ENTRAÎNEMENT AU BACCALAURÉAT – SESSION 2014

Lycée International des Pontonniers - Strasbourg

Proposition de correction – Enseignement de spécialité

EXERCICE I : AUTOUR DE L'ACTUALITÉ ASTRONOMIQUE

1. Étude de la comète ISON

1.1. D'après la première loi de Kepler, dans le référentiel héliocentrique, la trajectoire du centre d'une planète est une ellipse dont un des foyers est occupé par le centre du Soleil. Ainsi, il est cohérent de trouver, sur la figure 2, le Soleil confondu avec le foyer F_1.

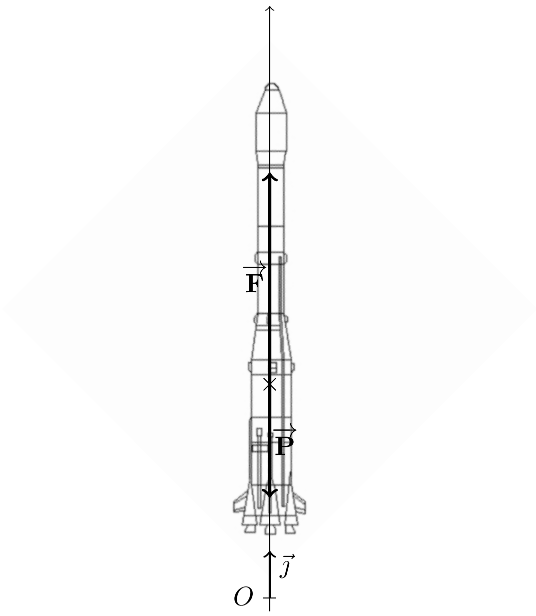
1.2. D'après la deuxième loi de Kepler (ou loi des aires), le segment $[SM]$ balaie des aires égales pendant des durées égales. Ainsi, comme la durée de parcours entre les points M_1 et M_1' est égale à celle entre les points M_2 et M_2', on en déduit que les deux aires sont égales : $A_1 = A_2$.

1.3. La distance parcourue par la planète sur son entre les points M_1 et M_1' est inférieure à celle parcourue entre les points M_2 et M_2'. En outre, ces distances sont parcourues pendant des durées égales. On en déduit que la vitesse moyenne de la planète entre les points M_1 et M_1' est inférieure à la vitesse moyenne de la planète entre les points M_2 et M_2' : $v_1 < v_2$.

2. Lancement du satellite GAIA

2.1. Forces s'exerçant pendant le décollage : pour que la fusée décolle, l'intensité de la force de poussée $\overrightarrow{F}$ doit être supérieure à l'intensité du poids $\overrightarrow{P}$.

2.2. Dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen, d'après la deuxième loi de Newton, on a : $\overrightarrow{F} + \overrightarrow{P} = \dfrac{d\vec{p}}{dt}$. Or la masse du système est supposée constante d'où il vient la relation suivante : $\overrightarrow{F} + \overrightarrow{P} = M \cdot \vec{a}$. En outre, $\overrightarrow{P} = M \cdot \vec{g}$ d'où $\overrightarrow{F} + M \cdot \vec{g} = M \cdot \vec{a}$ ou encore $\vec{a} = \dfrac{\overrightarrow{F}}{M} + \vec{g}$. Enfin, $\overrightarrow{F}$ est dans le même sens que l'axe (Oy) alors que $\overrightarrow{P}$ est dans le sens opposé d'où, l'accélération étant dirigée vers le haut durant le décollage : $a = a_y = \boxed{\dfrac{F}{M} - g}$



2.3. Valeur de cette accélération : $a = \dfrac{F}{M} - g = \dfrac{1,16 \cdot 10^7}{7,3 \cdot 10^5} - 10 = 6\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$

2.4. À chaque instant, $a_y = \dfrac{dv_y}{dt} = a = cste$ donc, en intégrant, $v_y = a \cdot t + v_{y_0} = a \cdot t$ car la vitesse de la fusée est initialement nulle. En outre, la vitesse de la fusée est purement verticale et vers le haut (donc dans le même sens que l'axe (Oy)) au décollage donc $v(t) = v_y = \boxed{a \cdot t}$ ou encore $v(t) = 6 \cdot t$.

