Corrigé du bac 2016 : Physique-Chimie Obligatoire Série S – Métropole

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2016

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement Obligatoire

Durée de l’épreuve : **3 h 30** – Coefficient : **6**

L’usage des calculatrices **EST** autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

EXERCICE I - DE L'EFFET DOPPLER À SES APPLICATIONS (6 points)

1. Mouvement relatif d'une source sonore et d'un détecteur

1.1.1) La fréquence f_0 correspond au nombre de bips sonores par seconde.

1.1.2) La source S et le détecteur sont fixes, leur position ne varie pas au cours du temps. Ainsi, tous les bips sonores mettent le même temps à atteindre le détecteur, et sont espacés du même intervalle de temps lorsqu'ils quittent la source que lorsqu'ils arrivent au détecteur. Ils ont donc la même période temporelle $T=T_0$.

1.2) De manière intuitive, plus on rapproche la source du détecteur, moins la distance à parcourir est importante, donc plus les bips sonores vont arriver « tôt » au détecteur. Donc plus on va se rapprocher du détecteur, plus on entendra des bips sonores rapprochés.

Cela se démontre de la manière suivante :

L'énoncé nous donne la formule suivante : $T' = T_0(1 - \frac{v_s}{v_{son}})$ (1)

Sachant que f_0 et f' sont définies par $f_0 = \frac{1}{T_0}$ et $f' = \frac{1}{T'}$, on peut réécrire l'équation (1) en fonction de f_0 et f'. $f_0 = f'(1 - \frac{v_s}{v_{son}})$. On nous dit que $v_s < v_{son}$ donc $\frac{v_s}{v_{son}} < 1$ puis

$(1 - \frac{v_s}{v_{son}}) < 1$, ce qui implique que $f_0 < f'$.

Remarque : Il s'agit de la caractérisation de l'effet Doppler.

2. La vélocimétrie Doppler en médecine

2.1) Pour répondre à cette question, utilisons la formule fournie dans l'énoncé avec les valeurs correspondantes : $v = \frac{v_{ultrason}}{2cos\theta}.\frac{\Delta f}{f_E} = \frac{1{,}57.10^3}{2*\cos(45)}.\frac{1{,}5.10^3}{10.10^6} = 0{,}167\ m.s^{-1} \sim 17\ cm.s^{-1}$

En se reportant au graphique de la Figure 2 montrant l'évolution de la vitesse de l'écoulement sanguin dans différents vaisseaux, on en déduit que la valeur trouvée pour v correspond à des artérioles ou à des veines.

2.2) « Pour les mêmes vaisseaux sanguins et dans les mêmes conditions de mesure » peut se traduire par « pour la valeur de vitesse trouvée précédemment et en gardant les mêmes valeurs de θ et de $v_{ultrason}$ ». Ainsi, dans la formule utilisée à la question 2.1), le seul paramètre susceptible de varier (en dehors de f_E que l'on augmente déjà) est Δf.

En réécrivant donc la formule en fonction de Δf, on obtient : $\Delta f = \frac{2cos\theta.v.f_E}{v_{ultrason}}$. Or si f_E augmente, Δf augmente également.

3. Détermination de la vitesse d'un hélicoptère par effet Doppler

3.1) Pour déterminer ces différentes longueurs d'onde, nous allons nous aider des figures 4 et 5.

