Les acteurs de la mission rosetta

Bac S 2016 Antilles-Guyane rattrapage (ancien programme) · Exercice 1 **6 points** **Durée conseillée 1 h**

1.1 Partie A. En utilisant une des lois de Kepler, préciser la position du Soleil représentée sur le schéma.

Première loi de Kepler (loi des orbites) : dans le référentiel héliocentrique, la trajectoire de la comète est une ellipse dont le Soleil occupe l'un des foyers.

Sur le schéma, le Soleil est placé à l'un des **foyers** de l'ellipse : il est sur le grand axe, décalé du centre, du côté du périhélie.

PIÈGE
Écrire que le Soleil est « au centre » de l'ellipse. Le centre est le milieu du grand axe ; le Soleil en est décalé.

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

Données utiles document : la comète passe à 187 millions de km du Soleil au plus près et à 851 millions de km au plus loin

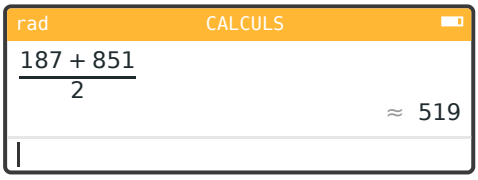
Le périhélie, le Soleil et l'aphélie sont alignés sur le grand axe : sa longueur est la somme des deux distances extrêmes au Soleil.

$2a = 187 + 851 = 1038$ millions de km, donc $a = \dfrac{187 + 851}{2}$

$a = 519$ millions de km $= 5{,}19 \times 10^{11}$ m

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme les deux distances du document. La conversion en mètres ($1\ \text{km} = 10^3\ \text{m}$, un million $= 10^6$) prépare le calcul de la période.

À LA CALCULATRICE



1.3 Partie A. En s'appuyant sur le schéma proposé, énoncer la deuxième loi de Kepler.

Deuxième loi de Kepler (loi des aires) : dans le référentiel héliocentrique, le segment qui joint le centre du Soleil au centre de la comète balaie des aires égales pendant des durées égales.

Sur le schéma, les deux surfaces hachurées ont la **même aire** si elles sont balayées pendant la **même durée**.

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

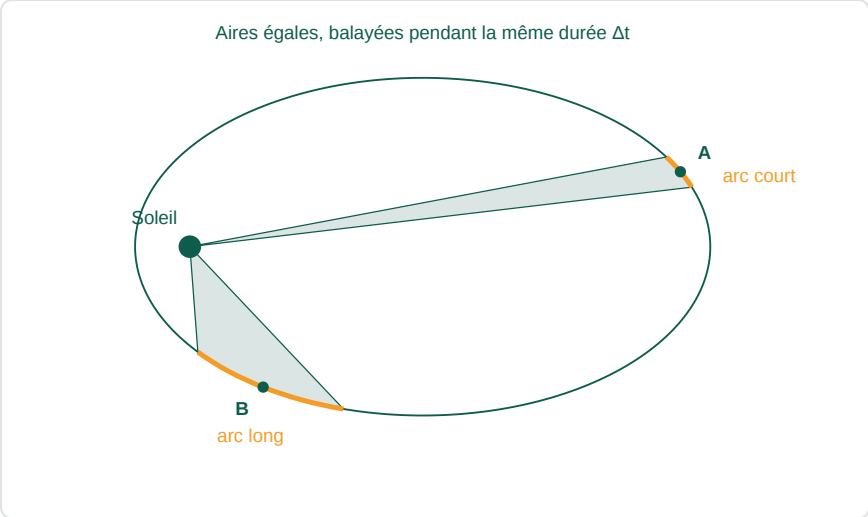
Les deux aires hachurées sont égales : elles sont donc balayées pendant la même durée Δt (loi des aires).

Près de B, la comète est proche du Soleil : pour balayer la même aire avec un rayon plus court, elle parcourt un arc L_B plus long que l'arc L_A parcouru près de A.

Comme $v = \dfrac{L}{\Delta t}$ avec la même durée, $L_B > L_A$ entraîne $v_B > v_A$.

