Les acteurs de la mission Rosetta
(Bac S - Antilles-Guyane - septembre 2016)

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie

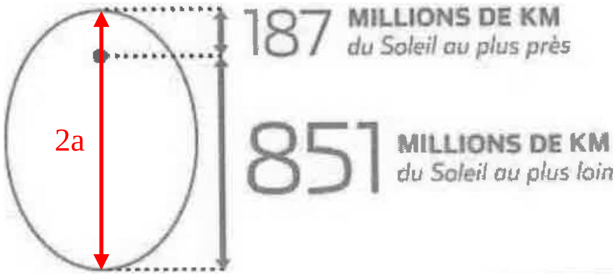
A. La trajectoire de la comète et l'atterrissage de Philae

1.1. D'après la 1ère loi de Kepler, le centre du Soleil est situé à l'un des foyers de l'ellipse.

1.2. D'après l'encadré "La comète Tchouri",

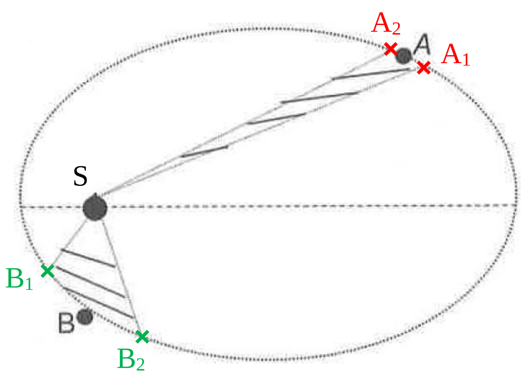
$2a = 187 + 851 = 1038$ millions de km

$\Rightarrow \quad a = \dfrac{1038}{2} = 519$ millions de km



1.3. La 2ème loi de Kepler, adaptée au cas de la comète Tchouri en mouvement autour du Soleil, indique que le segment de droite reliant le Soleil à la comète balaye des aires égales pendant des durées égales.

1.4. Les aires des surfaces (SA_1A_2) et (SB_1B_2) sont égales, donc d'après la 2ème loi de Kepler, les durées mises par la comète pour passer de A_1 à A_2 et de B_1 à B_2 sont égales.



Comme la longueur de l'arc B_1B_2 est supérieure à celle de l'arc A_1A_2, on en déduit que la vitesse de la comète en B est plus grande que celle en A.

2. D'après la formule proposée, $\dfrac{T^2}{a^3} = \dfrac{4\pi^2}{GM_S}$

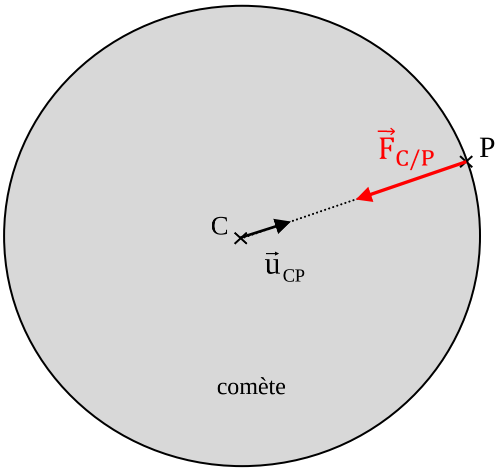
$$\Rightarrow \quad T^2 = \frac{4\pi^2 a^3}{GM_S}$$

$$\Rightarrow \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{a^3}{GM_S}} = 2\pi\sqrt{\frac{(519\times10^6\times10^3)^3}{6{,}67\times10^{-11}\times2{,}00\times10^{30}}} = 2{,}03\times10^8 \text{ s}$$

c'est-à-dire : $T = \dfrac{2{,}03\times10^8}{60\times60\times24\times365{,}25}$ ans $=$ 6,45 ans

C'est cohérent avec la valeur indiquée dans l'encadré "La comète Tchouri" (6,44 ans).

3.1. Notons M_C la masse de la comète et m_P la masse de Philae.



Quand Philae est posé à la surface de la comète, assimilée à une sphère de rayon R_C , la force gravitationnelle exercée par la comète sur Philae est :

$$\vec{F}_{C/P} = -\frac{GM_C m_P}{R_C{}^2}\ \vec{u}_{CP}$$

3.2. En supposant, en 1ère approximation, que la force gravitationnelle exercée par la comète sur Philae est égale au poids de Philae sur la comète, on a alors : $\vec{F}_{C/P} = \vec{P}$

$\Rightarrow \quad F_{C/P} = P$

$$\Rightarrow \quad \frac{GM_C m_P}{R_C{}^2} = m_P\, g_C$$

$$\Rightarrow \quad g_C = \frac{GM_C}{R_C{}^2} = \frac{6{,}67\times10^{-11}\times10\times10^9\times10^3}{(2{,}5\times10^3)^2} = 1{,}1\times10^{-4} \text{ m.s}^{-2}$$

Remarque :
D'après l'encadré "La comète Tchouri", le noyau de la comète mesure environ 4,1 km sur 5,4 km.
Dans cette question, on l'a, pour simplifier, assimilé à une boule de 5 km de diamètre, donc de 2,5 km de rayon.