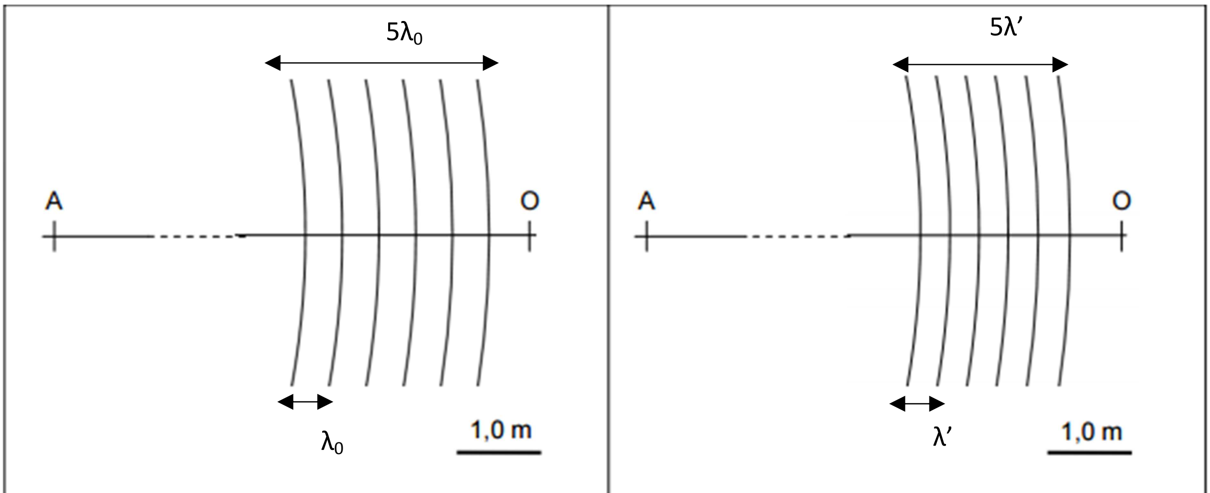


Figure 4. L'hélicoptère est immobile. Figure 5. L'hélicoptère est en mouvement.

Sur la figure 4 on mesure $5\lambda_0 = 2{,}5$ cm, donc $\lambda_0 = \frac{2{,}5}{5} = 0{,}5\ cm$

Sur la figure 5, on mesure $5\lambda' = 2{,}1$ cm, $\lambda' = \frac{2{,}1}{5} = 0{,}42\ cm$

En tenant compte de l'échelle, nous obtenons alors :

$\lambda_0 = \frac{1{,}0}{1{,}2}.0{,}5 = 0{,}42\ m$

$\lambda' = \frac{1{,}0}{1{,}2}.0{,}42 = 0{,}35\ m$

1,0 m	λ_0, λ'
1,2 cm	0,5/0,42 cm

3.2) La célérité c du son est définie par : $c = \lambda_0.f_0 = 0{,}42\ \times 8{,}1.10^2 = 3{,}4.10^2\ m.s^{-1}$

Cette valeur est très proche de celle que l'on connait de la célérité du son dans l'air, à savoir 340 $m.s^{-1}$ (très proche car les valeurs utilisées dans les calculs ont été arrondis à plusieurs reprises).
<u>**Remarque :**</u> Les éventuelles différences entre la célérité calculée et celle que l'on connait peuvent venir des erreurs commises en effectuant nos mesures graphiquement.

3.3) L'énoncé nous indique que « la célérité du son dans l'air est indépendante de sa fréquence », on peut donc réutiliser la valeur de c obtenue à la question précédente.

Ainsi, on calcule la fréquence du son perçue par l'observateur lorsque l'hélicoptère est en mouvement : $f_H = \frac{c}{\lambda'} = \frac{3{,}4.10^2}{0{,}35} = 9{,}714.10^2\ Hz\ \approx 1{,}0.10^3\ Hz$

Ainsi, on remarque que $f_H > f_0$. Aux basses fréquences, les sons sont graves et aux hautes fréquences, les sons sont aigus. La fréquence f_H étant plus élevée que f_0, le son produit par l'hélicoptère sera donc plus aigu.

3.4) Le cas étudié dans cette partie est en réalité le même que celui de la partie 1), la source étant ici l'hélicoptère, et le récepteur étant l'observateur. On peut donc réutiliser l'équation (1) qui suit : $T' = T_0(1 - \frac{v_s}{v_{son}})$ avec v_s étant la vitesse de l'hélicoptère et T' la période du son perçu par l'observateur de l'hélicoptère en mouvement.

