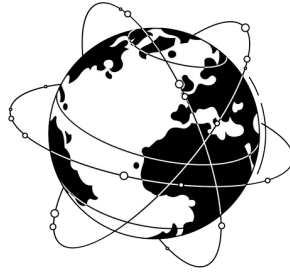

LEPL1507 : Cahier des charges du projet 4 (MAP)

Répartition de satellites autour de la terre

E. Massart, P.-Y. Gousenbourger, G. Van Dessel, B. Massion

Version du 5 février 2024

Dans le cadre d'une coopération internationale, un nouveau réseau Internet par satellites géostationnaires va être mis en place. Ce réseau devra fournir en tout instant un accès Internet suffisant à tous les endroits peuplés du monde et à faible coût. Vous avez été sélectionnés pour participer à un concours visant à définir la meilleure répartition des satellites possibles. Convincez le jury et décrochez le contrat !



Le cahier des charges est relativement maigre et vous êtes libres de choisir selon quel(s) critère(s) votre solution sera optimale. On pourrait souhaiter que les villes les plus importantes soient mieux connectées que les moins peuplées car elles consommeront plus de contenu. *A minima*, on souhaite que chaque ville dispose d'une connexion d'intensité minimum utilisable. Cette tâche est loin d'être triviale, d'autant plus que les signaux provenant de satellites trop proches les uns des autres risquent d'interférer... A vous de restreindre et de modéliser le problème, puis d'en extraire une solution satisfaisante.

Objectifs

Objectif de départ. Dans un premier temps, simplifiez le problème et balayez d'un revers de main les avancées scientifiques des vingt derniers siècles : considérez que la terre est plate et qu'il s'agit d'un rectangle. Quelle devrait être la répartition idéale des satellites ?

Objectif principal. Votre but, cependant, est évidemment de considérer une terre sphérique autour de laquelle orbitent des satellites à une altitude constante et identique. Comment généraliser le modèle de la terre plate et quelle est la répartition idéale des satellites dans cette situation plus réaliste ?

Critères d'acceptation

Le projet sera retenu parmi les projets éligibles par le jury international s'il répond aux quatre objectifs suivants :

1. (Acceptabilité) Une intensité de signal est définie, normée et justifiée dans le projet ;
2. (Couverture) 80 % de la population a accès à une couverture d'intensité acceptable ;
3. (Géométrie) Le problème est résolu sur une sphère ;
4. (Efficacité) La solution peut être obtenue en moins d'une heure sur un ordinateur personnel normal équipé d'un processeur de type Core i5 (ou équivalent) et de 8 Go de mémoire RAM.

Délivrables (et évaluation)

Afin de laisser une grande liberté aux participants, les livrables sont volontairement réduits.

Nom	Description
Optimisation euclidienne	Un module Python <code>euclidean_satellites_repartition.py</code> contenant une fonction éponyme prenant en argument le nombre de satellites <code>N_satellites</code> , les coordonnées des villes <code>cities_coordinates</code> , leurs poids <code>cities_weights</code> et renvoyant une liste de positions <code>satellites_coordinates</code> et le coût de la fonction objectif utilisée (arguments optionnels acceptés pour autant qu'ils aient une valeur par défaut).
Optimisation sphérique	Un module Python <code>spherical_satellites_repartition.py</code> contenant une fonction éponyme prenant en argument le nombre de satellites <code>N_satellites</code> , les coordonnées des villes <code>cities_coordinates</code> , leurs poids <code>cities_weights</code> et renvoyant une liste de positions <code>satellites_coordinates</code> et le coût de la fonction objectif utilisée (arguments optionnels acceptés pour autant qu'ils aient une valeur par défaut).
Documentation technique	Un rapport complet, synthétique (max. 20 pages) et professionnel, reprenant le contexte, le cahier des charges (de la solution finale), le(s) modèle(s) retenu(s), une description de(s) méthode(s) de résolution, une description de l'application obtenue, un ensemble de résultats pertinents expliquant le fonctionnement et les limites du modèle, ainsi qu'une discussion critique de ceux-ci.
Présentation de groupe	Une présentation orale de 10 minutes, en groupe, simulant une présentation devant un panel politique de dirigeants mondiaux. Elle a pour but de montrer que c'est votre solution qu'il faut retenir. Le jury sera particulièrement attentif à la véracité, l'exactitude, la pédagogie... et l'honnêteté de la présentation.
Examen individuel	Un examen individuel portant sur l'objectif principal du projet et permettant de valider votre implication dans celui-ci.
Analyse réflexive	Un document d'une page minimum et de 5 pages maximum contenant une analyse réflexive du travail et du fonctionnement du groupe.

