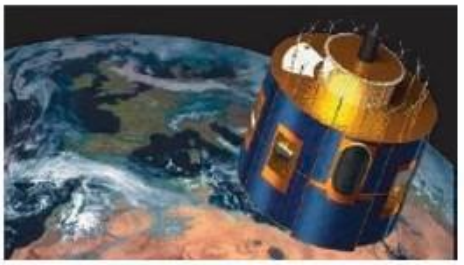
Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + SI, veuillez visiter :
bac-maths-si.fr/annales-sujets-et-corriges

Bac 2025 Septembre Métropole Sciences physiques pour les sciences de l'ingénieur.e
Correction © https://www.labolycee.org
EXERCICE B – Les satellites artificiels : Météosat

Les satellites artificiels de la Terre sont dédiés à l'observation, aux télécommunications ou à la recherche. Les satellites Météosat forment une constellation de cinq satellites météorologiques. Leurs mouvements sont synchronisés sur celui de la Terre : ils observent donc constamment la même zone de la surface terrestre. Pour cela ils sont situés sur une orbite circulaire particulière, qualifiée de géostationnaire. Ils sont aujourd'hui remplacés par les satellites Météosat Seconde Génération (MSG).

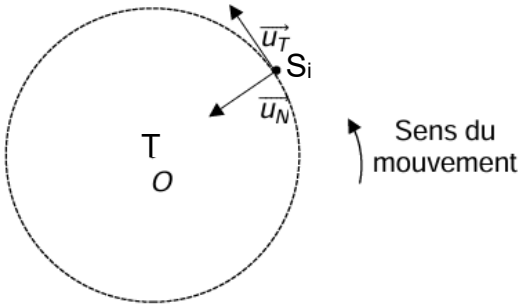

https://earth.esa.int/

Données :

- masse de la Terre : $M_T = 5{,}97 \times 10^{24}$ kg ;
- rayon moyen de la Terre : $R_T = 6\,370$ km ;
- constante gravitationnelle : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ m^3·kg^{-1}·s^{-2} ;
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m·s^{-1} .

L'étude est conduite dans le référentiel géocentrique : son origine coïncide avec le centre de la Terre et ses axes pointent vers des étoiles lointaines ; il est supposé galiléen.

Q1. Représenter sur un schéma sans considération d'échelle, le centre de la Terre représenté par un point T, un satellite Météosat numéroté *i* représenté par un point S_i et le repère de Frenet.



Q2. Exprimer le vecteur force $\overrightarrow{F_{T/S}}$ modélisant l'attraction exercée par la Terre sur le satellite S_i de masse m_i, situé à l'altitude h_i dans ce repère en fonction de m_i, h_i, M_T, R_T, G et d'un vecteur unitaire du repère de Frenet.

$$\overrightarrow{F_{T/S}} = G \cdot \frac{M_T \cdot m_i}{\left(R_T + h_i\right)^2} \cdot \overrightarrow{u_N}$$

Q3. À partir de la deuxième loi de Newton, établir l'expression de la valeur de la vitesse v_i du satellite en fonction de R_T, G, M_T et h_i.

Système : {Satellite S_i} de masse m_i Référentiel : géocentrique considéré galiléen
Inventaire des forces : uniquement la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre
Deuxième loi de Newton :

$$\overrightarrow{F_{T/S}} = m_i \cdot \vec{a}$$

$$G \cdot \frac{M_T \cdot m_i}{\left(R_T + h_i\right)^2} \cdot \overrightarrow{u_N} = m_i \cdot \vec{a}$$

$$\vec{a} = G \cdot \frac{M_T}{\left(R_T + h_i\right)^2} \cdot \overrightarrow{u_N}$$

Dans le repère de Frenet, $\vec{a} = \frac{dv}{dt}.\overrightarrow{u_T} + \frac{v_i^2}{(R_T + h_i)}.\overrightarrow{u_N}$

Par analogie entre ces deux expressions de $\vec{a}$, on en déduit que $G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h_i)^2} = \frac{v_i^2}{(R_T + h_i)}$

$$v_i^2 = G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h_i)^2} \cdot (R_T + h_i)$$

$$v_i = \sqrt{G \cdot \frac{M_T}{R_T + h_i}}$$

Q4. Établir que la période de révolution du satellite S_i autour de la Terre a pour expression :

$$T_{Si} = 2\pi \times \sqrt{\frac{(R_T + h_i)^3}{G \times M_T}}$$

Le satellite parcourt son orbite circulaire de périmètre $2\pi \cdot (R_T + h_i)$ en une durée T_{Si} avec une vitesse égale à $v_i = \frac{2\pi \cdot (R_T + h_i)}{T_{Si}}$.

