

Vidage de données pour un satellite d’observation autonome

Mikaël Capelle¹, Cédric Pralet², Jérémie Pouly³

¹ IRT Saint-Exupéry — mikael.capelle@irt-saintexupery.com

² ONERA/DTIS, Université de Toulouse, F-31055 Toulouse, France — cedric.pralet@onera.fr

³ CNES, Toulouse, France — jeremie.pouly@cnes.fr

Mots-clés : *autonomie, planification embarquée, algorithmes gloutons*

1 Introduction

Pour les besoins des futures missions d’observation de la Terre, les satellites requièrent de plus en plus d’autonomie. Un des points d’intérêt concerne en particulier la planification embarquée des transmissions des données d’acquisition enregistrées à bord du satellite vers des stations de réception terrestres. Dans cette problématique dite de *vidage de données*, le principal objectif est de pouvoir optimiser les performances du système en s’adaptant aux incertitudes relatives aux tailles des images produites à bord après compression à qualité fixe, là où l’approche classique consiste à considérer au sol des scénarios pire cas sur le volume des données générées.

La planification embarquée des vidages et/ou des acquisitions a déjà été étudiée par le passé, avec d’un côté des travaux expérimentaux tels que [1, 3], et de l’autre des systèmes déjà déployés tels que [4, 2]. Vis-à-vis des travaux expérimentaux, notre objectif est d’utiliser un simulateur haute fidélité permettant de tester les algorithmes au sein d’une architecture beaucoup plus représentative des vrais processeurs bord, et par rapport aux systèmes déployés notre objectif est d’avoir un nombre d’acquisitions beaucoup plus élevé, comparable aux missions commerciales actuelles. Par ailleurs, une de nos ambitions est d’aboutir à des algorithmes de vidage embarqués plus génériques adaptés à des contextes mission variés.

Au final, nous proposons un algorithme générique pour la planification embarquée des vidages, ainsi qu’une évaluation de ses performances sur des scénarios opérationnels réalistes et de grande taille grâce une plate-forme dédiée à la simulation de satellites autonomes.

2 Problème et algorithme

Nous considérons en entrée une liste d’images, déjà en mémoire ou sur le point d’être acquises par le satellite, avec pour chaque image une taille (réelle ou estimée) et une date de disponibilité (dans le passé pour les images déjà en mémoire). Chaque image doit être transmise vers un ou plusieurs utilisateur(s) via des stations de réception sol, sachant que chaque utilisateur dispose d’une liste de fenêtres de visibilité station utilisables pour recevoir des données au cours du déplacement du satellite sur son orbite. Chaque image possède une priorité et le but est de maximiser, suivant un ordre lexicographique, le vecteur contenant le nombre d’images transmises pour chaque niveau de priorité, en commençant par les plus fortes priorités.

La puissance de calcul embarquée étant très limitée, nous proposons un algorithme glouton qui insère les vidages dans le plan en suivant un ordre chronologique. L’algorithme maintient une liste de vidages candidats et sélectionne à chaque étape un de ces vidages pour l’ajouter au plan courant. Après l’insertion, l’algorithme avance jusqu’à la fin du vidage inséré et répète l’opération avec les vidages candidats restants. Si aucun candidat ne peut être inséré, l’algorithme avance jusqu’au prochain évènement bord intéressant (nouvelle disponibilité d’une image, début de fenêtre de visibilité station, modification du niveau d’énergie bord). La liste des vidages candidats est mise à jour à chaque fin d’acquisition et au début de chaque fenêtre

de visibilité station. La sélection des vidages successifs repose sur des heuristiques modifiables facilement à l’initialisation de l’algorithme. Les heuristiques par défaut filtrent les vidages candidats afin de minimiser les pertes en temps de transition entre vidages sur des stations distinctes, et les trient selon leurs ratios récompense sur taille. L’algorithme chronologique décrit précédemment est utilisé pour chaque niveau de priorité, en démarrant avec la plus haute priorité afin d’éviter de bloquer des vidages prioritaires du fait de vidages de faible priorité.

3 Expérimentations

Des tests ont été effectués sur un scénario réaliste contenant 1107 acquisitions, ainsi que plusieurs utilisateurs et stations disponibles pour les vidages. Les taux de compression des images ont été générés entre 2 et 6 suivant une distribution gaussienne. Dans la suite, nous comparons deux simulations : une première simulation où le plan de vidage est calculé entièrement au sol en supposant un taux de compression pire cas ; une deuxième simulation où le plan de vidage est calculé à bord selon l’algorithme défini dans la section précédente.

La Figure 1 présente, pour chaque niveau de priorité, le nombre de vidages nécessaires pour satisfaire tous les clients, ainsi que le nombre de vidages réalisés à l’issue des deux simulations. Les vidages manquants pour les niveaux de priorités 1 et 2 incluent certains vidages impossibles (images acquises alors qu’il n’y a plus de fenêtre de vidage disponible dans le scénario). Comme dans d’autres travaux [3], les résultats obtenus montrent qu’en utilisant un algorithme embarqué exploitant les informations disponibles à bord, il est possible de satisfaire plus de requêtes, et même une simple heuristique peut obtenir de meilleurs résultats qu’un algorithme uniquement sol. De plus, grâce à notre approche hiérarchique, les performances pour les priorités hautes sont nettement améliorées. Pour les travaux futurs, la prochaine étape est de voir si ces résultats peuvent être étendus à la planification embarquée des acquisitions.

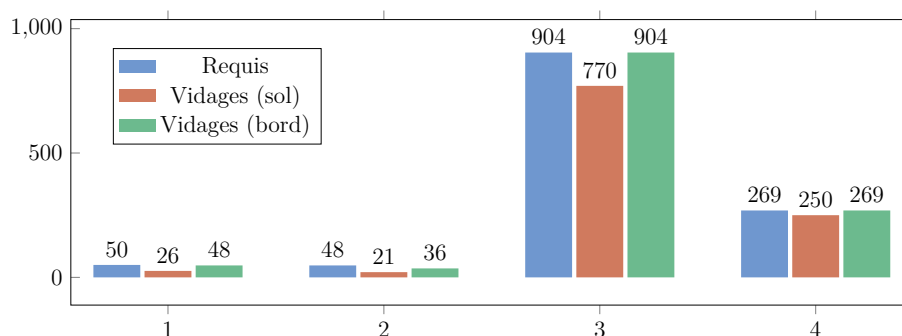


FIG. 1 – Nombre de vidages par niveau de priorité.

Références

- [1] C. Pralet, G. Verfaillie. “Dynamic online planning and scheduling using a static invariant-based evaluation model.” *Int. Conference on Automated Planning and Scheduling (ICAPS)*, 2013.
- [2] M. T. Wörle, C. Lenzen. “Ground assisted onboard planning autonomy with VAMOS.” *International Workshop For Planning and Scheduling in Space (IWSPSS)*, 2013.
- [3] A. Maillard, G. Verfaillie, C. Pralet, J. Jaubert, I. Sebbag, F. Fontanari, J. L’Hermitte. “Adaptable data download schedules for agile Earth-observing satellites” *Journal of Aerospace Information Systems*, 13(8), 2016.
- [4] S. Chien, R. Sherwood, D. Tran, B. Cichy, G. Rabideau, R. Castano, A. Davies, R. Lee, D. Mandl, S. Frye, B. Trout, J. Hengemihle, J. D. Agostino, S. Shulman, S. Ungar, T. Brakke, D. Boyer, J. V. Gaasbeck, R. Greeley, T. Doggett, V. Baker, J. Dohm, F. Ip. “The EO-1 autonomous science agent.” *International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS)*, 2004.