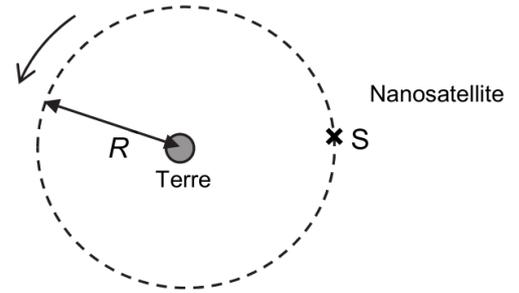


Calculatrice autorisée

/10

Le nanosatellite Beihangkongshi-1 a été lancé par une fusée LongMarch le 6 novembre 2020 et placé en orbite autour de la Terre sur une trajectoire circulaire de rayon  $R$ .



**Données :**

- constante gravitationnelle :  $G = 6,6743 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$  ;
- masse de la Terre :  $M_T = 5,9736 \times 10^{24} \text{ kg}$  ;
- masse du satellite Beihangkongshi-1 :  $m = 20 \text{ kg}$ .

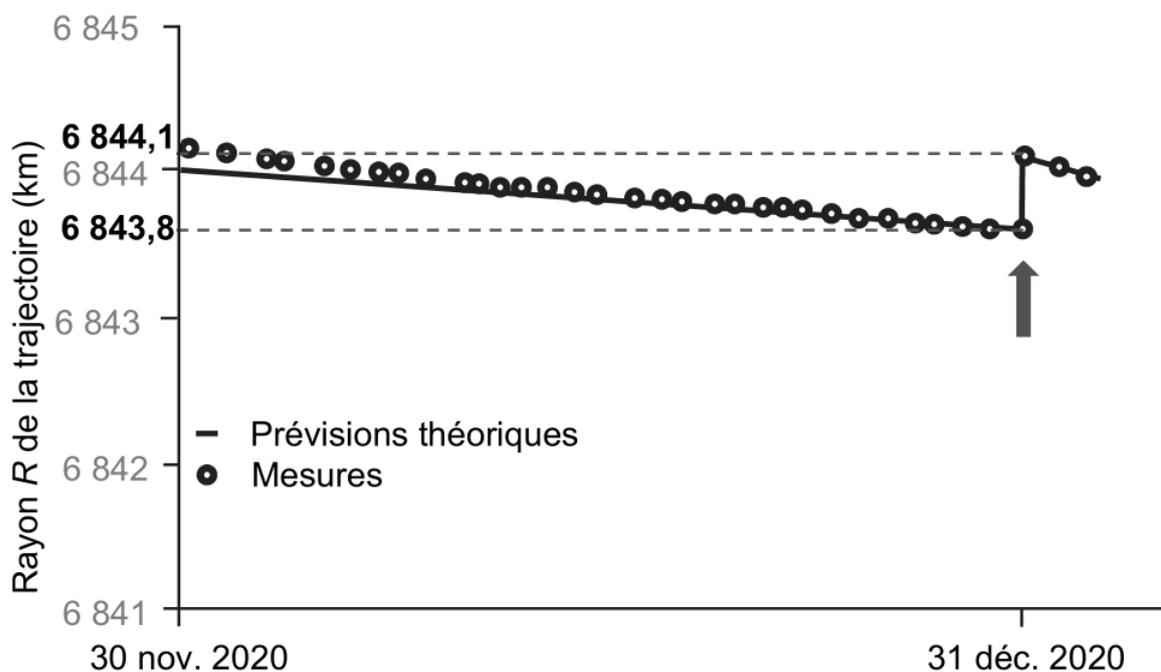
Le référentiel d'étude est le référentiel géocentrique : son origine coïncide avec le centre de la Terre et ses axes pointent vers des étoiles lointaines. Il est supposé galiléen.

1. Recopier, sans souci d'échelle, la figure ci-dessus en y faisant figurer le repère de Frenet et la force  $\vec{F}_{T/S}$  modélisant l'action gravitationnelle exercée par la Terre sur le nanosatellite.
2. À l'aide de la deuxième loi de Newton donner l'expression du vecteur accélération du nanosatellite en fonction de  $G$ ,  $M_T$  et  $R$  et d'un vecteur unitaire du repère de Frenet.
3. Établir que le mouvement est uniforme et que l'expression de la norme du vecteur vitesse est :

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{R}}$$

Dans les faits, on observe une diminution de l'altitude du nanosatellite au cours du temps. Pour pallier cette baisse d'altitude, un moteur présent sur le nanosatellite le replace régulièrement sur son orbite originelle.

Le suivi de la position du nanosatellite étudiée dans le référentiel géocentrique permet d'établir la courbe reproduite sur la figure ci-dessous qui représente l'évolution de la valeur du rayon  $R$  de son orbite en fonction du temps, depuis sa mise en orbite jusqu'à la première correction de trajectoire le 31 décembre 2020 repérée par une flèche.



4. À l'aide de la question 3 et de la figure ci-dessus, calculer la valeur  $v_1$  de la vitesse du nanosatellite le 30 novembre 2020 et la valeur  $v_2$  le 31 décembre 2020 avant la correction de trajectoire. Commenter l'évolution de la valeur de la vitesse du nanosatellite sur l'intervalle de temps considéré.

La baisse d'altitude peut être expliquée par la présence d'une atmosphère résiduelle qui exerce une force de frottement sur le nanosatellite.

