PHYSIQUE

PROPOSITIONS DE SOLUTIONS

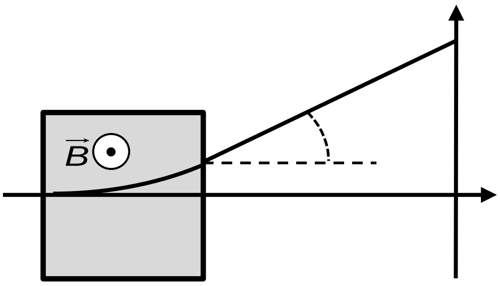
Ces recommandations ne sont en aucun cas des solutions contraignantes. Les candidats ne peuvent pas être tenus de fournir des solutions comme celles proposées dans ce document : il n'y a pas qu'une seule "bonne" réponse. Le candidat peut proposer une autre solution correcte s'il justifie sa réponse.

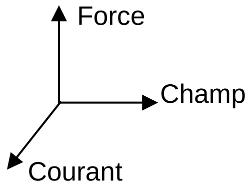
Pour aider les correcteurs, des répartitions de points à attribuer pour une sous-tâche sont indiquées pour certaines questions. Si la réponse d'un candidat n'est que partiellement correcte, l'attribution de points proposée peut être utilisée par les correcteurs comme aide à l'attribution de points partiels.

Suivant le modèle de calculatrice TI-nspire utilisé par le candidat, les résultats de ses calculs peuvent être légèrement différents des résultats obtenus dans ce document.
En effet, ces calculatrices utilisent des valeurs approchées de certaines constantes préenregistrées avec un nombre très important de chiffres significatifs alors que, dans le questionnaire, il est généralement limité à trois.

Question 1			
Partie A			**Barème**
a)	**i.**	$F = m \cdot g_E$ et $F = G\dfrac{m \cdot M_E}{R_E^2} \Rightarrow m \cdot g_E = G\dfrac{m \cdot M_E}{R_E^2} \Leftrightarrow g_E = G\dfrac{M_E}{R_E^2}$	3 points
	ii.	$g_E = G\dfrac{M_E}{R_E^2} = 6{,}67 \times 10^{-11}\dfrac{4{,}80 \times 10^{22}}{\left(1{,}56 \times 10^{6}\right)^2} = 1{,}32\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$	1 point
	iii.	$F = m \cdot g_E \Leftrightarrow m = \dfrac{F}{g_E} = \dfrac{250}{1{,}32} = 189\ \text{kg}$ **Alternative :** $F = G\dfrac{m \cdot M_E}{R_E^2} \Leftrightarrow m = F\dfrac{R_E^2}{G \cdot M_E} = 250\dfrac{(1{,}56 \times 10^{6})^2}{6{,}67 \times 10^{-11} \cdot 4{,}80 \times 10^{22}} = 190\ \text{kg}$	1 point
	iv.	Le principe de conservation de l'énergie mécanique : $E_{tot} = (E_k + E_p)_{surf} = (E_k + E_p)_\infty = (0+0)_\infty = 0 \Rightarrow \dfrac{m \cdot v_{esc}^2}{2} - G \cdot \dfrac{m \cdot M_E}{R_E} = 0$ $\Rightarrow v_{esc}^2 = \dfrac{2\ G \cdot M_E}{R_E} \Rightarrow v_{esc} = \sqrt{\dfrac{2\ G \cdot M_E}{R_E}}$	3 points
	v.	$v_{esc} = \sqrt{\dfrac{2\,G\,M_E}{R_E}} = \sqrt{\dfrac{2 \cdot 6{,}67 \times 10^{-11} \cdot 4{,}80 \times 10^{22}}{1{,}56 \times 10^{6}}} \approx 2{,}03 \times 10^{3}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ $\Rightarrow v_{esc} = 2{,}03\ \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$	1 point
b)	**i.**	La force centripète nécessaire pour avoir un mouvement circulaire uniforme est la force gravitationnelle : $\left\|F_{cp}\right\| = \left\|F_{grav}\right\| \Leftrightarrow \dfrac{M_E \cdot v^2}{R} = G\dfrac{M_E \cdot M_J}{R^2} \Rightarrow v = \sqrt{\dfrac{G \cdot M_J}{R}}$	2 points
	ii.	$v = \sqrt{\dfrac{G\,M_J}{R}} = \sqrt{\dfrac{6{,}67 \times 10^{-11} \cdot 1{,}90 \times 10^{27}}{6{,}71 \times 10^{8}}} = 1{,}37 \times 10^{4}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1} = 13{,}7\ \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$	1 point
	iii.	$v \cdot T_E = 2\pi\ R \Leftrightarrow T_E = \dfrac{2\pi\ R}{v}$ et $v = \sqrt{\dfrac{G \cdot M_J}{R}} \Rightarrow T_E = 2\pi\sqrt{\dfrac{R^3}{G \cdot M_J}}$	2 points
	iv.	$T_E = 2\pi\sqrt{\dfrac{R^3}{G\,M_J}} = 2\pi\sqrt{\dfrac{(6{,}71 \times 10^{8})^3}{6{,}6 \times 10^{-11} \cdot 1{,}90 \times 10^{27}}} = 3{,}07 \times 10^{5}\ \text{s} = 3{,}55\ \text{jours}$	2 points

