faire face aux problèmes à variables discrètes et aux environnements dynamiques. L'idée sous-jacente est de résoudre par les colonies de fourmis le problème consistant uniquement à trouver un plus court chemin d'un point de départ vers un objectif en passant par l'ensemble des points obligés. Ce problème peut être transformé en problème NP-dur de type *voyageur de commerce* car la séquence par laquelle ces points doivent être empruntés n'est pas définie à l'avance.

La méthode de sonde consiste alors à ordonner les variables en fonction d'une métrique correspondant à la distance minimale entre la solution au problème relaxé et les variables du problème, qui sont les noeuds du graphe. La force de cette approche est que la résolution du problème global reste complète car réalisée *in fine* par l'algorithme par séparation-évaluation.

Les premiers résultats montrent que notre approche apporte un gain en termes de temps de calcul face à une méthode de sonde basée sur une résolution de type *Shortest Path First* sur des cas de scénarios réalistes. D'autres expérimentations seront menées sur des *benchmarks* de la littérature et feront l'objet d'une présentation à la conférence ROADEF 2010.

### Références

- [1] C. Guettier. Solving Planning and Scheduling Problems in Network based Operations. *Principles and Practice of Constraint Programming CP'07*, LNCS, Springer Verlag, 2007.
- [2] M. Dorigo, L.M. Gambardella. Ant Colony System : A Cooperative Learning Approach to the Traveling Salesman Problem. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 1(1) : 53-66, 1997.