5. Comment habituellement devrait évoluer la valeur de la vitesse d'un objet soumis uniquement à une force de frottement ? En déduire qu'il y a contradiction apparente avec les résultats de la question 4.

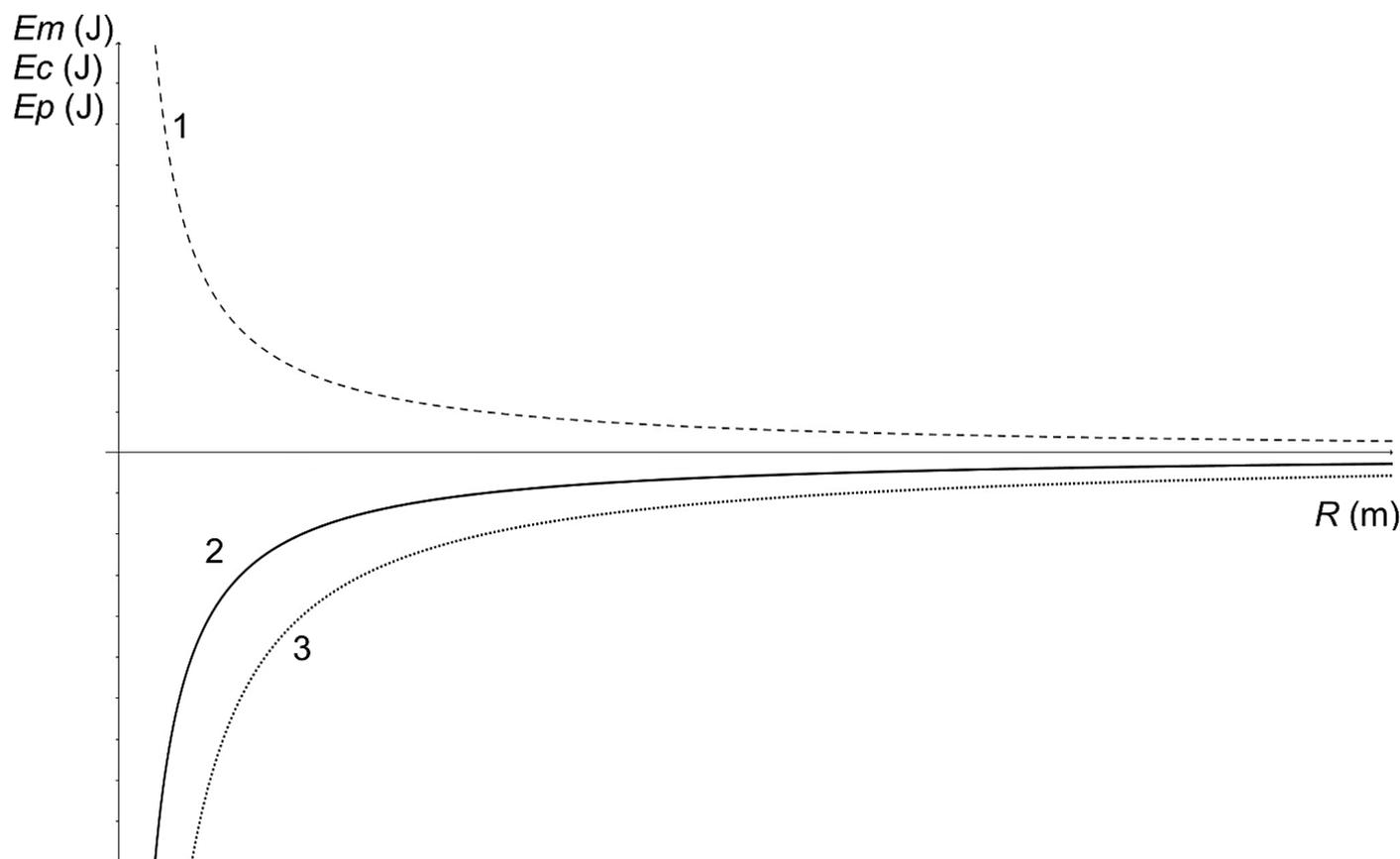
Dans la situation considérée, on admet que l'énergie potentielle du satellite a pour expression :

$$E_p = -\frac{G \cdot M_T \cdot m}{R}$$

6. Rappeler la définition de l'énergie cinétique  $E_c$ , puis l'exprimer en fonction de  $G$ ,  $M_T$ ,  $m$  et  $R$ . Donner l'expression de l'énergie mécanique du satellite dans cette situation et montrer qu'elle peut s'écrire :  $E_m = -\frac{G \cdot M_T \cdot m}{2R}$ .

Les représentations graphiques de l'énergie mécanique  $E_m$ , de l'énergie potentielle  $E_p$  et de l'énergie cinétique  $E_c$  en fonction de  $R$  sont données sur la figure ci-dessous. **Sur cette figure, la courbe 2 représente l'énergie mécanique.**

7. Attribuer, en justifiant, les énergies  $E_p$  et  $E_c$  aux deux courbes 1 et 3.



8. À l'aide du graphique (figure ci-dessus), indiquer comment évolue l'énergie mécanique  $E_m$  lors de la diminution du rayon  $R$  de la trajectoire du nanosatellite. Montrer que cette évolution est cohérente avec la présence d'une force de frottement.