La vitesse de la comète est plus grande en **B**, le point le plus proche du Soleil.

COMPRENDRE
La vitesse est maximale au périhélie et minimale à l'aphélie. Le mouvement n'est uniforme que si l'orbite est circulaire.



1.4 · Loi des aires : près du Soleil, l'arc parcouru pendant la même durée est plus long

2 Partie A. À partir de la troisième loi de Kepler, retrouver la valeur de la période de révolution T de la comète autour du Soleil.

Données utiles $a = 5{,}19 \times 10^{11}$ m (Q1.2) ; $M_S = 2{,}00 \times 10^{30}$ kg ; $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ N · m^2 · kg^{-2} ; document : 6,44 années

L'astre attracteur est le Soleil : $\dfrac{T^2}{a^3} = \dfrac{4\pi^2}{G\,M_S}$, donc $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{a^3}{G\,M_S}}$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{(5{,}19 \times 10^{11})^3}{6{,}67 \times 10^{-11} \times 2{,}00 \times 10^{30}}} = 2{,}03 \times 10^{8}\ \text{s}$$

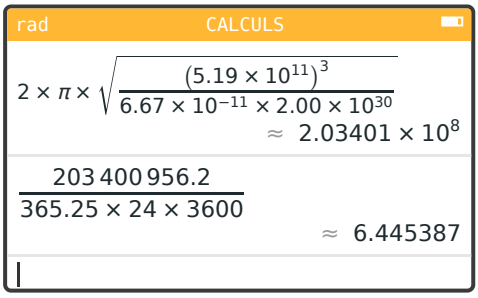
En années de 365,25 jours : $T = \dfrac{2{,}03 \times 10^{8}}{365{,}25 \times 24 \times 3600} = 6{,}44$ ans.

$T = 2{,}03 \times 10^{8}$ s $\approx 6{,}44$ ans : on retrouve la valeur du document.

PIÈGE
Laisser a en millions de kilomètres : avec G en unités SI, a doit être en mètres. Penser aussi au cube sous la racine.

COMPRENDRE
La durée de l'année n'est pas donnée par l'énoncé. Avec 365 jours on obtient 6,45 ans : l'écart ne porte que sur le dernier chiffre.

À LA CALCULATRICE



3.1 Partie A. Donner l'expression de la force gravitationnelle exercée par la comète sur Philae quand l'atterrisseur est à la surface de la comète.

On note m_C la masse de la comète, m_P celle de Philae et R_C le rayon de la comète. À la surface, Philae est à la distance R_C du centre de la comète.

$F_{C/P} = G\dfrac{m_C\,m_P}{R_C^2}$: force attractive, dirigée de Philae vers le centre de la comète.

PIÈGE
Oublier le carré au dénominateur, ou prendre une altitude nulle comme distance : la distance se compte entre les centres, donc ici R_C.

3.2 Partie A. En supposant que cette force est égale au poids de Philae sur la comète, déterminer la valeur de l'intensité de pesanteur g_C sur la comète.

Données utiles $m_C = 10$ milliards de tonnes $= 10 \times 10^{12}$ kg ; $R_C = 2{,}5$ km $= 2{,}5 \times 10^3$ m ; $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ N · m^2 · kg^{-2}

Poids de Philae sur la comète : $P = m_P\, g_C$.

$P = F_{C/P}$ s'écrit $m_P\, g_C = G\,\dfrac{m_C\, m_P}{R_C^2}$, donc $g_C = \dfrac{G\, m_C}{R_C^2}$

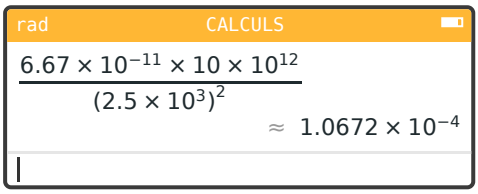
$$g_C = \frac{6{,}67 \times 10^{-11} \times 10 \times 10^{12}}{(2{,}5 \times 10^3)^2} = 1{,}1 \times 10^{-4}\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$g_C = 1{,}1 \times 10^{-4}$ N · kg^{-1} (ou m · s^{-2})

PIÈGE
Conversions : une tonne vaut 10^3 kg et un milliard 10^9, donc 10 milliards de tonnes font 10^{13} kg. Le rayon se met en mètres.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme le rayon et la masse de la comète. La masse de Philae se simplifie : g_C ne dépend que de l'astre.

