



Projet Théorie des Graphes

Essaim de nanosatellites

OURKIA Abdelhakim
SARHANE Abdelmouhaimen

Département Sciences du Numérique - Deuxième année
2023-2024

Contents

1	Introduction	3
2	Modélisation sous forme de graphe	3
3	Étude des graphes non valués	4
3.1	Degré moyen et coefficient de clustering moyen	4
3.2	Distribution du degré	4
3.3	Distribution du Coefficient de clustering	5
3.4	Nombre de cliques , nombre de composantes connexes	6
3.5	Distribution des chemins les plus courts	6
4	Étude des graphes valués	7
4.1	Distribution des chemins les plus courts	7

1 Introduction

Ce projet se penche sur l'analyse de la communication entre des nanosatellites utilisés dans diverses applications spatiales, notamment l'interférométrie.

La première partie consiste à représenter graphiquement l'essaim en utilisant des outils de la Théorie des Graphes. Ensuite, dans la deuxième partie, nous calculons diverses mesures sur ces graphes non valués pour comprendre leur topologie et leur structure. Enfin, dans la troisième partie, nous introduisons des valeurs aux arêtes pour prendre en compte la distance entre les satellites.

2 Modélisation sous forme de graphe

Dans cette section, nous avons examiné les modifications survenant à mesure que la portée des nanosatellites s'accroît, notamment les augmentations manifestes dans les degrés et le nombre d'arêtes (figure 1).