Ainsi $\frac{2\pi \cdot (R_T + h_i)}{T_{Si}} = \sqrt{G \cdot \frac{M_T}{R_T + h_i}}$

On élève au carré cette relation, on obtient $\frac{(2\pi)^2 \cdot (R_T + h_i)^2}{T_{Si}^2} = G \cdot \frac{M_T}{R_T + h_i}$

$$\frac{(2\pi)^2 \cdot (R_T + h_i)^3}{G \cdot M_T} = T_{Si}^2$$

$$T_{Si} = 2\pi \times \sqrt{\frac{(R_T + h_i)^3}{G \times M_T}}$$

Q5. Après avoir rappelé la définition d'un satellite géostationnaire, déterminer la valeur de l'altitude h_g d'un satellite géostationnaire S_g.

Un satellite géostationnaire est immobile dans le référentiel terrestre. Ainsi il reste toujours à la verticale d'un même lieu.

Pour cela, il doit posséder une période de révolution égale à la période de rotation de la Terre que l'on note T_T.

$$T_{Si} = T_T = 2\pi \times \sqrt{\frac{(R_T + h_i)^3}{G \times M_T}}$$

$$T_T^2 = (2\pi)^2 \times \frac{(R_T + h_i)^3}{G \times M_T}$$

$$\frac{T_T^2}{4\pi^2} = \frac{(R_T + h_i)^3}{G \times M_T}$$

$$(R_T + h_i)^3 = \frac{T_T^2}{4\pi^2} \cdot G \cdot M_T$$

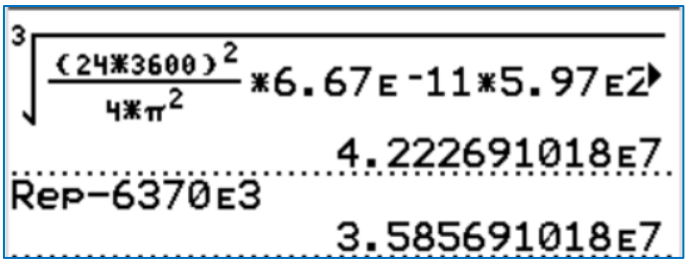
$$R_T + h_i = \sqrt[3]{\frac{T_T^2}{4\pi^2} \cdot G \cdot M_T}$$

$$h_i = \sqrt[3]{\frac{T_T^2}{4\pi^2} \cdot G \cdot M_T} - R_T$$

Le sujet ne donne pas la valeur de la période de rotation de la Terre, dans ce cas on peut considérer qu'elle est égale à 24 h. Mais en réalité c'est 23h56min4s.

$$h_i = \sqrt[3]{\frac{(24\times 3600)^2}{4\pi^2}\times 6{,}67\times 10^{-11}\times 5{,}97\times 10^{24}} - 6370\times 10^3$$

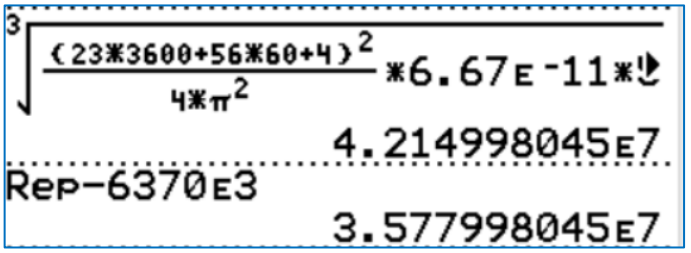
$h_i = 3{,}59\times 10^7$ m



Calcul avec 23h56min4s :

$$h_i = \sqrt[3]{\frac{(23\times 3600+56\times 60+4)^2}{4\pi^2}\times 6{,}67\times 10^{-11}\times 5{,}97\times 10^{24}} - 6370\times 10^3$$

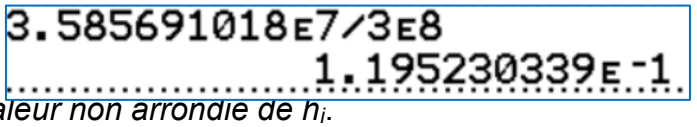
$h_i = 3{,}58\times 10^7$ m



Q6. En déduire la durée de transmission entre la surface de la Terre et le satellite d'un signal électromagnétique se propageant à la célérité de la lumière dans le vide.

