**Compte-rendu de la réunion du 02/10/20 à l’ISAE-SUPAERO**

**Présentation du Projet Ingénierie Entreprise “Optimisation / simulation de constellations hétérogènes d’observation” et premiers échanges**

Etaient présents : Jérémie LABROQUERE, Serge RAINJONNEAU de Thalès Alenia Space, Julie BAYARD, Amélie FALCOU, Loïc MACE, Théo NGUYEN, Thibault HERMASZEWSKI, Louis RIVOIRE, étudiants à l’ISAE-SUPAERO

Après un tour de table pendant lequel chacun a pu se présenter, Jérémie LABROQUERE nous a montré un diaporama présentant les constellations de satellites, les problématiques liées à leur dimensionnement et le projet sur lequel nous allons travailler. Ce diaporama nous a été transmis par mail. S’en est suivi un échange de questions/réponses.

A propos des outils à utiliser pour mener le projet, GitHub permet de gérer le développement de logiciels de façon collaborative. Nous pourrons transmettre le Github à Jérémie LABROQUERE et Serge RAINJONNEAU, il sera utile lors des revues de code par exemple. De manière générale, il faut privilégier les outils qui permettent de travailler à distance.

La librairie open source Orekit de mécanique spatiale est recommandée pour les simulations.

Le langage de programmation avec lequel nous devons construire le projet n’est pas imposé. Cependant, les langages Python et Java semblent être les plus pratiques : la librairie Orekit est écrite en Java et il existe un wrapper Python.

Pour le calcul scientifique, le langage Python est le plus recommandé.

Les calculs de paramètres de la constellation, comme le temps de revisite, pourront être faits de deux manières. La première solution consiste en l’utilisation d’outils fournis par Thalès Alenia Space. Le risque associé à cette première solution est le temps que pourrait prendre la correction de bugs. La seconde solution consiste simplement en l’écriture par nos soins des outils permettant d’effectuer ces calculs. Cette solution est plus longue, mais elle a le mérite de nous laisser la possibilité de corriger les bugs rapidement.

Les outils d’optimisation pourront être discutés avec Jérémie LABROQUERE. Les librairies Pymoo ou Pygmo/Pagmo de l’ESA ont été mentionnées.

Les librairies VTS du CNES (C++), CESIUM (Java) ou encore Celestia (C++) permettent la visualisation de constellations.

L’interface homme-machine pourra être codée en Python, Javascript, Jupiter Notebook, ..

Lors de l’avancée du projet, il sera important de coder en orienté objet, notamment si le langage de programmation retenu est le Python.

Il faudra veiller à commenter le code et respecter certains standards de qualité du code (standard PEP8 en Python par exemple). La documentation pourra être faite à travers le rapport de projet.

La méthode de travail à utiliser est la méthode agile. Elle consiste à ne pas travailler avec des spécifications ou un cahier des charges très détaillé dès le début du projet, mais à se fixer des objectifs atteignables en une durée raisonnable, puis à itérer avec des nouveaux objectifs. Lors d’une première réunion, un *sprint* est planifié avec des *user stories*. La durée du *sprint* est fixée, mais elle est allongeable si nécessaire. A la fin du *sprint*, une deuxième réunion permet de valider les attendus, via notamment une démonstration. Un nouveau *sprint* est alors défini, et on itère de cette manière.

Travailler en méthode agile permet de vérifier au fur et à mesure du projet que ce qui est produit est conforme à ce que souhaite le client. Cela force le client à hiérarchiser ses besoins. Si le projet est interrompu au milieu, une version du projet fonctionnelle existe, contrairement à la méthode du cycle en V, dans laquelle rien n’existe si le projet est interrompu au milieu. Par exemple, il faudra peut-être commencer par une visualisation des satellites et des constellations en deux dimensions, puis si cela fonctionne, passer à une visualisation en trois dimensions.

Les constellations “classiques” à partir desquelles nous pouvons commencer à travailler sont les constellations de Walker, de Rider ou encore de Flower.

Une constellation hétérogène peut être hétérogène à la fois dans la charge utile des satellites (différents instruments à bord de chaque satellite) mais aussi dans la position des satellites dans l’espace (orbites différentes pour chaque satellite, constellations “classiques” superposées les unes aux autres, …).

Les charges utiles pourront être de type imageurs optiques (visible, infrarouge), radar. On ne considère pas de constellation mixte observation/télécommunication.

Au départ, il faut simplifier au maximum le problème. Les problématiques de lancement, de mise à poste, de redondance, de secours, de fin de vie des satellites, ainsi que les coûts associés, ne sont pas pris en compte pour le moment lors de l’optimisation. On pourra calculer le coût d’une constellation une fois celle-ci optimisée. On ne prend pas en compte l’attitude du satellite ni les autres Resident Space Objects (satellites, débris, etc).

La position des stations sols est considérée comme une entrée et non un paramètre à optimiser.

Les orbites faiblement excentriques semblent être la solution la plus simple, notamment parce que les satellites d’observation de la Terre ont besoin d’être à une distance constante des cibles qu’ils observent. Cependant, si un optimum est trouvé pour des orbites fortement elliptiques, il sera intéressant de le présenter.

Les paramètres à optimiser seront spatiaux (zones couvertes par le système) ou temporels (type de couverture, temps de revisite, …). Pour commencer, il est plus simple de ne pas donner de contraintes au problème.

Il faudra répondre à des questions comme “comment optimiser un ensemble de constellations différentes?” ou encore “comment optimiser le calage entre plusieurs constellations?”. Le plus important sera de bien poser le problème.

Ce qui va importer, c’est le dimensionnement de la constellation, et non la précision de la simulation (par exemple, prendre en compte les termes en J2 du potentiel terrestre n’est pas forcément nécessaire).

**Il faut se focaliser sur les méthodes de dimensionnement de constellations.**

L’outil que nous allons développer devra être modulaire/modulable. Si l’on veut changer la fonction coût, le solveur, cela doit être réalisable facilement. De la même manière, l’esprit de l’outil doit être le design de constellation : différents designs doivent pouvoir être adressés.

Concernant la suite du projet, une bibliographie va être réalisée. D’ici à deux semaines, quelques cas d’étude représentatifs nous seront fournis, et nous pourrons nous lancer dans le développement du simulateur et de l’optimiseur.

Nous remercions Jérémie LABROQUERE et Serge RAINJONNEAU de s’être déplacés pour cette première rencontre.