3.3. Un poids s'exprime en Newton, et non en kg, donc cette phrase est fausse.

Que ce soit sur Terre ou sur la comète, la masse de Philae est la même : 100 kg.
Mais son poids P' à la surface de la Terre est différent de P, celui à la surface de la comète :
$P' = m_P\, g_T$ (où g_T est la valeur du champ de pesanteur à la surface de la Terre) et $P = m_P\, g_C$

Calculons la masse m'' d'un objet dont le poids P'' sur Terre serait égal à celui de Philae sur la comète :

$P'' = P$

$\Rightarrow\ m'' g_T = m_P\, g_C$

$$\Rightarrow\ m'' = \frac{m_P g_C}{g_T} = \frac{100 \times 1{,}1 \times 10^{-4}}{10} = 1 \times 10^{-3}\ \text{kg} = 1\ \text{g}$$

Il aurait donc fallu écrire :
" Que ce soit sur Terre ou sur la comète, la masse de Philae est la même : 100 kg.
Mais son poids sur la comète est différent de son poids sur Terre : son poids sur la comète est celui qu'aurait un objet de 1 g à la surface de la Terre".

3.4. D'après les données de l'encadré "L'atterrisseur Philae",
- l'altitude lors de la séparation entre l'orbiteur et Philae est $h = 20$ km
- la vitesse de descente est $v = 1\ \text{m.s}^{-1}$

Si on fait l'hypothèse que la vitesse de Philae reste constante lors de la descente, on peut déterminer la durée Δt de la phase d'atterrissage de Philae.

$$v = \frac{h}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{h}{v} = \frac{20 \times 10^3}{1} = 2 \times 10^4\ \text{s, soit environ 5 h 30 min}$$

<u>B. Communications entre Rosetta et la Terre</u>

1. Le texte d'introduction indique "que le débit de transmission est compris entre 5 et 20 kilobits par seconde". L'information transmise étant dénombrée en bit, le signal dont il s'agit est un signal numérique.
Il est transmis par une onde électromagnétique.

2. D'après l'encadré "La comète Tchouri", la distance entre la Terre et la comète au moment de l'atterrissage est $d = 510 \times 10^6$ km.
Les données étant transmises à la vitesse $c = 3{,}00 \times 10^8\ \text{m.s}^{-1}$, calculons la durée $\Delta t'$ nécessaire pour recevoir sur Terre les données envoyées par Rosetta :

$$c = \frac{d}{\Delta t'} \Rightarrow \Delta t' = \frac{d}{c} = \frac{510 \times 10^6 \times 10^3}{3{,}00 \times 10^8} = 1{,}7 \times 10^3\ \text{s} = 28\ \text{min}$$

Ce résultat correspond à la valeur indiquée dans l'encadré "La sonde Rosetta".

3. L'image, qui représente un carré de 7,4 km de côté, a une définition de 1024×1024 pixels.
Un pixel correspond donc à un carré de $\dfrac{7{,}4 \times 10^3}{1024} = 7{,}2$ m de côté.
Il n'est donc pas possible de distinguer un détail de 1 m sur la photo.

4.

	sur la photo	en réalité
échelle	11,25 cm	7,4 km
largeur de la comète	6,6 cm	ℓ = ?
longueur de la comète	8,8 cm	L = ?

La largeur de la comète vaut donc : $\ell = \dfrac{6{,}6 \times 7{,}4}{11{,}25} = 4{,}3$ km

et sa longueur est : $L = \dfrac{8{,}8 \times 7{,}4}{11{,}25} = 5{,}8$ km

Les valeurs obtenues sont voisines de celles indiquées dans l'encadré "La comète Tchouri" : 4,1 km et 5,4 km

5. Il y a 1024×1024 = 1 048 576 pixels.
Chaque pixel est codé par un octet, donc la taille numérique de la photographie est :
TN = 1 048 576 octets = 1048,576 ko

6. Calculons la durée $\Delta t''$ de transmission d'une image.

$TN = D_t \times \Delta t''$, donc $\Delta t'' = \dfrac{TN}{D_t} = \dfrac{1048576 \times 8}{12 \times 10^3} = 7{,}0 \times 10^2$ s = 12 min

7. La mémoire de masse étant de 25 Go, on peut y stocker :

$N = \dfrac{25 \times 10^9}{1048576} = 2{,}4 \times 10^4$ photographies