En passant en fréquences, on a $f_0 = f'(1 - \frac{v_s}{v_{son}})$, puis en isolant v_s :

$$\frac{f_0}{f'} = 1 - \frac{v_s}{v_{son}} \quad \rightarrow \quad 1 - \frac{f_0}{f'} = \frac{v_s}{v_{son}}$$

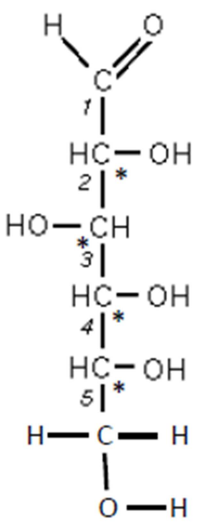
$$v_s = v_{son}\left(1 - \frac{f_0}{f'}\right) = 3{,}4.10^2\left(1 - \frac{8{,}1.10^2}{9{,}714.10^2}\right) = 56{,}49\ m.s^{-1}$$

Pour revenir à une unité plus commune comme les $km.h^{-1}$, on multiplie le résultat par 3,6 ce qui nous donne $v_s = 203{,}36\ km.h^{-1}$ ce qui est très réaliste.

EXERCICE II - DE LA BETTERAVE SUCRIÈRE AUX CARBURANTS (9 POINTS)

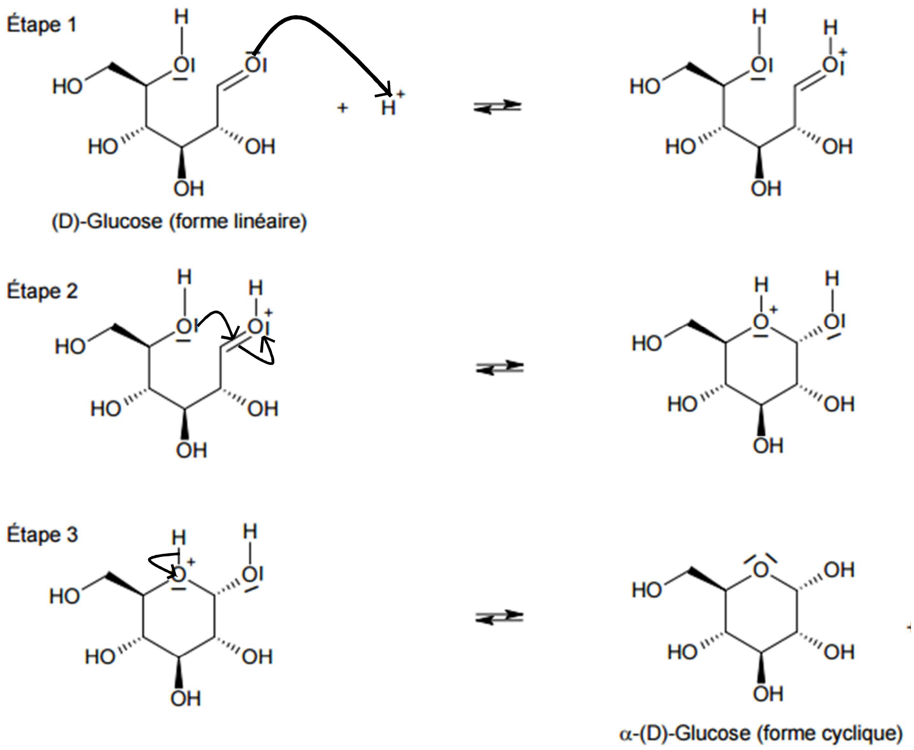
1. Étude de la structure du saccharose

1.1) Dessinons la formule développée de la forme linéaire du D-Glucose :