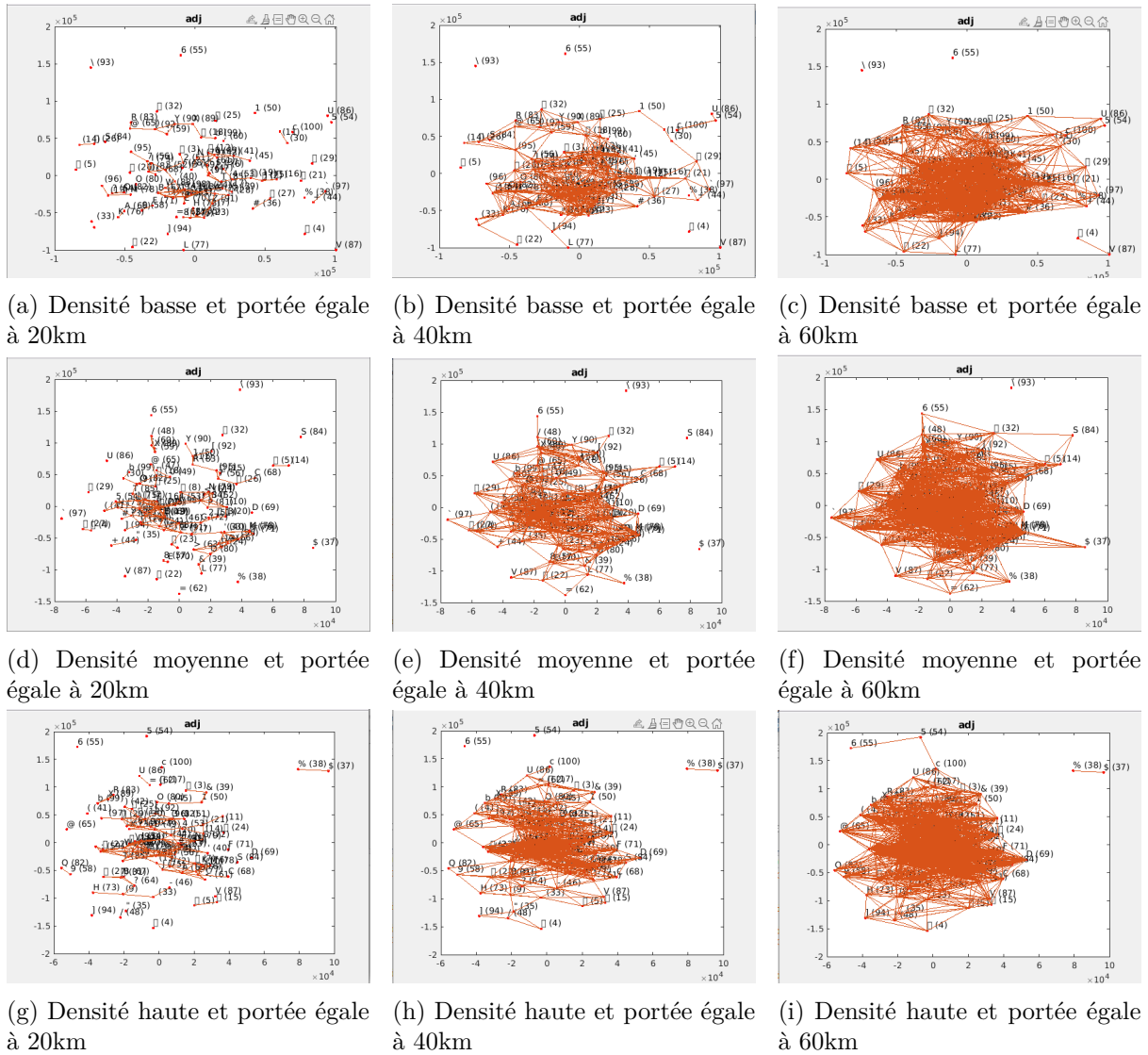


Figure 1: Représentation graphique de l'essaim dans les trois configurations de densité et pour les trois niveaux de portée.

En examinant les graphes générés, nous pouvons observer des schémas de connectivité distincts pour chaque configuration de densité et portée en fonction de leur densité et leur portée de connexion.

3 Étude des graphes non valués

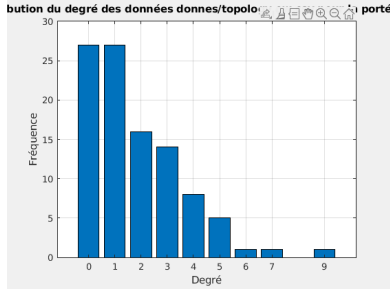
Dans cette partie, nous explorons les caractéristiques des graphes non valués résultants de la modélisation de l'essaim de nanosatellites. Nous examinons plusieurs aspects, notamment le degré moyen, la distribution du degré, le nombre de cliques, le nombre de composantes connexes, etc.

3.1 Degré moyen et coefficient de clustering moyen

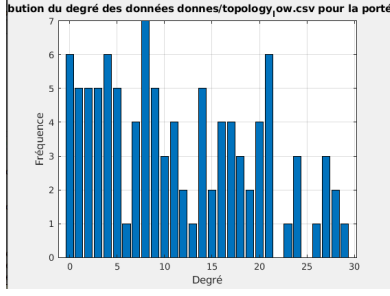
Les résultats obtenus à partir des calculs du degré moyen et du coefficient de clustering moyen révèlent que ces deux valeurs s'accroissent lorsqu'on passe d'une topologie de basse densité à une de moyenne densité, puis à une de haute densité. Cette observation est logique car dans des graphes de plus en plus denses, chaque sommet est connecté à un nombre croissant de voisins. De plus, dans ces graphes, chaque nœud est généralement intégré dans un cluster dense où les connexions entre les voisins sont particulièrement fortes.

3.2 Distribution du degré

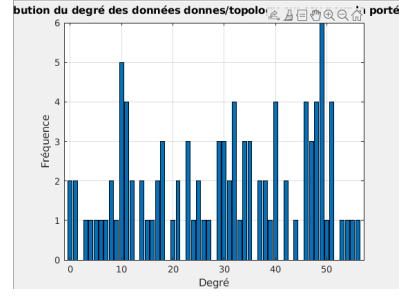
Les résultats de la distribution des degrés pour chaque type de topologie (dense, moyenne, élevée), calculés pour différentes portées, indiquent qu'avec l'augmentation de la portée, les degrés des sommets du graphe deviennent progressivement plus élevés. Cela suggère qu'en augmentant leur portée, chaque nanosatellite a la capacité de transmettre des données à un nombre croissant de voisins.(figure 2).



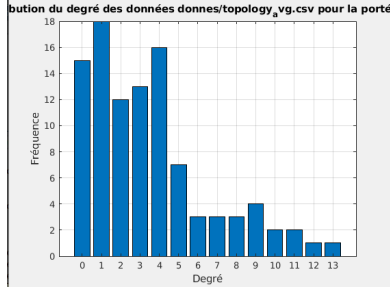
(a) Densité basse et portée égale à 20km



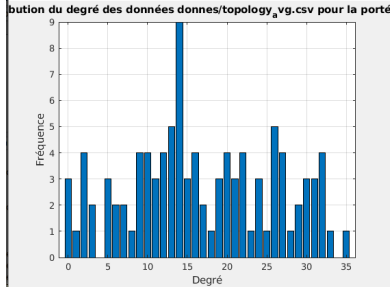
(b) Densité basse et portée égale à 40km



