EXERCICE 2 SATELLITES DE COMMUNICATION (6 points)

Il y a 70 ans, seule la Lune tournait autour de la Terre. Actuellement, près de 7500 satellites survolent notre planète à différentes altitudes. Si certains ont été envoyés dans l'espace à des fins scientifiques ou militaires, la majorité est dédiée aux communications et à l'observation de la Terre.

L'objectif de cet exercice est d'étudier le mouvement des satellites autour de la Terre et d'exploiter leurs caractéristiques.

Document – Mission : communiquer

Internet, radio ou encore téléphonie mobile : ces missions sont assurées par des satellites de télécommunication. Certains, positionnés sur une orbite géostationnaire, survolent toujours la même zone. Conséquence : pas besoin de déplacer l'antenne pour capter les signaux. La couverture du signal est alors plus large. Depuis cette orbite, un petit nombre de satellites suffisent à couvrir l'intégralité du globe.

D'autres se situent sur une orbite terrestre basse entre 400 et 1 000 km d'altitude : ce sont les satellites LEO. Le délai de transmission des signaux y est beaucoup plus court, ce qui est très intéressant pour la rapidité d'échange. Mais pour garantir une bonne couverture de la Terre, plusieurs milliers de satellites, fonctionnant « en groupe » sont nécessaires, multipliant les risques d'encombrement, de pannes et de débris spatiaux : leur impact environnemental est donc pointé du doigt.

D'après https://cnes.fr/dossiers/satellites

On étudie le mouvement du centre de masse S d'un satellite par rapport à un référentiel supposé galiléen. Le satellite, de masse m, gravite sur une orbite circulaire géostationnaire située à une altitude h par rapport à la surface de la Terre.

On considère que le satellite n'est soumis qu'à l'unique action de la force d'interaction gravitationnelle $\overrightarrow{F_{OS}}$ exercée par la Terre de centre O, de masse M_T et de rayon R_T. On associe au centre de masse S le repère de Frenet (S, $\overrightarrow{u_N}$, $\overrightarrow{u_T}$).

Q1- Nommer le référentiel par rapport auquel le mouvement du centre de masse du satellite est étudié.

Q2- Compléter le schéma présent sur l'**ANNEXE p.10 À RENDRE AVEC LA COPIE** en représentant sans souci d'échelle la force d'interaction gravitationnelle $\overrightarrow{F_{OS}}$.

Q3- Donner l'expression vectorielle de la force $\overrightarrow{F_{OS}}$ dans le repère de Frenet en fonction de G, constante de gravitation universelle, m, M_T, R_T et h.

Q4- En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que le mouvement circulaire de S est uniforme.

Q5- Définir la période de révolution T du satellite de centre de masse S.

À partir des données des rayons r des orbites et des périodes de révolution T de différents satellites terrestres, un programme informatique a permis de tracer puis de modéliser l'évolution du carré des périodes en fonction du cube des rayons r. La figure 1 ci-après fournit le graphe obtenu après exécution du programme. La modélisation par une droite indique un coefficient directeur $k = 9{,}85 \times 10^{-14}$ s^2·m^{-3}.

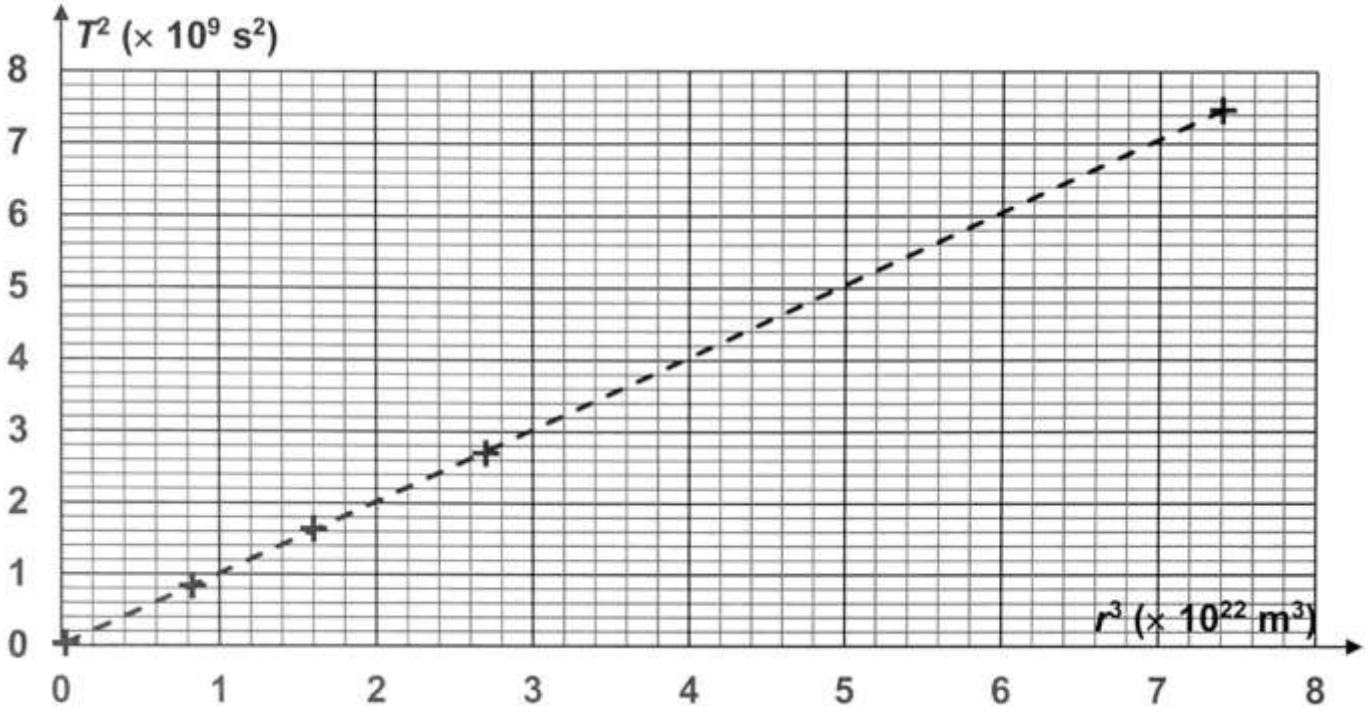


Figure 1 : Évolution du carré de la période de révolution de satellites terrestres en fonction du cube du rayon de leur orbite

Données :

- Constante de gravitation universelle : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ m^2·kg^{-1} s^{-2} ;
- Rayon de la Terre : $R_T = 6{,}38 \times 10^3$ km ;
- Période de rotation de la Terre autour de l'axe des pôles : T_T = 23 h 56 min. 4 s ;
- Célérité d'une onde électromagnétique dans le vide : $c = 3{,}00 \times 10^8$ m·s^{-1}.

Q6- Montrer que la valeur de l'altitude h du satellite géostationnaire de centre de masse S est environ $h \approx 36\,000$ km.

Q7- Comparer la valeur de la durée de transmission Δt_1 d'un signal électromagnétique émis depuis la surface de la Terre vers un satellite géostationnaire à celle, notée Δt_2, vers un satellite LEO, en orbite à 1000 km d'altitude.

Q8- En utilisant les calculs et les informations issues du document, donner les avantages et les inconvénients des satellites géostationnaires et LEO pour la transmission de données par le réseau Internet.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 2 – Schéma représentant le mouvement du centre de masse du satellite S autour de la Terre