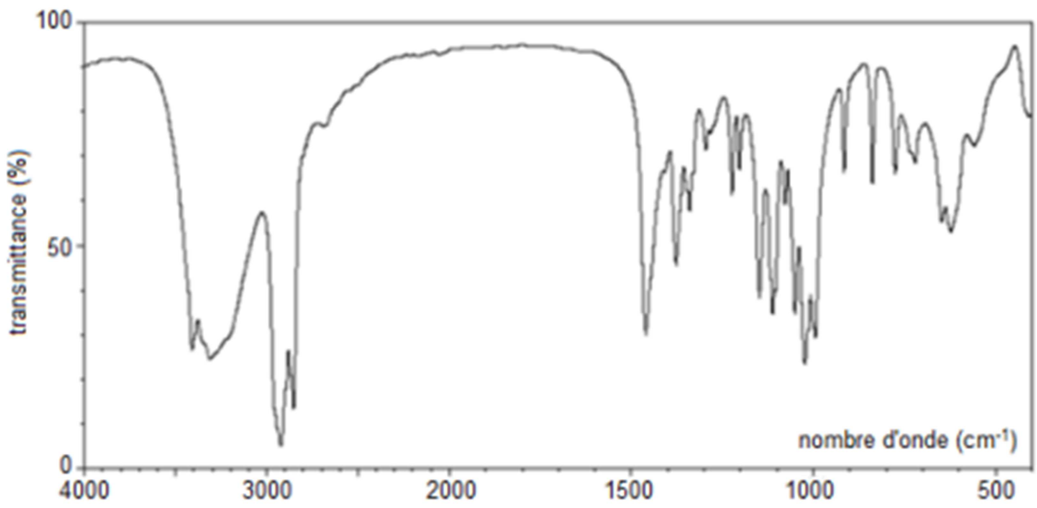


Le D-Glucose possède 4 carbones asymétriques, notés comme la convention le veut par un astérisque « * ».

1.2)



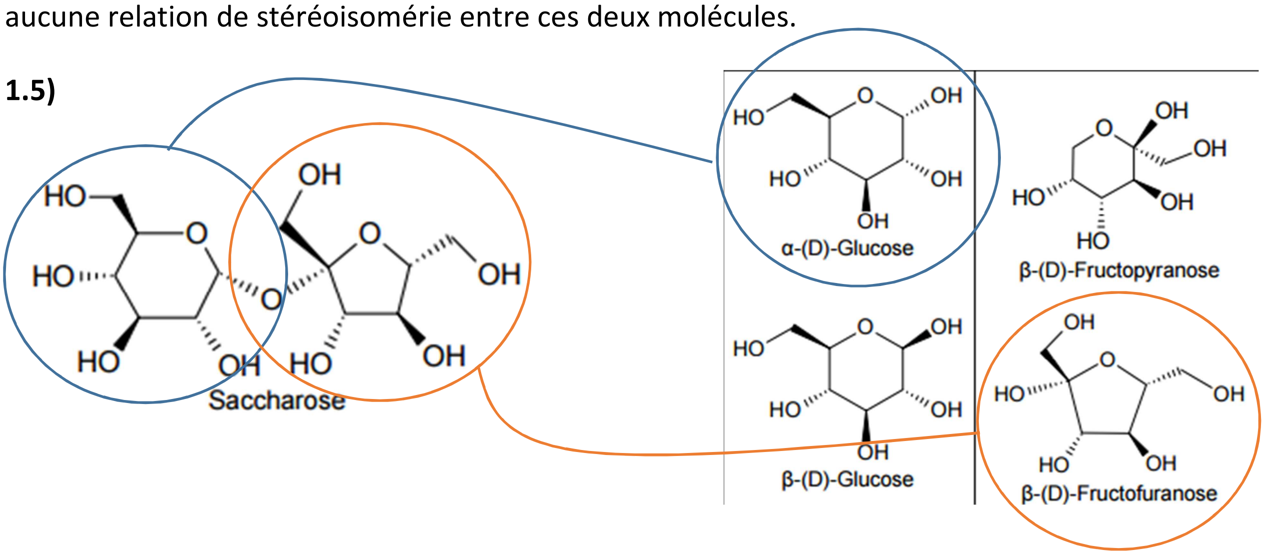
1.3)



Etudions le spectre IR ci-dessus. Dans la forme linéaire du D-Glucose, on observe la présence d'un groupe C=O, absent dans la forme cyclique : il devrait donc apparaître un pic caractéristique autour de la valeur correspondante à ce groupe, c'est-à-dire autour de 1650 – 1750. On remarque que ce n'est pas le cas, ce qui veut dire que la forme linéaire du D-Glucose est soit présent en très faible quantité, soit complètement absent.