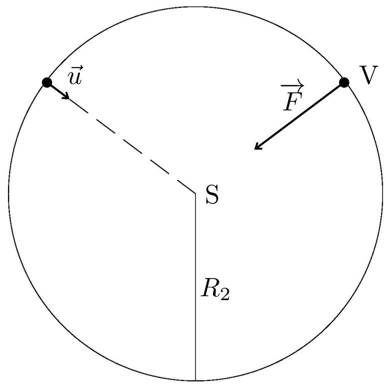
2.5. À chaque instant, $v_y = \dfrac{dy}{dt} = a \cdot t$ donc $y(t) = \dfrac{1}{2} a \cdot t^2 + y_0 = \boxed{\dfrac{1}{2} a \cdot t^2}$ car la fusée quitte l'origine de l'axe (Oy) à la date $t = 0$.

2.6. À la date $t_1 = 6,0$ s, la fusée aura parcouru la distance $y(6,0) = \dfrac{1}{2} a \cdot {t_1}^2 = \dfrac{1}{2} \times 6 \times (6,0)^2 = 100$ m

3. Visibilité et transit de Vénus

Partie A : Étude des caractéristiques du mouvement de Vénus

3.1. Le référentiel d'étude est centré sur le centre du Soleil : il s'agit du référentiel héliocentrique.



3.2. Soit $\overrightarrow{F_{S/V}}$ la force exercée par le Soleil sur Vénus et soit $\vec{u}$ un vecteur unitaire mobile radial dirigé vers le centre du Soleil. Alors la force exercée par le Soleil sur Vénus s'exprime par $\overrightarrow{F_{S/V}} = G \cdot \dfrac{M_1 \cdot M_2}{{R_2}^2} \cdot \vec{u}$

3.3. Dans le référentiel héliocentrique considéré comme galiléen, d'après la deuxième loi de Newton, on a : $\overrightarrow{F_{S/V}} = \dfrac{d\vec{p}}{dt}$. Or la masse de Vénus est constante d'où il vient la relation suivante : $\overrightarrow{F_{S/V}} = M_2 \cdot \vec{a}$. Autrement dit, $G \cdot \dfrac{M_1 \cdot \cancel{M_2}}{{R_2}^2} \cdot \vec{u} = \cancel{M_2} \cdot \vec{a}$ d'où $\vec{a} = G \cdot \dfrac{M_1}{{R_2}^2} \cdot \vec{u}$

3.4. Étude théorique de la vitesse orbitale de Vénus

3.4.1 Si le mouvement de Vénus est uniforme, alors son accélération est purement normale et centripète d'où $\vec{a} = \dfrac{{v_2}^2}{R_2} \cdot \vec{u}$, le terme tangentiel $\dfrac{dv}{dt} \cdot \overrightarrow{u_T}$ où $\overrightarrow{u_T}$ est un vecteur tangent à la trajectoire orienté dans le sens du mouvement étant nul puisque la valeur de la vitesse est constante.

3.4.2 D'après ce qui précède, on a : $\dfrac{{v_2}^2}{\cancel{R_2}} = G \cdot \dfrac{M_1}{{R_2}^{\cancel{2}}}$ soit ${v_2}^2 = \dfrac{G \cdot M_1}{R_2}$ ou encore $v_2 = \sqrt{\dfrac{G \cdot M_1}{R_2}}$

3.4.3 $v_2 = \sqrt{\dfrac{G \cdot M_1}{R_2}} = \sqrt{\dfrac{6,6 \cdot 10^{-11} \times 2,0 \cdot 10^{30}}{1,0 \cdot 10^8 \cdot 10^3}} = 3,6 \cdot 10^4\ \mathrm{m \cdot s^{-1}} = 36\ \mathrm{km \cdot s^{-1}}$

3.5. Étude de la période de Vénus

3.5.1 La période de révolution T_2 de Vénus est la durée que met Vénus pour faire un tour complet sur son orbite autour du Soleil.

