

Découpage de grandes zones pour l'observation de la Terre à l'aide de plusieurs constellations de satellites

Cédric Pralet¹, Jean-Loup Farges¹, Gauthier Picard¹, Filippo Studzinski Perotto¹,
Jonathan Guerra², Cyrille de Lussy²

¹ ONERA/DTIS, Université de Toulouse

{cedric.pralet, jean-loup.farges, gauthier.picard, filippo.perotto}@onera.fr

² Airbus Defence and Space, Toulouse

{jonathan.guerra, cyrille.de-lussy}@airbus.com

Mots-clés : *Découpage de surfaces, allocation, observation de grandes zones, satellites.*

1 Contexte

Dans ce travail, on considère une requête d'observation d'une grande zone à la surface de la Terre, couvrant typiquement plusieurs milliers ou dizaines de milliers de km^2 , à l'aide de satellites capables de réaliser des prises de vue sur des mailles élémentaires couvrant chacune quelques dizaines de km^2 . Pour cela, l'approche classique consiste à utiliser un seul *système d'observation* composé d'un ou plusieurs satellites en orbite basse qui tournent autour de la Terre. Afin d'accélérer de manière significative l'observation d'une grande zone, une approche envisagée consiste à utiliser non pas un mais plusieurs systèmes d'observation. Il en résulte un problème de découpage de la grande zone d'intérêt en un ensemble composé d'autant de sous-zones qu'il y a de systèmes à disposition. Ces systèmes pourront ensuite avancer en parallèle sur leur chantier d'observation, sachant qu'ils disposent chacun de leur propre outil de planification (pour calculer les plans d'observation des mailles par les satellites du système en fonction de toutes les requêtes reçues jusqu'alors) et qu'ils n'utilisent pas forcément le même pas de discrétisation et la même orientation pour leur maillage. Dans la littérature, on trouve diverses contributions sur l'observation de grandes zones [1, 2, 3, 4], cependant ces contributions ne considèrent pas plusieurs aspects qui sont pourtant très dimensionnants (charge courante de chaque système, prévisions de couverture nuageuse, possibilité de réoptimisation du découpage...), d'où le besoin de nouveaux travaux.

2 Problème de découpage spatial

Dans une première version du problème, on considère un découpage dit *purement spatial*. Dans ce problème, on discrétise la zone à observer en introduisant un ensemble de points \mathcal{P} couvrables par différentes mailles de l'ensemble \mathcal{S} des systèmes à disposition. On considère de plus pour chaque système $i \in \mathcal{S}$ une vitesse d'acquisition moyenne $Speed_i$ exprimée en nombre de mailles couvrables par unité de temps. On introduit alors des variables de décision $x_{ij} \in \{0,1\}$ spécifiant si la maille numéro j associée au système i est sélectionnée, c'est-à-dire si elle fait partie de la sous-zone allouée au système i . La contrainte à satisfaire est que chaque point $p \in \mathcal{P}$ doit être couvert par au moins une maille sélectionnée. De plus, en notant \mathcal{M}_i l'ensemble des mailles candidates pour le système i , la charge de ce système est définie par $y_i = \sum_{j \in \mathcal{M}_i} x_{ij} / Speed_i$. L'objectif prioritaire est de minimiser la charge maximum obtenue sur un système ($\max_{i \in \mathcal{S}} y_i$) et l'objectif secondaire est de minimiser la charge totale qui pèse sur les systèmes ($\sum_{i \in \mathcal{S}} y_i$), ce qui conduit indirectement à minimiser les chevauchements entre les mailles sélectionnées. Ces spécifications sont ensuite exprimées en Programmation Linéaire en Nombres Entiers (PLNE). La figure 1a donne un exemple de découpage obtenu en quelques secondes avec un solveur PLNE pour un problème simplifié contenant 4 systèmes d'observation. Dans le modèle, il est aussi possible d'ajouter une composante pour favoriser les solutions qui minimisent l'éparpillement des mailles allouées à un système. La figure 1b fournit un découpage obtenu avec cette spécification additionnelle.