1.4) La stéréoisomérie concerne l'isomérie qui résulte uniquement de la position relative des atomes d'une molécule. Deux stéréoisomères ont donc la même molécule semi-développée, or ce n'est pas du tout le cas avec le D-glucose et le D-Fructose qui ont leur groupe C=O à des carbones différents (le carbone 1 pour le D-glucose et le 2 pour le D-fructose). Il n'y a donc aucune relation de stéréoisomérie entre ces deux molécules.

1.5)



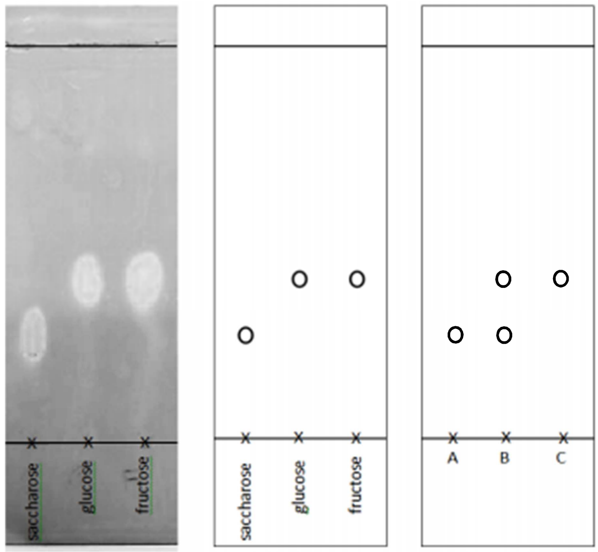
Comme le montre le schéma ci-dessus, on retrouve dans le Saccharose les deux molécules suivantes : le α-(D)-Glucose et le β-(D)-Fructofuranose.

1.6) La molécule de saccharose possède de nombreux groupements alcool O— H, or ces groupements sont par nature très polarisés et forment des liaisons hydrogène. La molécule ayant un caractère polaire, cela explique sa forte solubilité dans l'eau, elle-même étant une solution polaire.

1.7) On remarque que les ions H+ (l'acide introduit) n'apparaissent pas dans le bilan de l'équation de réaction ; ils n'ont pas de rôle à jouer dans la formation des produits. Il peut donc s'agir d'ions utilisés en tant que **catalyseurs**. Pour vérifier cette hypothèse il suffit de réaliser la même réaction sans introduire d'acide et de comparer les temps de réaction des deux expériences.

1.8) Avant hydrolyse du saccharose, le milieu réactionnel ne contient rien d'autre que cette molécule.
Au cours de l'hydrolyse, donc avant d'atteindre l'état d'équilibre, le mélange réactionnel présente du saccharose qui n'a pas encore réagit, ainsi que du glucose et du fructose, produits de l'hydrolyse.
Après l'hydrolyse, tout le saccharose a réagit (la transformation est totale) et il ne reste donc que les produits de l'hydrolyse à savoir le glucose et le fructose.

On obtient le chromatogramme suivant :



Photographie du chromatogramme | Schématisation du chromatogramme | Schéma À COMPLÉTER

2. Du saccharose au bioéthanol

2.1) La formule semi-développée de l'éthanol est la suivante : $CH_3–CH_2–OH$

2.2) Pour savoir quel spectre appartient à la molécule d'éthanol, regardons les multiplicités des atomes d'hydrogène de la molécule. Les hydrogènes portés par le carbone 1 sont voisins du carbone 2 qui comporte 2 hydrogènes. Ces hydrogènes sont donc de multiplicité 3 : on aura un triplet.

Ceux portés par le carbone 2 ont comme voisin le carbone 1 qui possède 3 hydrogènes ; ils sont donc de multiplicité 4 : on aura un quadruplet.
Enfin, l'hydrogène appartenant au groupe hydroxyle ne possède aucun voisin : on aura un singulet.

Le spectre qui correspond alors est le **numéro 2**.

