

Exercice 1 :

Le télescope Hubble, d'une masse $m = 11$ tonnes, est positionné sur une « orbite basse » à une altitude quasi constante $h = 600$ km de la surface de la Terre.

Données :

Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}.\text{s}^{-2}$

Masse du Soleil : $M_S = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$

Masse de la Terre : $M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$

Distance moyenne Soleil-Terre : $d = 149,6 \times 10^6 \text{ km}$ équivaut à 1 UA (unité astronomique)

Rayon de la Terre : $R_T = 6370 \text{ km}$

Durée d'une année terrestre : 365,25 jours

On étudie le système {télescope spatial Hubble} dans le référentiel géocentrique en négligeant l'interaction gravitationnelle du Soleil avec le télescope.

1. Quelle est la trajectoire du télescope Hubble dans ce référentiel ?
2. À partir de la deuxième loi de Newton, montrer que, dans l'approximation d'une trajectoire circulaire, le mouvement du télescope Hubble est uniforme.
3. Montrer que l'expression de la valeur de la vitesse v du satellite dans le référentiel géocentrique est : $v = \sqrt{\frac{GM_T}{R_T + h}}$.
4. Établir l'expression de sa période de révolution T en fonction de R_T , h et v .
5. Rappeler la troisième loi de Kepler. Montrer que dans le cas du télescope spatial Hubble on a la relation :

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM_T} \quad \text{où} \quad r = R_T + h \text{ représente la distance entre le centre de la Terre et le télescope spatial.}$$

6. Calculer la période de révolution T du télescope spatial Hubble, exprimée en minutes.

Exercice 2 :

1. Représenter sans souci d'échelle sur **la figure 1 de l'ANNEXE 1 À RENDRE AVEC LA COPIE** la force d'interaction gravitationnelle $\vec{F}_{T/H}$ exercée par la Terre sur le satellite de masse m , supposé ponctuel et noté H.
2. On suppose que les durées de parcours du satellite sur sa trajectoire circulaire entre les points H_1 et H'_1 puis H_2 et H'_2 sont égales.
 - 2.1. Énoncer la deuxième loi de Kepler et compléter **la figure 2 de l'ANNEXE 1 À RENDRE AVEC LA COPIE** pour illustrer cette loi.
 - 2.2. En déduire que le mouvement du satellite est circulaire uniforme.
3. Établir à l'aide des lois de Newton l'expression de la valeur a de l'accélération du satellite dans le référentiel géocentrique, supposé galiléen, en fonction de G , M , de l'altitude h et de R_T .

4. Montrer que la vitesse du satellite peut se mettre sous la forme : $v = \sqrt{\frac{GM}{R_T + h}}$.

5. Le calcul de cette vitesse conduit à une valeur d'environ $7 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$. Montrer que cette valeur est compatible avec les données sachant que le satellite parcourt une circonférence $d = 42\,000 \text{ km}$ en une durée $\Delta t = 100$ minutes.

