

CLASSE : Terminale

VOIE : ☒ Générale

DURÉE DE L'EXERCICE : 1h03

EXERCICE 3 : 6 points

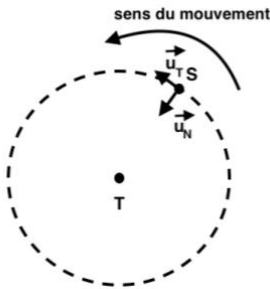
ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ : PHYSIQUE-CHIMIE

CALCULATRICE AUTORISÉE : ☒ Oui « type collège »

EXERCICE 3 : Surveillance de la fonte des glaces

1. Un satellite autour de la Terre

Q1.



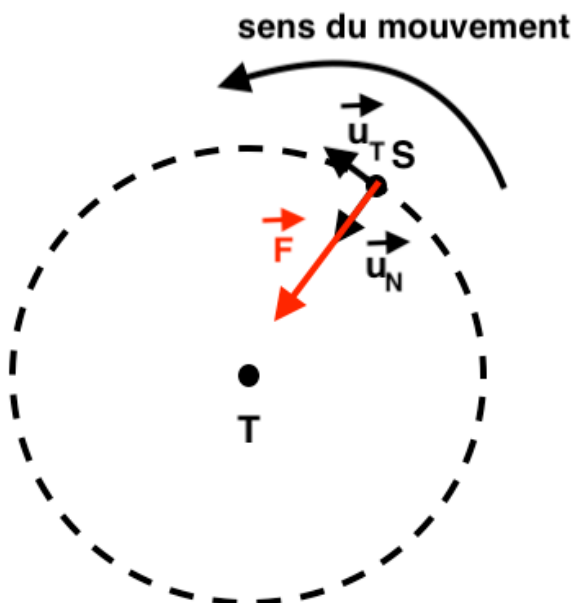
Q2.

La force exercée par la Terre sur le satellite S est la force gravitationnelle :

$$\vec{F} = \frac{G \times M_T \times m}{d_{TS}^2} \times \vec{u}_N$$

$$\vec{F} = \frac{G \times M_T \times m}{(R_T + h)^2} \times \vec{u}_N$$

Q3.



Q4.

Système : satellite S, de masse m, assimilé à un point matériel.

Référentiel : géocentrique, supposé galiléen.

D'après la deuxième loi de Newton :

$$\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = m\vec{a}$$

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$m \times \vec{a} = \frac{G \times M_T \times m}{(R_T + h)^2} \times \vec{u}_N$$

$$\vec{a} = \frac{G \times M_T}{(R_T + h)^2} \times \vec{u}_N$$

Q5.

Pour un mouvement circulaire, dans le repère de Frenet, le vecteur accélération est de la forme :

$$\vec{a} = \frac{v^2}{R_T + h} \times \vec{u}_N + \frac{dv}{dt} \times \vec{u}_T$$

Par identification :

$$\frac{v^2}{R_T + h} = \frac{G \times M_T}{(R_T + h)^2}$$

$$v^2 = \frac{G \times M_T}{R_T + h}$$

$$v = \sqrt{\frac{G \times M_T}{R_T + h}}$$

Q6.

Pour un mouvement circulaire uniforme, la période de révolution est :

$$T = \frac{2\pi(R_T + h)}{v}$$

$$T = \frac{2\pi(R_T + h)}{\sqrt{\frac{G \times M_T}{R_T + h}}}$$

$$T = 2\pi(R_T + h) \times \sqrt{\frac{R_T + h}{G \times M_T}}$$

$$T = 2\pi \times \sqrt{\frac{(R_T + h)^3}{G \times M_T}}$$

Q7.

$$T = 2\pi \times \sqrt{\frac{(R_T + h)^3}{G \times M_T}}$$

$$T = 2\pi \times \sqrt{\frac{(6371 \times 10^3 + 490 \times 10^3)^3}{6,674 \times 10^{-11} \times 5,972 \times 10^{24}}}$$

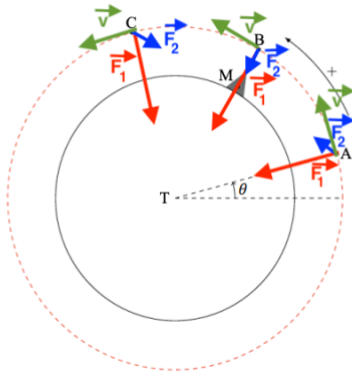
$$T = 5,66 \times 10^3 \text{ s}$$

$$T = 1 \text{ h } 34 \text{ min}$$

2. Détection d'un objet massif par un couple de satellites

Q8.

ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE



Modélisation de la présence d'un objet massif à la surface de la Terre assimilée à une sphère homogène

Q9.

$$W_{AB}(\vec{F}_1) = \vec{F}_1 \cdot \vec{AB} = F_1 \cdot AB \cdot \cos(\alpha)$$

La force $\vec{F}_1$, exercée par la Terre, est perpendiculaire à la trajectoire circulaire du satellite.

$$\alpha = 90^\circ$$

$$\cos(\alpha) = 0$$

$$W_{AB}(\vec{F}_1) = 0$$

Le travail de cette force est donc nul.

Q10.

$$W_{AB}(\vec{F}_2) = \vec{F}_2 \cdot \vec{AB} = F_2 \cdot AB \cdot \cos(\alpha)$$

Entre A et B, le satellite se rapproche de l'objet massif M : la force $\vec{F}_2$ est dans le sens du mouvement, $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$, $\cos(\alpha) > 0$ alors $W_{AB}(\vec{F}_2) > 0$ la force effectue un travail moteur.