2.3) On nous dit dans l'énoncé que le « pourcentage massique moyen de saccharose dans la betterave : 19,5 % ». Exprimons alors la masse de saccharose contenue dans une betterave de masse m = 1,25 kg : $m_{saccharose} = \frac{pourcentage\ massique}{100} \times m$

La quantité de matière de saccharose correspondante vaut alors : $n_{saccharose} = \frac{0{,}195 \times m}{M_{saccharose}}$

D'après l'équation de la réaction, on en déduit la relation entre la quantité de matière du saccharose et de l'éthanol : $4n_{saccharose} = n_e$. Sachant que la quantité de matière de l'éthanol s'écrit $n_e = \frac{m_e}{M_e}$, on peut exprimer m_e : $m_e = n_e M_e$ d'où :

$$\boldsymbol{m_e} = n_e M_e = 4n_{saccharose} \times M_e = 4 \times 0{,}195 \times m \times \frac{M_e}{M_{saccharose}}$$

$$= 4 \times 0{,}195 \times 1{,}25.10^3 \times \frac{46}{342} = \mathbf{131\ g}$$

3. Et si on roulait tous au biocarburant ?

But n°1 : Montrer que la masse de betteraves sucrières qu'il faut pour produire ce volume de bioéthanol est de l'ordre de 2.10^7 tonnes.

Partons de l'unique donnée que nous avons : le volume de bioéthanol nécessaire V=3.10^6 m^3.

L'énoncé nous fournit la masse volumique de l'éthanol, on peut alors en déduire la masse d'éthanol correspondante : $\rho_e = \frac{m_e}{V}$ d'où $\boldsymbol{m_e} = \rho_e \times V = 789.10^3 \times 3.10^6 = \mathbf{2{,}367.10^{12}\ g}$

Nous avons par ailleurs montré à la question 2.3) qu'avec 1,25 kg de betterave nous pouvions obtenir 131 g d'éthanol. En utilisant la proportionnalité et en utilisant un produit en croix selon le tableau ci-dessous, on peut en déduire la masse de betteraves sucrières qu'il faut :

1,25 kg de betterave	131 g d'éthanol
m_b de betterave	$2{,}367.10^{12}$ g d'éthanol

$$\boldsymbol{m_b} = \frac{1{,}25.10^3 \times 2{,}367.10^{12}}{131.10^3} = 2{,}26.10^{13} g = \mathbf{2{,}26.10^7}\ \boldsymbol{tonnes} \approx \mathbf{2.10^7}\ \boldsymbol{tonnes}$$

But n°2 : En déduire l'ordre de grandeur de la surface agricole nécessaire à cette production de betteraves sucrières. Comparer avec la surface agricole française cultivée de 2009.

D'après l'énoncé, le « rendement de la culture de betterave sucrière est de 74,8 tonnes par hectare ». Ainsi, pour une masse de betteraves sucrières de *2.10^7 tonnes*, cela nous donne $\frac{2.10^7}{74{,}8} = 2{,}7.10^5\ hectares$

L'ordre de grandeur de la surface agricole nécessaire à cette production de betteraves sucrières est alors de **10^5 hectares**.

La surface agricole française cultivée est d'environ 10 millions d'hectares, ce qui est énorme en comparaison avec la surface que nous venons de calculer et qui vaut 0,27 millions d'hectares.

A la question « et si on roulait tous au biocarburant ? » la réponse pourrait être oui car la France peut produire assez de biocarburant sans avoir à en importer. Ce que nous ne savons pas en revanche sont les coûts de production de ce biocarburant – si nous ne l'utilisons pas encore tous à ce jour, c'est certainement pour des raisons de coûts élevés de production.

EXERCICE III - COUCHER DE SOLEILS SUR TATOOINE (5 points)

1. Les étoiles Tatoo 1 et Tatoo 2

1.1) Si on suppose que Tatoo 1 et Tatoo 2 ne sont pas déformées, on peut alors s'appuyer sur une phrase du texte qui nous dit : « Comme aucune déformation n'est perceptible dans la scène du coucher des soleils, on peut calculer que leur distance est légèrement supérieure à 10 millions de kilomètres. »

De là, on peut approximer que la distance **d** entre Tatoo 1 et Tatoo 2 est égale à **10^6 km**.