À LA CALCULATRICE



3.3 Partie A. Expliquer et corriger scientifiquement la phrase du document : « Philae pèse 100 kg sur Terre et 1 g sur la comète ».

Données utiles $g_T = 10$ m · s^{-2} ; $g_C = 1{,}1 \times 10^{-4}$ N · kg^{-1} (Q3.2)

La phrase confond la masse (en kg) et le poids (en N). La masse de Philae ne dépend pas du lieu : elle vaut $m_P = 100$ kg sur Terre comme sur la comète. C'est son poids $P = m\,g$ qui change.

Sur Terre : $P_T = m_P\, g_T = 100 \times 10 = 1{,}0 \times 10^3$ N.

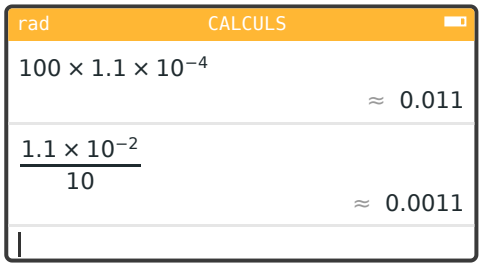
Sur la comète : $P_C = m_P\, g_C = 100 \times 1{,}1 \times 10^{-4} = 1{,}1 \times 10^{-2}$ N.

Sur Terre, ce poids serait celui d'un objet de masse $\dfrac{P_C}{g_T} = \dfrac{1{,}1 \times 10^{-2}}{10} = 1{,}1 \times 10^{-3}$ kg, soit environ 1 g.

Phrase corrigée : « Philae a une masse de 100 kg partout ; son poids vaut environ $1{,}0 \times 10^3$ N sur Terre et $1{,}1 \times 10^{-2}$ N sur la comète, autant qu'un objet de 1 g sur Terre. »

COMPRENDRE
Le rapport $\dfrac{g_C}{g_T} \approx 10^{-5}$ est aussi celui de 1 g à 100 kg : le document compare des poids en les exprimant comme des masses.

À LA CALCULATRICE



4 Partie A. En supposant que la vitesse de Philae reste constante pendant sa descente, estimer la durée de la phase d'atterrissage.

Données utiles document : séparation à l'altitude $d = 20$ km ; vitesse de descente $v = 3{,}5$ km · h^{-1}, soit 1 m · s^{-1}

À vitesse constante : $v = \dfrac{d}{\Delta t}$, donc $\Delta t = \dfrac{d}{v}$

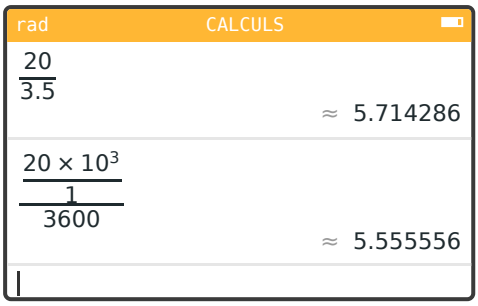
$$\Delta t = \frac{20}{3{,}5} = 5{,}7\ \text{h}$$

Avec $v = 1$ m · s^{-1} : $\Delta t = \dfrac{20 \times 10^3}{1} = 2 \times 10^4$ s, soit 5,6 h. Les deux valeurs concordent.

$\Delta t \approx 5{,}7$ h : la descente dure un peu moins de 6 heures.

MÉTHODE
« Estimer » : choisir un modèle simple (ici le mouvement uniforme), prendre les données dans le document en unités cohérentes, puis donner un ordre de grandeur avec peu de chiffres.