3.5.2 On a donc $T_2 = \dfrac{2\pi \cdot R_2}{v_2} = \dfrac{2\pi \times 1,0 \cdot 10^8 \cdot 10^3}{3,6 \cdot 10^4} = 1,7 \cdot 10^7$ s $\simeq 200$ jours terrestres

3.6. La troisième loi de Kepler

3.6.1 $T_2 = \dfrac{2\pi \cdot R_2}{v_2} = 2\pi \cdot R_2 \cdot \sqrt{\dfrac{R_2}{G \cdot M_1}}$ d'où ${T_2}^2 = 4\pi^2 \cdot {R_2}^2 \cdot \dfrac{R_2}{G \cdot M_1} = \dfrac{4\pi^2 \cdot {R_2}^3}{G \cdot M_1}$. On en déduit que le rapport du carré de la période de révolution au cube du rayon de l'orbite (jouant le rôle du demi grand-axe dans l'approximation des orbites circulaires) vaut : $\dfrac{{T_2}^2}{{R_2}^3} = \dfrac{4\pi^2}{G \cdot M_1}$. Ce rapport est indépendant de la planète considérée et ne dépend que de l'astre attracteur (le Soleil dans notre cas). On retrouve ainsi la troisième loi de Kepler.

3.6.2 On peut en déduire l'expression de la masse du Soleil : $M_1 = \dfrac{4\pi^2 \cdot {R_2}^3}{G \cdot {T_2}^2}$

Partie B : Exploitation du transit de Vénus

3.7. On remarque la distance OE est égale au diamètre D_1 du Soleil. Ainsi, on obtient la distance AB par la relation : $AB = \dfrac{3}{4} \cdot OE = \dfrac{3}{4} \times 1,4 \cdot 10^6 = 1,1 \cdot 10^6$ km $= 1,1 \cdot 10^9$ m

3.8. Une autre détermination de la vitesse de Vénus

3.8.1 Par définition, $v_1 = \dfrac{A'B'}{t_{AB}}$. La distance $A'B'$ se calcule par le théorème de Thalès appliqué aux triangles $Q_1B'A'$ et Q_1BA en situation de Thalès, les segments $[A'B']$ et $[AB]$ étant considérés comme parallèles. Ainsi, il vient : $\dfrac{A'B'}{AB} = \dfrac{Q_1B'}{Q_1B}$ d'où $A'B' = \dfrac{AB \cdot Q_1B'}{Q_1B}$. Or $Q_1B = R_1$ et $Q_1B' = Q_1B - BB' = R_1 - R_2$. Ainsi, on obtient : $A'B' = AB \cdot \dfrac{R_1 - R_2}{R_1}$ et enfin la vitesse de Vénus : $v_1 = \dfrac{AB}{t_{AB}} \cdot \dfrac{R_1 - R_2}{R_1} = \dfrac{1,1 \cdot 10^9}{2,0 \cdot 10^4} \cdot \dfrac{1,5 \cdot 10^8 - 1,0 \cdot 10^8}{1,5 \cdot 10^8} = 1,8 \cdot 10^4\ \mathrm{m \cdot s^{-1}} = 18\ \mathrm{km \cdot s^{-1}}$

3.8.2 Pendant le transit de Vénus, la Terre n'est pas immobile mais se déplace sur son orbite autour du Soleil. Il faudrait tenir compte de ce fait dans les calculs précédents.

EXERCICE II : LA CHIMIE DE LA RUCHE

1. Première partie : cire d'abeille et spectroscopies

1.1. La grandeur placée sur l'axe horizontal se nomme le nombre d'onde qui s'exprime en $\mathrm{cm^{-1}}$.

1.2. Si l'échantillon a été conservé en milieu humide, on doit retrouver les bandes caractéristiques d'absorption des acides carboxliques et des alcools dans le spectre, à savoir : une bande de forte absorption au-delà de $3200\ \mathrm{cm^{-1}}$ pour $\mathrm{O-H}$ que l'on ne trouve pas dans le spectre de l'échantillon, une bande de forte absorption due aux liaisons $\mathrm{C=O_{acide}}$ entre $1680\ \mathrm{cm^{-1}}$ et $1710\ \mathrm{cm^{-1}}$ que l'on trouve effectivement dans le spectre mais qui est chevauche celle due aux esters ainsi qu'une bande de forte absorption due aux liaisons $\mathrm{C_{tétra}-H}$ entre $2800\ \mathrm{cm^{-1}}$ et $3000\ \mathrm{cm^{-1}}$, elle aussi bien présente dans le spectre mais elle aussi commune à de nombreuses espèces organiques. L'absence de la bande due aux alcools démontre leur absence dans l'échantillon qui n'a donc pas été conservé en milieu humide.