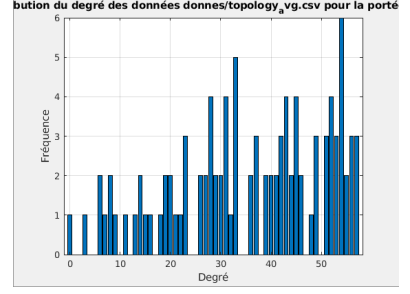
(c) Densité basse et portée égale à 60km



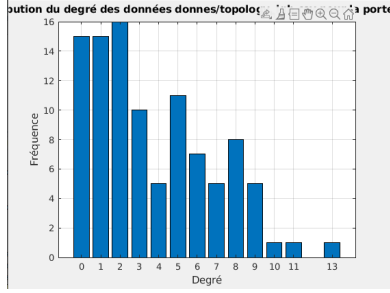
(d) Densité moyenne et portée égale à 20km



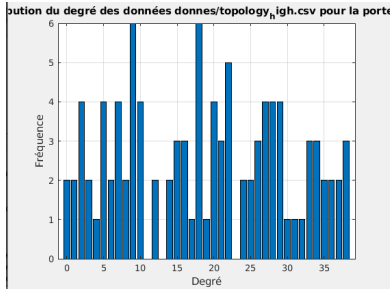
(e) Densité moyenne et portée égale à 40km



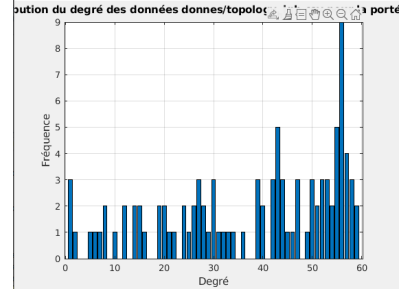
(f) Densité moyenne et portée égale à 60km



(g) Densité haute et portée égale à 20km



(h) Densité haute et portée égale à 40km



(i) Densité haute et portée égale à 60km

Figure 2: Répartition des degrés des sommets dans un graphe en fonction de différentes densités.

3.3 Distribution du Coefficient de clustering

Le coefficient de clustering, également appelé degré d'agglomération, est une mesure qui reflète la tendance des nœuds d'un graphe à former des groupes ou des clusters. Cette notion éclaire les résultats observés et illustrés dans la Figure3 . En effet, avec l'augmentation de la densité et de la portée, chaque nœud tend à faire partie d'un cluster plus serré, où les liens entre les voisins sont nettement plus forts. Cela signifie que dans des graphes plus denses et avec une plus grande portée, les nœuds ne sont pas seulement plus connectés, mais ils forment également des regroupements plus cohésifs.