$c = \frac{h_i}{\Delta t}$ donc $\Delta t = \frac{h_i}{c}$

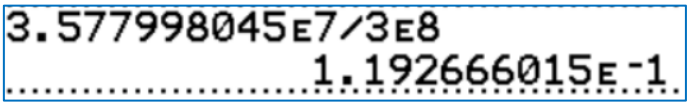
$\Delta t = \frac{3{,}59\times 10^7}{3{,}00\times 10^8} = 0{,}120$ s



Calcul avec valeur non arrondie de h_i.

Ou avec $h_i = 3{,}58\times 10^7$ m

$\Delta t = \frac{3{,}58\times 10^7}{3{,}00\times 10^8} = 0{,}119$ s



Q7. Lister un avantage et un inconvénient des satellites géostationnaires par rapport à des satellites circulant sur des orbites plus basses.

Inconvénient : Avec une orbite plus haute la durée de transmission est plus longue, ce qui est pose problème pour des communications nécessitant une grande réactivité (jeu en ligne, trading, etc.).

Avantage : Avec son altitude élevée le satellite peut être géostationnaire.

En effet si l'orbite est plus basse alors la période de révolution du satellite diminue (en effet on a vu que $T_{Si} = 2\pi\times\sqrt{\frac{(R_T+h_i)^3}{G\times M_T}}$), donc $T_{Si} < T_T$ ainsi le satellite ne sera plus géostationnaire.

Q8. Après avoir commenté leur échelle, choisir parmi les schémas de la page suivante celui qui représente la trajectoire d'un satellite Météosat dans le référentiel géocentrique. Justifier la réponse.

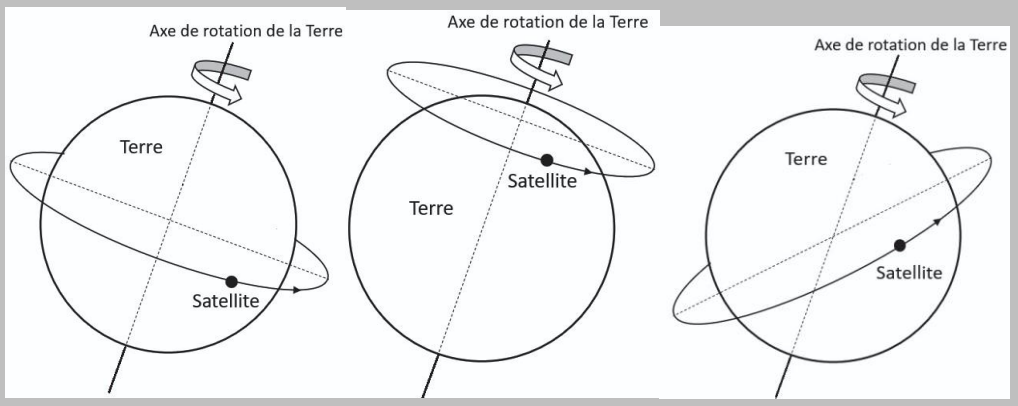


Schéma a Schéma b Schéma c

L'échelle n'est pas réaliste.
Le rayon de la Terre est de 6 370 km alors que le rayon de l'orbite géostationnaire est proche de 36 000 km. L'orbite du satellite devrait être bien plus large sur le schéma.

La première loi de Kepler permet d'éliminer le schéma b.
L'orbite du satellite est un cercle (ellipse particulière dont les deux foyers sont confondus) dont le centre de la Terre est le centre (foyer). Ce n'est pas le cas sur ce schéma.

Le schéma c ne convient pas non plus car le satellite ne pourra pas rester à la verticale d'un même point de la Terre.

Seul le schéma a convient.

Merci de nous signaler la présence d'éventuelles erreurs à labolycee@labolycee.org

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.