En effet, si l'échantillon a été conservé en milieu sec, on doit retrouver les bandes caractéristiques d'absorption des esters dans le spectre, à savoir : une bande de forte absorption entre $1700\ \mathrm{cm^{-1}}$ et $1740\ \mathrm{cm^{-1}}$ pour $\mathrm{C=O_{ester}}$ que l'on trouve bel et bien dans le spectre de l'échantillon ainsi qu'une bande de forte absorption due aux liaisons $\mathrm{C_{tétra}-H}$ entre $2800\ \mathrm{cm^{-1}}$ et $3000\ \mathrm{cm^{-1}}$, elle aussi bien présente dans le spectre. L'échantillon a donc bel et été conservé en milieu sec.

1.3. **Proposition a : VRAI.** La courbe d'intégration subit un saut annoté comme étant celui correspondant à un seul proton.

Proposition b : FAUX. En effet, les signaux 1 et 3 présentent la même constante de couplage donc correspondent à des protons voisins. Le signal 1 étant un quintuplet, le proton à l'origine du signal 1 a 4 voisins qui ne lui sont pas équivalents et qui sont à l'origine du signal 3. Ainsi, le signal 3 est généré par 4 protons. En outre, la courbe d'intégration montre, pour le signal 2, un saut trois fois supérieur à celui du signal 1 (qui intègre pour un seul proton). Ainsi, on en déduit que le signal 2 est produit par 3 protons.

Propostion c : FAUX. Le signal 4 présente un déplacement chimique nul, il s'agit donc de protons de la référence utilisée et non de protons présents dans la molécule étudiée. Ainsi, les protons de la molécule étudiée correspondent aux signaux 1, 2 et 3. Le nombre total de protons est donc de $1+3+4=8$ et non pas 10.

Proposition d : FAUX. Le signal 3 est un doublet donc les protons à l'origine de ce signal n'ont qu'un seul proton voisin.

Proposition e : FAUX. Comme dit précédemment, seuls les signaux 1, 2 et 3 sont produits par des protons de la molécule étudiée, le signal 4 étant produit par la référence. Ainsi, il n'y a donc que 3 groupes de protons dans cette molécule.

Proposition f : VRAI. En effet, comme vu dans la question précédente, s'il s'agissait d'un alcool, on trouverait une bande d'absorption intense dans le spectre infrarouge au-delà de $3200\ \mathrm{cm^{-1}}$ or l'énoncé indique qu'il n'y a aucune bande au-delà de $3000\ \mathrm{cm^{-1}}$. Il ne peut donc pas s'agir d'un alcool.

2. Deuxième partie : nettoyage de la ruche

2.1. L'ordre de grandeur du coefficient d'extinction molaire ϵ_{350} de l'ion triiodure à la longueur d'onde $\lambda = 350$ nm est de $\epsilon_{350} = 1000\ \mathrm{L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}}$ d'après le document 2.

2.2. D'après la loi de Beer-Lambert, $A_{350} = \epsilon_{350} \cdot \ell \cdot c = 1000 \times 1 \times 0,04 = 40$, une solution de Lugol ayant une concentration en ions triiodure $c = 0,04\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ d'après le document 1.

2.3. Les mesures sont effectuées à la longueur d'onde $\lambda = 500$ nm afin de diminuer l'absorbance de la solution (le coefficient d'extinction molaire de l'ion triiodure est environ 4 fois moindre à cette longueur d'onde). La dilution d'un facteur 10 a le même rôle. Ces deux choix permettent de mesurer des absorbances plus faibles (environ 40 fois plus faibles donc de l'ordre de 1 pour la solution de Lugol), en rapport avec les capacités de l'appareil qui ne peut mesurer des absorbances supérieures à 2.

2.4. D'après la loi de Beer-Lambert, l'absorbance A_{500} et la concentration en ion triiodure sont proportionnelles et le coefficient de proportionnalité vaut $k = \epsilon_{500} \cdot \ell$. Le document 3 témoigne de cette proportionnalité puisque la courbe est une droite passant par l'origine du repère. Pour déterminer le coefficient directeur de cette droite, on choisit les deux points suivants : $O(0;0)$ et $M(10 \cdot 10^{-3}; 2,5)$. Ainsi, nous avons $k = \dfrac{A_M - A_O}{[\mathrm{I_3^-}]_M - [\mathrm{I_3^-}]_O} = \dfrac{2,5 - 0}{10 \cdot 10^{-3} - 0} = 250\ \mathrm{L \cdot mol^{-1}}$. Enfin, nous obtenons le coefficient d'extinction molaire recherché : $\epsilon_{500} = \dfrac{k}{\ell} = \dfrac{250}{1,00} = 250\ \mathrm{L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}}$.