À LA CALCULATRICE



1 Partie B. Quelle est la nature du signal transmis entre la sonde Rosetta et la Terre ?

Entre la sonde et la Terre, le signal traverse le vide spatial : seule une onde électromagnétique peut s'y propager, une onde mécanique a besoin d'un milieu matériel.

Le signal est une **onde électromagnétique** ; sa fréquence de 8,4 GHz la place dans le domaine des ondes radio.

2 Partie B. La durée nécessaire pour recevoir les données de Rosetta sur Terre est-elle en accord avec la position de Rosetta par rapport à la Terre au moment de l'atterrissage ?

Données utiles document : distance Terre-comète $d = 510$ millions de km, durée annoncée 28 minutes ; $c = 3{,}00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

L'onde électromagnétique se propage dans le vide à la célérité c :

$\Delta t = \dfrac{d}{c}$, avec $d = 510 \times 10^6 \times 10^3 = 5{,}10 \times 10^{11}$ m.

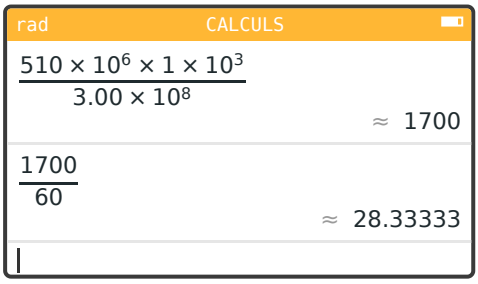
$$\Delta t = \frac{5{,}10 \times 10^{11}}{3{,}00 \times 10^8} = 1{,}70 \times 10^3 \text{ s}$$

Soit $\dfrac{1{,}70 \times 10^3}{60} = 28{,}3$ min.

$\Delta t = 1{,}70 \times 10^3$ s ≈ 28 min : la durée annoncée est en accord avec la distance de 510 millions de km.

PIÈGE
Garder la distance en kilomètres avec c en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$: la durée trouvée serait mille fois trop petite.

À LA CALCULATRICE



3 Partie B. Est-il possible de distinguer un détail de 1 m sur la comète à partir de la photographie ?

Données utiles image carrée de 7,4 km de côté ; définition 1024×1024 pixels

Un côté de 7,4 km est réparti sur 1024 pixels. Chaque pixel représente donc sur la comète un carré de côté :

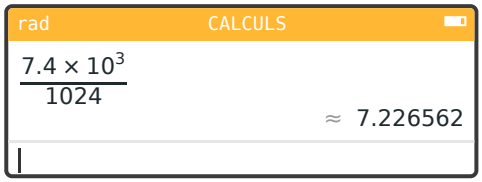
$$\ell = \frac{7{,}4 \times 10^3}{1024} = 7{,}2 \text{ m}$$

Un détail de 1 m est plus petit qu'un pixel : il est noyé dans une seule nuance de gris.

Non : un pixel couvre 7,2 m, on ne peut pas distinguer un détail de 1 m.

COMPRENDRE
Le pixel est le plus petit élément de l'image. Deux détails ne sont séparés que s'ils tombent sur des pixels différents : la taille d'un pixel fixe la limite.

À LA CALCULATRICE



4 Partie B. Cette photographie permet-elle de retrouver les dimensions de la comète ?

Données utiles côté de l'image : 7,4 km ; document : le noyau mesure environ $4{,}1 \times 5{,}4$ km

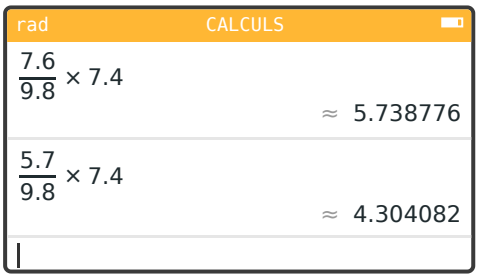
La photographie a une échelle connue. Sur le sujet, le côté de l'image mesure 9,8 cm pour 7,4 km ; la comète y occupe environ 7,6 cm en hauteur et 5,7 cm en largeur.