Entre B et C, le satellite s'éloigne de M : la force $\vec{F}_2$ est dans le sens opposée au sens du mouvement, $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$, $\cos(\alpha) < 0$ alors $W_{BC}(\vec{F}_2) < 0$ la force effectue un travail résistant.

Q11.

D'après le théorème de l'énergie cinétique :

$$\Delta E_c = \Sigma W_{AB}(\vec{F})$$

$$\Delta E_c = W(\vec{F}_1) + W(\vec{F}_2)$$

Or

$$W_{AB}(\vec{F}_1) = 0$$

$$\Delta E_c = 0 + W(\vec{F}_2)$$

$$\Delta E_c = W(\vec{F}_2)$$

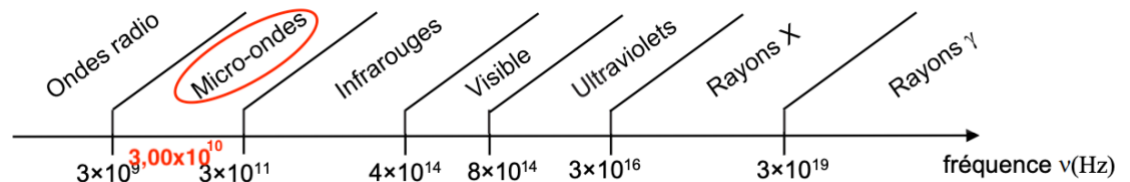
$W(\vec{F}_2)$ est positif entre A et B, l'énergie cinétique, donc la valeur de la vitesse, augmente entre A et B.

$W(\vec{F}_2)$ est négatif entre B et C, l'énergie cinétique, donc la valeur de la vitesse, diminue entre B et C.

Ainsi, la vitesse du satellite augmente jusqu'au point B, puis diminue ensuite.

Q12.

$$f = \frac{c}{\lambda}$$
$$f = \frac{3,00 \times 10^8}{10^{-2}}$$
$$f = 3,00 \times 10^{10} \text{ Hz}$$



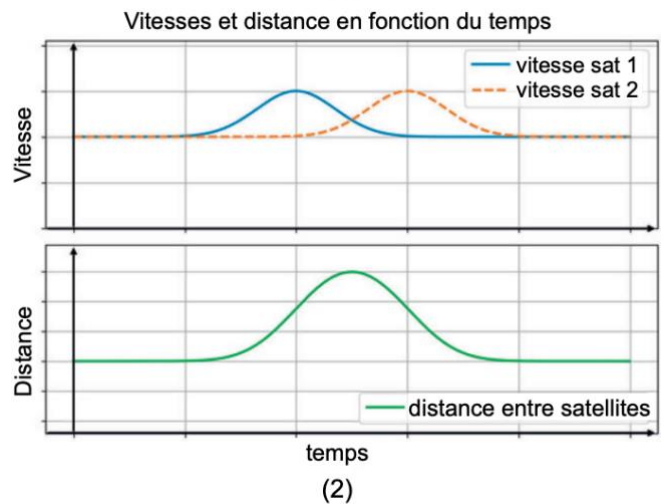
Cette fréquence est comprise entre 3×10^9 Hz et 3×10^{11} Hz : l'onde utilisée par les satellites de GRACE appartient donc au domaine des micro-ondes.

Q13.

Les deux satellites suivant la même trajectoire avec un décalage fixe, celui qui est en tête (satellite 1) passe à proximité de l'objet massif M avant le second (satellite 2) : les courbes de vitesse des deux satellites doivent donc présenter le même profil (une même « bosse » de vitesse), décalées dans le temps — ce qui élimine la proposition (3), où les deux vitesses varient simultanément sans décalage.

Lorsque la vitesse du satellite 1 est supérieure à celle du satellite 2, le satellite 1 s'éloigne plus vite : la distance entre les deux satellites augmente. Lorsque la vitesse du satellite 2 est à son tour plus grande que le satellite 1 (qui est revenu à sa vitesse normale), il rattrape son retard : la distance diminue et revient à sa valeur initiale.

La distance entre les satellites doit donc présenter une augmentation puis un retour à la valeur initiale : c'est la proposition (2) qui décrit correctement l'évolution des vitesses et de la distance relative.



Q14.

L'accélération d'un satellite due à une attraction gravitationnelle ne dépend pas de la masse du satellite :

$$\vec{a} = \frac{G \times M}{d^2} \times \vec{u}_N \text{ est indépendante de } m.$$

Les deux satellites, quelle que soit leur masse, subissent donc la même perturbation de vitesse au passage au-dessus de l'objet massif.

Cette méthode de mesure ne nécessite donc pas que les deux satellites aient la même masse.

Q15.

La fonte progressive des glaces entraîne une diminution de la masse de l'Antarctique.

La perturbation de vitesse subie par les satellites lors de leur passage au-dessus de l'Antarctique étant proportionnelle à la masse de l'objet survolé (force F_2 proportionnelle à M), une diminution de cette masse entraîne une perturbation de vitesse plus faible, et donc une variation de distance entre les deux satellites plus faible.

Sur plusieurs années, la distance maximale séparant les deux satellites lors de leurs passages au-dessus de l'Antarctique doit donc diminuer progressivement.