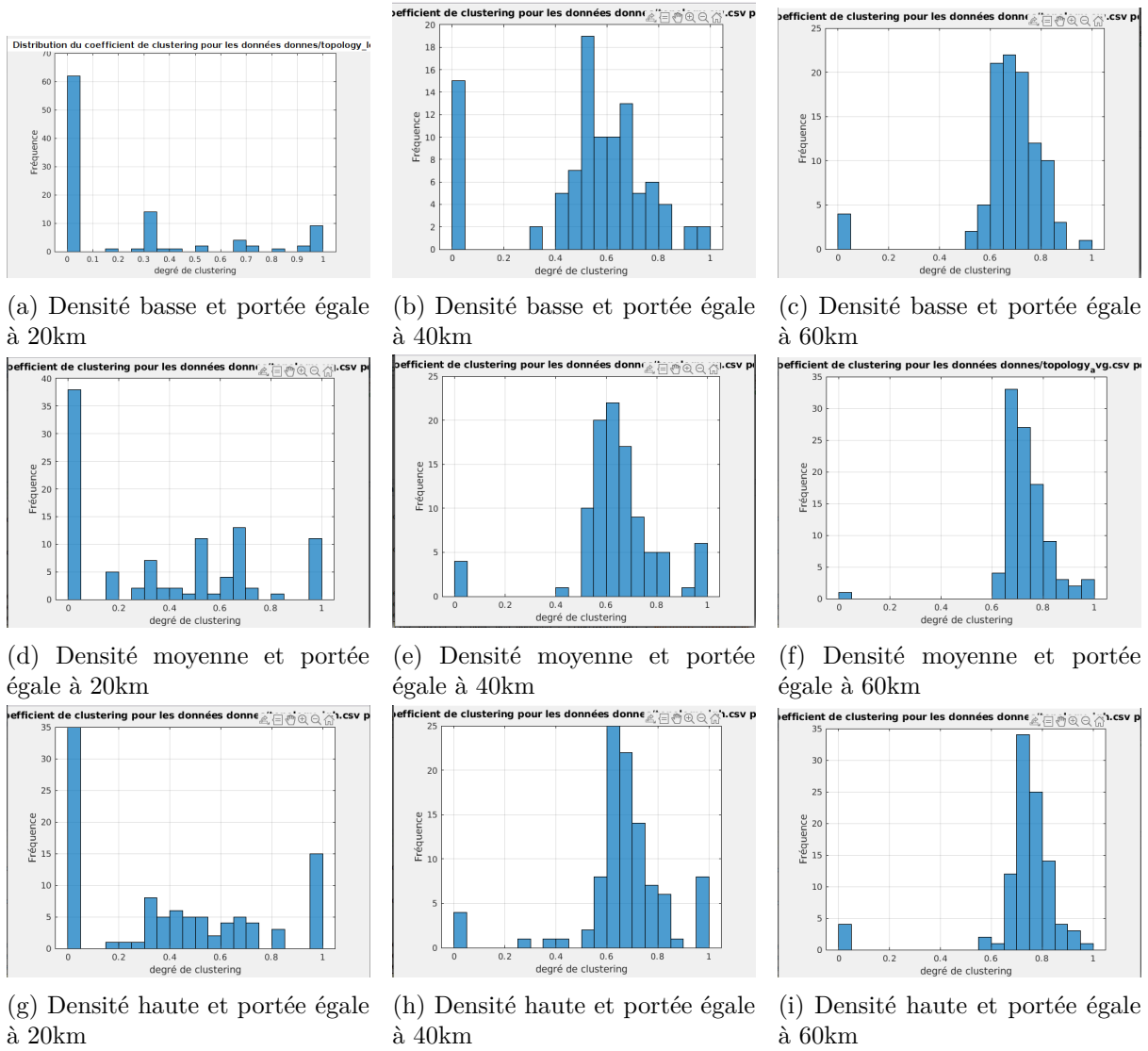


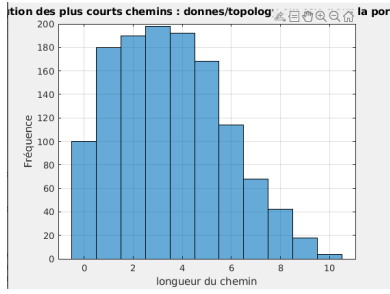
Figure 3: Distribution du degré du clustering des graphes à différentes densité et portée.

3.4 Nombre de cliques , nombre de composantes connexes

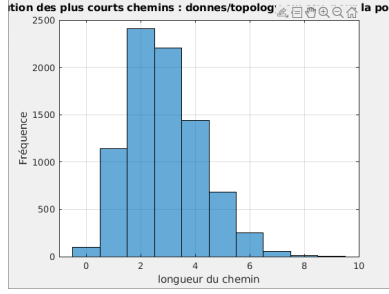
Lorsque l'on étend la portée pour chaque topologie (basse, moyenne, haute), il est observé que l'accroissement de cette portée entraîne une augmentation du nombre de cliques et une diminution du nombre de composantes connexes. Cette tendance est cohérente, car en augmentant la portée, le degré de chaque sommet s'accroît. Par conséquent, davantage de sommets tendent à former des cliques, et des chemins se développent entre les sommets, réduisant ainsi le nombre de composantes connexes.

3.5 Distribution des chemins les plus courts

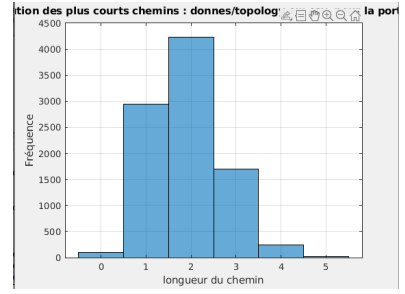
À mesure que la portée s'accroît, les distances entre les sommets se réduisent puisque les sommets deviennent de plus en plus directement connectés, comme illustré dans la figure 4.