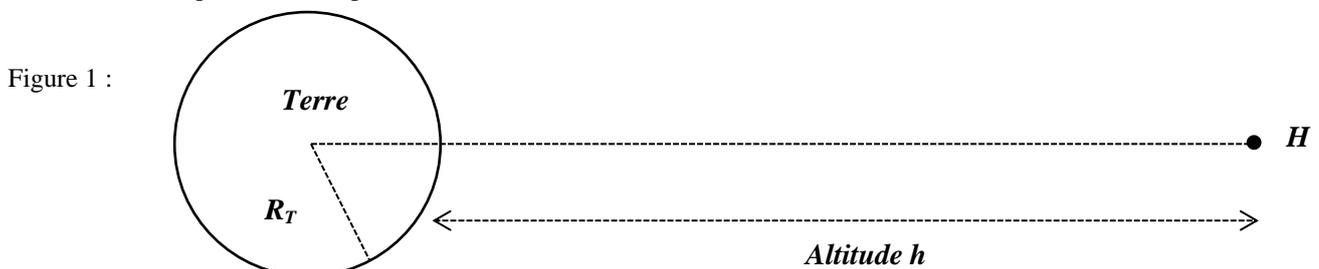
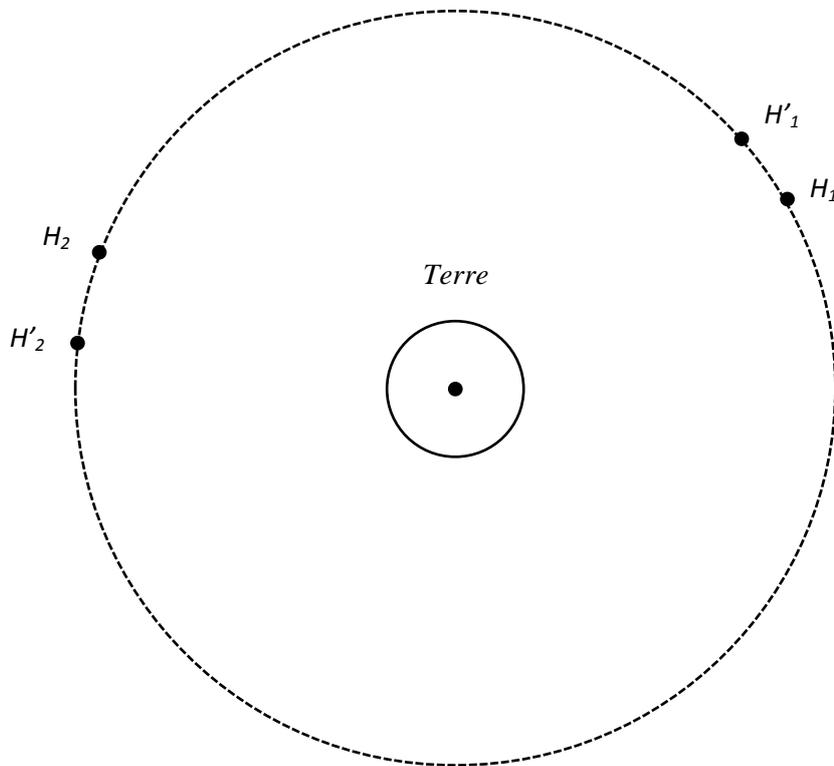


Figure 2 :



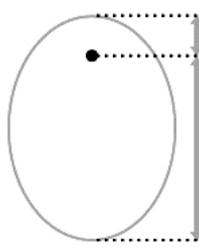
Exercice 3 :

En 2004, la sonde européenne Rosetta a quitté la Terre pour un voyage long de 10 ans. Sa destination ? La comète 67P/Churyumov-Gerasimenko, surnommé Tchouri dont elle s’est approchée au cours de l’année 2014. Une fois à proximité de cette dernière, Rosetta a entamé ses observations en juillet 2014. Puis, en novembre 2014, la sonde a largué Philae, un atterrisseur qui est venu se poser à la surface de la comète. *D’après <https://rosetta.cnes.fr>*



LES CHIFFRES-CLÉS DE LA MISSION ROSETTA

◆ ◆ ◆

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">La comète TCHOURI</p> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;">  <div> <p>C'est le nombre d'années que met 67P/Churyumov-Gerasimenko pour tourner autour du Soleil</p> </div> </div> <p style="font-size: 24px; margin: 0;">6,44</p> <p style="margin-top: 20px;">Son orbite est elliptique et l'amène à</p> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;">  <div> <p>187 MILLIONS DE KM <i>du Soleil au plus près</i></p> <p>851 MILLIONS DE KM <i>du Soleil au plus loin</i></p> </div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="font-size: 48px; margin-right: 10px;">510</div>  </div> <p>MILLIONS DE KM</p> <p>C'est la distance entre la Terre et la comète au moment de l'atterrissage</p> <h3 style="margin-top: 20px;">LE NOYAU DE LA COMÈTE</h3> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-bottom: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>mesure environ</p> <p style="font-size: 24px;">4,1 x 5,4</p> <p>KM</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>a une masse de</p>  <p>10</p> <p>MILLIARDS DE TONNES</p> </div> </div>
---	---