2.5. Par lecture graphique, on trouve $C' = 4,0\ \mathrm{mmol \cdot L^{-1}} = 4,0 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$. Par le calcul, on utilise la loi de Beer-Lambert telle que : $A' = \epsilon_{500} \cdot \ell \cdot C'$ d'où $C' = \dfrac{A'}{\epsilon_{500} \cdot \ell} = \dfrac{1,00}{250 \times 1,00} = 4,0 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$.

2.6. Comme la solution de Lugol a été diluée 10 fois, on a : $C_L = 10 \cdot C' = 4,0 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$. On retrouve bien la valeur donnée dans le document 1.

EXERCICE III : LA QUÊTE DU GRAVE

Résolution de problème

Questions préalables

- D'après le cours, nous savons que $\lambda = v \cdot T$ où v est la célérité de l'onde et T sa période. Il s'ensuit que $\lambda = \dfrac{v}{f}$ ou encore $f = \dfrac{v}{\lambda}$. Or le document 1 nous apprend que $L = \dfrac{\lambda}{2}$ d'où $\lambda = 2L$ et par suite $f = \dfrac{v}{2L}$.

  Or, d'après le document 1, $v = \sqrt{\dfrac{T}{\mu}}$ d'où la relation recherchée : $f = \dfrac{1}{2L}\sqrt{\dfrac{T}{\mu}}$ ou, ATTENTION, T est cette fois la force de tension de la corde !

- D'après la relation précédente, si la masse linéique et la tension de la corde de l'octobasse est la même que pour la contrebasse, alors le produit $f \cdot L$ doit être le même pour les deux instruments. On notera L_0 la longueur de la corde de la contrebasse produisant la note mi_0 de fréquence f_0 et L_{-1} la longueur de la corde de l'octobasse produisant la note do_{-1} de fréquence f_{-1}. On a alors : $L_{-1} \cdot f_{-1} = L_0 \cdot f_0$ d'où $L_{-1} = \dfrac{L_0 \cdot f_0}{f_{-1}} = \dfrac{41,2 \times 1,05}{16,3} = 2,65$ m.

  La longueur des cordes étant de $2,18$ m, la note do_{-1} ne peut pas être obtenue dans cette hypothèse.

Réponse au problème

- Le cahier des charges stipule que longueur des cordes est de $2,18$ m. Ce paramètre n'est donc pas ajustable pour résoudre le problème. La longueur des cordes est inférieure à celle calculée précédemment donc la longueur d'onde du mode fondamental de vibration de cette corde est plus petite que celle nécessaire pour la production d'un do_{-1} et la fréquence de ce mode fondamental est donc plus grande. Si on ne modifie ni la tension de la corde, ni sa masse linéique, on obtient donc une note plus aiguë qu'un do_{-1}.

  Pour atteindre une fréquence plus faible avec une longueur de $2,18$ m, le luthier peut diminuer la tension T de la corde et/ou augmenter la masse linéique de la corde μ comme en témoigne la relation $f = \dfrac{1}{2L}\sqrt{\dfrac{T}{\mu}}$.

- Pour obtenir un ré_{-1}, avec la même corde (même masse linéique et même tension), il faut produire une note plus aiguë (de fréquence plus grande) que le do_{-1}. Comme T et μ sont fixées, la seule solution est de réduire la longueur L de la corde. C'est là le rôle de l'un des doigts métalliques, situé à une distance précise de l'extrémité de la corde.

  Selon un raisonnement similaire à celui tenu dans les questions préalables, on peut calculer la nouvelle longueur de la corde : $L_{\text{ré}_{-1}} = \dfrac{L_{\text{do}_{-1}} \cdot f_{\text{do}_{-1}}}{f_{\text{ré}_{-1}}} = \dfrac{2,18 \times 16,3}{18,3} = 1,94$ m. Le doigt métallique doit donc être placé à $2,18 - 1,94 = 2,4 \cdot 10^{-1}$ m $= 24$ cm de l'extrémité de la corde.