Hauteur : $\frac{7{,}6}{9{,}8} \times 7{,}4 = 5{,}7$ km Largeur : $\frac{5{,}7}{9{,}8} \times 7{,}4 = 4{,}3$ km

Oui : on trouve environ $4{,}3 \times 5{,}7$ km, valeurs proches des $4{,}1 \times 5{,}4$ km du document.

COMPRENDRE
Les longueurs mesurées dépendent de l'impression du sujet ; seuls leurs rapports comptent. L'écart de quelques pour cent vient du contour irrégulier de la comète et de la précision de la règle.

À LA CALCULATRICE



5 Partie B. Quelle est la taille numérique TN de cette photographie, exprimée en kilooctets ?

Données utiles 1024×1024 pixels ; 1 octet par pixel ; $1 \text{ Go} = 10^9$ octets

Taille numérique = nombre de pixels × nombre d'octets par pixel.

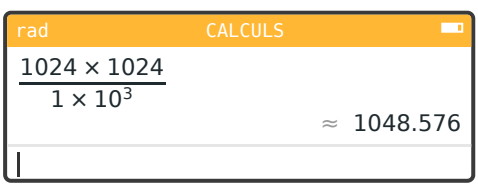
$TN = 1024 \times 1024 \times 1 = 1\,048\,576$ octets

Avec $1 \text{ ko} = 10^3$ octets :

$TN = 1{,}05 \times 10^3$ ko (précisément 1049 ko)

COMPRENDRE
Un octet par pixel donne $2^8 = 256$ nuances de gris. Les images numériques et le débit binaire (questions 5 à 7) ne figurent plus au programme actuel de spécialité de Terminale.

À LA CALCULATRICE



6 Partie B. Lorsque le débit de transmission vaut $D_t = 12$ kilobits par seconde, quelle est la durée de la transmission de la photographie ?

Données utiles $TN = 1\,048\,576$ octets (Q5) ; 1 octet = 8 bits ; $D_t = 12 \times 10^3$ bit · s^{-1}

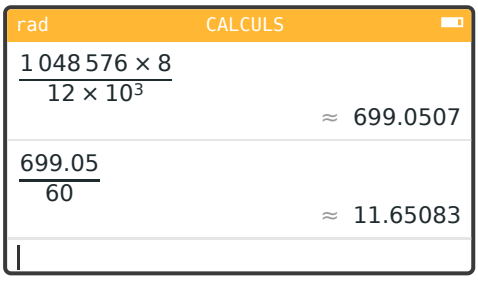
Le débit est le nombre de bits transmis par seconde : $D_t = \dfrac{TN}{\Delta t}$, avec TN en bits, donc $\Delta t = \dfrac{TN}{D_t}$

$$\Delta t = \frac{1\,048\,576 \times 8}{12 \times 10^3} = 7{,}0 \times 10^2 \text{ s}$$

$\Delta t = 7{,}0 \times 10^2$ s, soit environ 12 minutes pour une seule photographie.

PIÈGE
Diviser des octets par des bits par seconde. Le débit est en bits : la taille de l'image doit d'abord être multipliée par 8.

À LA CALCULATRICE



7 Partie B. Combien de photographies prises par la NavCam la mémoire de masse peut-elle stocker ?

Données utiles mémoire de masse : 25 Go $= 25 \times 10^9$ octets ; $TN = 1\,048\,576$ octets (Q5)

Nombre de photographies : $N = \dfrac{\text{capacité de la mémoire}}{TN}$, les deux tailles étant en octets.

$$N = \frac{25 \times 10^9}{1\,048\,576} = 2{,}4 \times 10^4$$

La mémoire peut stocker environ $2{,}4 \times 10^4$ photographies (23 841 exactement).

COMPRENDRE
Un nombre d'images complètes s'arrondit à l'entier inférieur : 23 841 et non 23 842. À 12 minutes par image, vider cette mémoire prendrait plusieurs mois.

À LA CALCULATRICE