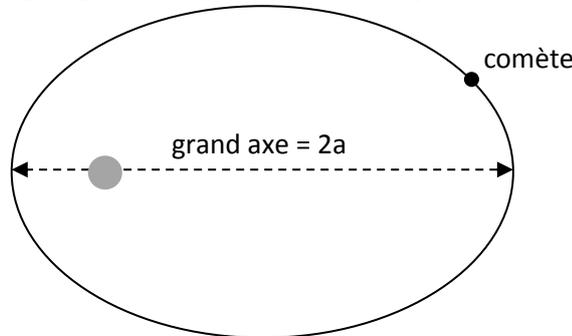
<p>La sonde ROSETTA</p>	<p>28 MINUTES</p> <p>C'est le temps nécessaire pour recevoir les données de Rosetta, au moment de l'atterrissage</p>	<p>3,5 km/h soit 1m/s</p> <p>La vitesse de descente de Philae sur la comète au moment de l'atterrissage soit la vitesse d'un Homme marchant au pas</p>	<p>20 km</p> <p>C'est l'altitude lors de la séparation entre l'orbiteur et Philae</p>
<p>L'atterrisseur PHILAE</p>	<p>Philae pèse</p> <p>100 kg sur Terre 1 g sur la comète</p>		

Données :

- masse du Soleil : $M_S = 2,00 \times 10^{30}$ kg ;
- constante de gravitation : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ N.m².kg⁻² ;
- intensité de la pesanteur sur Terre : $g_T = 10$ m.s⁻² ;

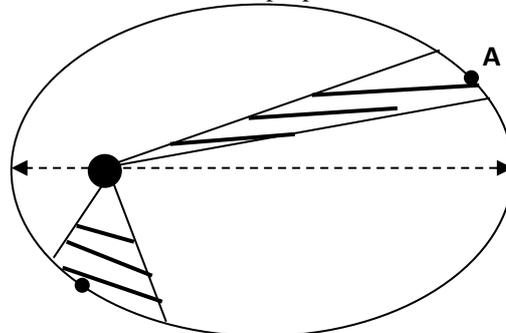
1. On suppose que la comète parcourt une trajectoire elliptique autour du Soleil.

1.1. En utilisant une des lois de Kepler, préciser la position du Soleil représentée sur le schéma ci-dessous.



1.2. Quelle est la valeur du demi-grand axe a de l'ellipse de la trajectoire de la comète Tchouri ?

1.3. En vous appuyant sur le schéma habituellement proposé, comme celui représenté ci-dessous, énoncer la deuxième loi de Kepler.



1.4. La vitesse de la comète est-elle plus grande en A ou en B ? Justifier.

2. La troisième loi de Kepler a pour expression :

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G.M}$$

où

a est le demi-grand axe de l'ellipse correspondant à la trajectoire ;
 M est la masse de l'astre attracteur ;
 T est la période de révolution de la comète.

Retrouver la valeur de la période de révolution T de la comète autour du Soleil.

3. On s'intéresse maintenant à l'atterrisseur Philaé qui s'est posé sur la comète. On assimile la comète à une sphère de rayon 2,5 km.

- 3.1. Donner l'expression de la force gravitationnelle exercée par la comète sur Philaé, quand l'atterrisseur est à la surface de la comète.
- 3.2. En supposant que cette force est égale au poids de Philaé sur la comète, déterminer la valeur de l'intensité de pesanteur g_C sur la comète.
- 3.3. Expliquer et apporter une correction scientifique à la phrase du document : « Philaé pèse 100 kg sur Terre et 1 g sur la comète ».

4. En faisant l'hypothèse que la vitesse de Philaé reste constante, lors de sa descente sur la comète, estimer la valeur de la durée de la phase d'atterrissage de Philaé.