Remarque : On nous demande également de nous appuyer sur la photo – ce n'est pas une option et c'est d'ailleurs nécessaire pour répondre au problème.

En mesurant sur la photo la distance approximative entre les deux centres des deux étoiles, on trouve **d_{photo}=20 mm** et **2r=6mm.**

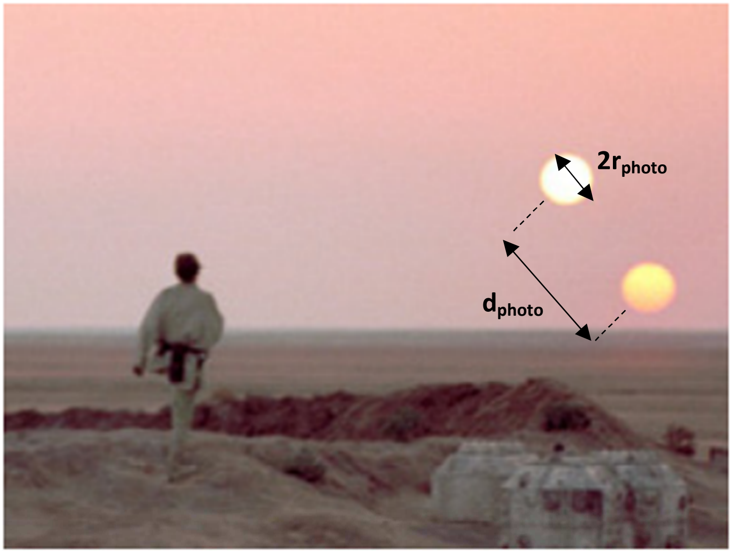


Image du film Star wars Episode IV : A new hope (© Lucasfilm Ltd)
Luke Skywalker marchant au coucher de soleils.

En réalisant le produit en croix suivant :

d_{photo}= 20 mm	$2r_{photo}$= 6 mm
d= 10^7 km	2r ?

On trouve **$2r=2r_{photo}.d/\ d_{photo}$ = 3.10^6 km** soit **$r=1,5.10^6$ km** ≈ **$2,0.10^6$ km.** On justifie l'approximation par les approximations déjà réalisées auparavant.

1.2) Exprimons la masse volumique du soleil ρ_{soleil} :

$\rho_{soleil} = \frac{M_{soleil}}{V_{soleil}} = \frac{M_{soleil}}{(\frac{4}{3}.\pi r^3)_{soleil}}$

or $\rho_{soleil} = \rho_{Tatoo} = \frac{M_{Tatoo}}{V_{Tatoo}} = \frac{M_{Tatoo}}{(\frac{4}{3}.\pi r^3)_{Tatoo}}$ d'où $\frac{M_{soleil}}{(\frac{4}{3}.\pi r^3)_{soleil}} = \frac{M_{Tatoo}}{(\frac{4}{3}.\pi r^3)_{Tatoo}}$

Donc $M_{Tatoo} = \frac{M_{Soleil} \times (\frac{4}{3}.\pi r^3)_{Tatoo}}{(\frac{4}{3}.\pi r^3)_{soleil}} = \frac{2{,}0.10^{30} \times (2{,}0.10^{6})^3}{(7{,}0.10^5)^3} = 4{,}66.10^{31}\mathrm{kg}$

L'ordre de grandeur de la masse de Tatoo (1 et 2) est d'environ 10^{31} kg.

Si on compare la masse des étoiles avec celle du soleil en faisant le rapport des deux, on obtient : $\frac{M_{Tatoo}}{M_{Soleil}} = \frac{4{,}66.10^{31}}{2{,}0.10^{30}} = 23$

Les étoiles Tatoo 1 et 2 sont 23 fois plus lourdes que le soleil !

2. Tatooine en orbite

2.1) On peut justifier une partie de la phrase précédemment énoncée par la suivante tirée du texte : « Du point de vue de la planète, tout se passe comme si les étoiles ne faisaient qu'une. » Pour ce qui est de la masse, prise égale à **$9{,}5 \times 10^{31}$ kg** ici, elle correspond à la masse du système total constitué des deux étoiles {Tatoo 1, Tatoo 2}. Sachant que Tatoo 1 et 2 ont la même masse, et que nous avions trouvé à la question 1.2 que la masse d'une étoile Tatoo valait **$4{,}66.10^{31}$ kg**, on peut donc aisément conclure que la masse considérée pour cette partie de l'exercice correspond simplement à l'addition des masses des étoiles Tatoo 1 et Tatoo 2.