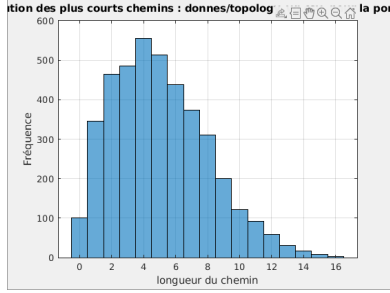
(a) Densité basse et portée égale à 20km



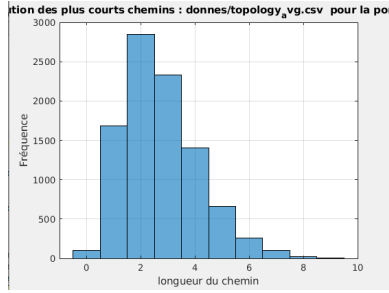
(b) Densité basse et portée égale à 40km



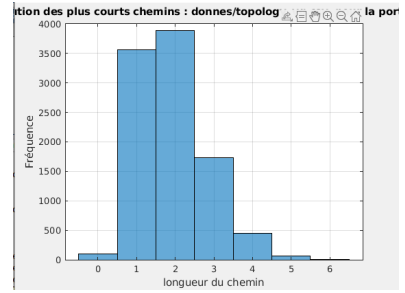
(c) Densité basse et portée égale à 60km



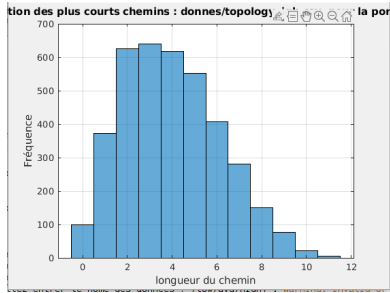
(d) Densité moyenne et portée égale à 20km



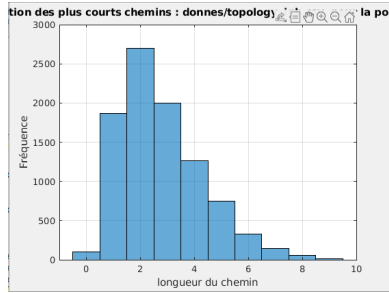
(e) Densité moyenne et portée égale à 40km



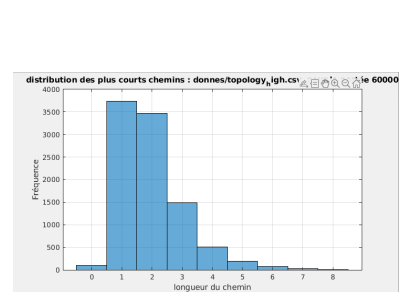
(f) Densité moyenne et portée égale à 60km



(g) Densité haute et portée égale à 20km



(h) Densité haute et portée égale à 40km



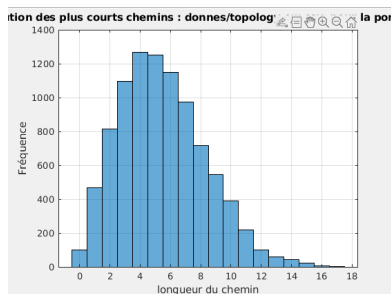
(i) Densité haute et portée égale à 60km

Figure 4: Distribution des chemins les plus courts à différentes densité et portée.

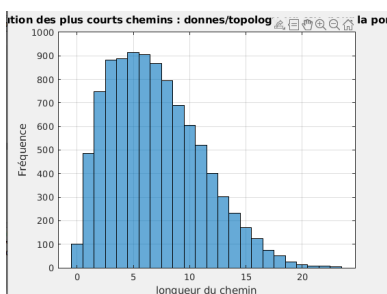
4 Étude des graphes valués

4.1 Distribution des chemins les plus courts

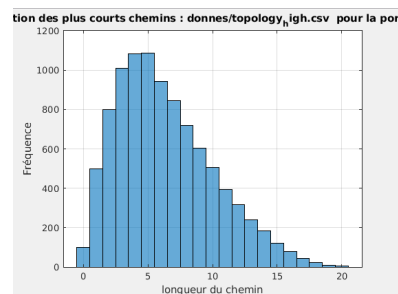
Lorsqu'on attribue des poids aux arêtes d'un graphe, on remarque que la distribution des chemins les plus courts diffère de celle d'un graphe sans poids. En effet, dans un graphe pondéré, les distances des chemins les plus courts tendent à être plus longues (figure 5).



(a) Densité basse



(b) Densité moyenne



(c) Densité haute

Figure 5: Distribution des chemins les plus courts à différentes densité :60 Km.