Échéances

Des permanences sont organisées sur les lieux du consortium tous les mardis matin (8h30-12h45) dans les locaux du bâtiment Euler, salles a.007 et a.207. Le calendrier du projet est repris ci-dessous.

Jour	Date	Lieu	Description
S1 mardi	06/02/2024	Euler a.002	Présentation du projet
S2-S11 mardi	-	Moodle	Mise à jour hebdomadaire du planning (avant 8h30)
S3 vendredi	23/02/2024	Moodle	Remise intermédiaire de rapport (I) (max. 5 pages) (évaluation formative, facultative, objectif de départ)
S6 vendredi	15/03/2024	Moodle	Remise intermédiaire de rapport (II) (max. 10 pages) (évaluation formative, facultative, objectif principal et cahier des charges du projet final visé)
S11 vendredi	03/05/2024	Moodle	Remise du rapport final et des codes
S12 mardi	07/05/2024	??	Présentations orales
S13 mardi	14/05/2024	??	Examen écrit
S13 vendredi	17/05/2024	Moodle	Remise de l'analyse réflexive (fonctionnement du groupe)

Quelques conseils

Pour vous aider, une marche à suivre vous est suggérée pour définir correctement votre modèle :

- Essayez de paramétrer le nombre de satellites et de villes concernés. Vous pourrez ainsi tester vos modèles sur de petits exemples avant d'augmenter la complexité.
- Pensez à associer des coordonnées à chaque ville et à chaque satellite.
- Pour les villes, la population peut représenter un poids dans le modèle...

De plus, voici quelques conseils généraux utiles pour l'ensemble du projet :

- Explorez la littérature scientifique à propos des sujets que vous souhaitez creuser.
- Citez évidemment toutes vos sources et vos inspirations dans vos productions, qu'elles soient scientifiques, journalistiques ou artificiellement créées.
- Définissez clairement vos notations : variables, inconnues, indices, fonctions, etc.
- Établissez clairement vos hypothèses de travail.
- Décrivez votre méthodologie.
- Prenez du recul sur ce que vous produisez : interprétez vos résultats, analysez leur pertinence, leurs avantages, leurs inconvénients et leurs limites.
- Comparez les différents modèles et les différentes méthodes que vous utilisez, selon des critères pertinents établis à l'avance.
- Rédigez vos rapports avec soin, tant au niveau du langage que de la structure et de la mise en page.
- Utilisez des graphes, des schémas et des représentations visuelles pour faciliter la lecture et la compréhension de votre travail. Le format vectoriel doit être privilégié au format matriciel pour les images.

Objectifs secondaires

Une fois vos objectifs préliminaire et principal atteints, nous vous encourageons à explorer un ou plusieurs objectifs secondaires pour rendre votre solution vraiment unique. Une fois ceux-ci définis, vous devrez mettre à jour le cahier des charges existant pour y intégrer ces objectifs.

- (Déploiement) À partir d'une solution initiale, comment répartir les satellites de la meilleure manière possible en un temps donné et avec une vitesse limitée ? Quel gain observe-t-on ?
- (Forme d'une planète colonisée) Si l'humanité s'en allait conquérir d'autres planètes et y installer un réseau Internet par satellites, quelle serait la forme de cette planète ? Ce pourrait être une hypersphère, un donut, un ellipsoïde ou une variété en général. Comment généraliser votre solution à un espace quelconque ?
- (Zones interdites) Certaines parties du globe ne peuvent pas être survolées par les satellites pour d'évidentes raisons de sécurité ou de désaccords au sein du consortium. Intégrez des contraintes géographiques à votre modèle.
- (Multi-objectivité) Votre modèle est probablement prévu pour optimiser un unique objectif, probablement basé sur la distance entre satellites et villes. Peut-on imaginer des objectifs différents comme le coût (économique, énergétique, climatique,...), le confort, l'efficacité, la robustesse du réseau, la sécurité, etc. ? Imaginez d'autres options, comparez les solutions, ou optimisez-le en même temps !
- (Interface graphique) Une solution industrielle se doit d'être pilotable aisément. Réalisez une interface graphique permettant de commander le problème et de visualiser la solution en temps réel.
- (Perturbation) Une solution n'est jamais éternelle. Un satellite peut tomber en panne, dévier de sa course ou un problème peut survenir. Comment modifier à moindre coût une solution existante si on devait la perturber en ajoutant (ou en supprimant) un satellite ou une ville ? À quoi devrait ressembler cette modification ?