2.2)

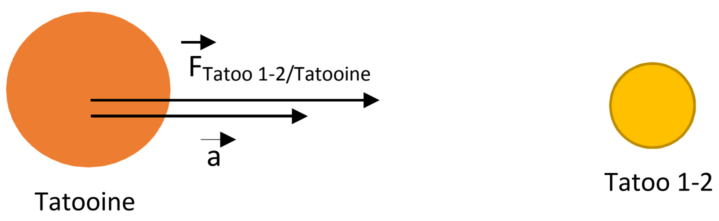


__Schéma du système {Tatooine, Tatoo 1-2}__ : les deux vecteurs représentés sont colinéaires comme le montre la seconde loi de Newton : $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$

2.3) En utilisant la seconde loi de Kepler, ou loi des aires, on peut très facilement démontrer que le mouvement de la planète est uniforme. En effet, la seconde loi de Kepler nous dit : « Le rayon-vecteur reliant le centre de gravité de la planète à celui de son étoile balaie des aires égales en des temps égaux ». De plus, le mouvement de la planète est supposé circulaire, le

rayon-vecteur évoqué plus haut est donc constant, ce qui implique que pour un intervalle de temps donné Δt, les étoiles vont parcourir une même longueur d'arc de cercle.
On peut donc en conclure que le mouvement de la planète est circulaire uniforme.

Remarque : on aurait également pu aboutir à la même réponse en utilisant la deuxième loi de Newton pour un mouvement circulaire, en supposant que Tatooine n'est soumise qu'à l'attraction gravitationnelle du système {Tatoo 1, Tatoo 2}.

De façon concise, on aurait : $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$ d'où $\vec{F}_{Tatoo\ 1-2 \rightarrow Tatooine} = M_{Tatooine}\vec{a}$

Pour un mouvement circulaire, dans le repère de Frénet : $\vec{a} = \frac{dv}{dt}.\vec{t} + \frac{v^2}{R}.\vec{n}$

La force étant centripète, on ne garde que la composante selon $\vec{n}$, ce qui nous donne :
$\vec{a} = \frac{v^2}{R}.\vec{n}$, et $\frac{dv}{dt} = 0$ d'où v=constante ; le mouvement est bien uniforme.

2.4) D'après la question précédente, en utilisant la deuxième loi de Newton, on a :
$\vec{F}_{Tatoo\ 1-2 \rightarrow Tatooine} = M_{Tatooine}.\frac{v^2}{R}.\vec{n}$ d'où $G.\frac{M_{Tatooine}.M_{Tatoo\ 1-2}}{R^2} = M_{Tatooine}.\frac{v^2}{R}.\vec{n}$

D'où $v = \sqrt{G.\frac{M_{Tatoo\ 1-2}}{R}}$

Toujours d'après la question précédente, on sait que le mouvement de Tatooine est circulaire uniforme. De ce fait, pendant une période T, elle parcourt la totalité du périmètre du cercle, soit 2πR à la vitesse v.

Ainsi, on a $v = \sqrt{G.\frac{M_{Tatoo\ 1-2}}{R}} = \frac{2\pi R}{T}$ d'où on en déduit T : $T = 2\pi\sqrt{\frac{R^3}{G.M_{Tatoo\ 1-2}}}$

Le texte suggère de prendre $R=2.10^8$ km qu'ils considèrent comme étant « une bonne position ».

On obtient alors $T = 2\pi\sqrt{\frac{(2{,}10^8.10^3)^3}{6{,}67.10^{-11}.9{,}5.10^{31}}} = 7{,}06.10^6 s = 0{,}22$ années.

Lorsqu'un an est passé sur Terre, il ne s'est écoulé que 0,22 années sur Tatooine.