

Un essaim de nanosatellites sera déployé en orbite autour de la lune pour développer une application d'interférométrie.

La communication au sein de cet essaim repose sur un routage opportuniste, où les nanosatellites échangent des données lorsqu'ils se trouvent à portée les uns des autres. Les protocoles décrits dans la littérature cherchent à optimiser le taux de livraison des paquets et à minimiser le temps de latence. Les caractéristiques dynamiques de cet essaim ont été examinées dans [1] au cours d'une révolution autour de la lune.

Dans le cadre de ce projet, notre attention est dirigée vers trois moments spécifiques, correspondant à trois images capturées de l'essaim. Les données de mobilité de l'essaim de nanosatellites sont accessibles sur Moodle, où les fichiers fournissent les positions (x, y, z) de 100 satellites en fonction de la densité de l'essaim :

- densité faible (topology_low.csv)
- densité moyenne (topology_avg.csv)
- densité forte (topology_high.csv)

Les hypothèses et le problème posé :

- Les nanosatellites sont capables de moduler leur débit pour transmettre à différentes portées (20km, 40km, 60km).
- Les données de chaque satellite doivent être transmises à tous les autres membres de l'essaim.

L'objectif du projet est d'analyser les caractéristiques de l'essaim dans trois configurations de densité (faible, moyenne et forte).

Partie 1 (modélisation sous forme de graphe) : Représenter graphiquement l'essaim dans les trois configurations de densité et pour les trois niveaux de portée.

Partie 2 (étude des graphes non valués) : Calculer les caractéristiques de ces graphes dans les neuf cas distincts :

- Degré moyen, distribution du degré, moyenne et distribution du degré de clustering
- Nombre de cliques (et leurs ordres), nombre de composantes connexes (et leurs ordres)
- Longueur des chemins les plus courts, distribution des plus courts chemins et nombre des plus courts chemins (en nombre de sauts entre tous les couples de sommets connectés)

Partie 3 (étude des graphes valués) : Reprendre les questions précédentes pour une portée de 60Km. Le coût associé à chaque arête est égal au carré de la distance entre les deux nanosatellites en extrémités.

Livrables (date limite de rendu : 19 janvier 2026 à 13h) :

- Un rapport succinct de 5 pages présentant les résultats du projet.
- Une capsule vidéo de 3 minutes justifiant les choix conceptuels adoptés dans le projet et présentant les principaux résultats.
- Le code source.

Le choix des outils, du code et des algorithmes pour ce projet est laissé libre (Python, Matlab, Networkx, etc.).

Référence :

[1] Evelyne Akopyan, Riadh Dhaou, Emmanuel Lochin, Bernard Pontet, Jacques Sombrin. On the Network Characterization of Nano-Satellite Swarms. *28th IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC 2023)*, IEEE, Jul 2023. (<https://ieeexplore.ieee.org/document/10218020>)