BACCALAUREAT EUROPEEN 2018 : PHYSIQUE

<table>
<tr><th colspan="5">Question 1</th></tr>
<tr><th colspan="3">Partie B</th><th colspan="2">Barème</th></tr>
<tr><td>a)</td><td></td><td>

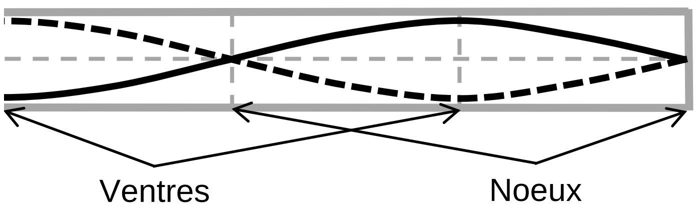
La direction et le sens du champ $\vec{B}$ sont déterminés par la règle des 3 doigts de la main droite.

</td><td colspan="2">2 points</td></tr>
<tr><td>b)</td><td></td><td>Une particule de charge q, qui se déplace avec une vitesse $\vec{v}$ dans une région où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, subit une force électromagnétique $\vec{F}_{\text{Lorentz}}$ (force de Lorentz) perpendiculaire à sa vitesse. $\vec{F}_{\text{Lorentz}}$ est une force centipède : elle ne modifie pas la grandeur v de la vitesse mais sa direction.

Le mouvement de cette particule devient donc, en pénétrant dans la région où règne le champ $\vec{B}$ uniforme, un mouvement circulaire uniforme et sa trajectoire est un arc de cercle dans le plan de la page.</td><td colspan="2">2 points</td></tr>
<tr><td>c)</td><td></td><td>La particule chargée est un électron :

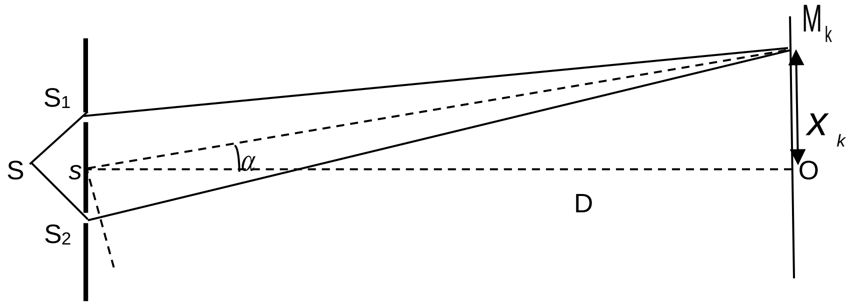
$$F_{\text{Lorentz}} = F_{\text{cp}} \Rightarrow e \cdot v \cdot B = \frac{m_e \cdot v^2}{r} \Rightarrow r = \frac{m_e \cdot v}{e \cdot B}$$</td><td colspan="2">3 points</td></tr>
<tr><td>d)</td><td></td><td>$$r = \frac{m_e \cdot v}{e \cdot B} = \frac{9{,}11 \times 10^{-31} \cdot 2{,}00 \times 10^{7}}{1{,}60 \times 10^{-19} \cdot 3{,}00 \times 10^{-3}} = 0{,}038\ \text{m} = 3{,}8\ \text{cm}$$</td><td colspan="2">1 point</td></tr>
<tr><td>e)</td><td></td><td>$v_M = v = 2{,}00 \times 10^{7}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ car le champ magnétique n'existe que dans la région A et, en dehors de cette région, aucune force électromagnétique n'agit sur la particule. La particule n'étant plus soumise à la force de Lorentz, elle se déplace avec un mouvement rectiligne uniforme et la grandeur de sa vitesse reste constante.</td><td colspan="2">2 points</td></tr>
<tr><td>f)</td><td></td><td>$$r_{\text{Ion}} = 6{,}39 \cdot r \Rightarrow \frac{m_{\text{ion}} \cdot v_{\text{ion}}}{e \cdot B} = 6{,}39 \cdot \frac{m_e \cdot v}{e \cdot B} \Rightarrow m_{\text{ion}} = 6{,}39 \cdot \frac{m_e \cdot v}{v_{\text{ion}}}$$
$$\Rightarrow m_{\text{ion}} = 6{,}39 \cdot \frac{9{,}11 \times 10^{-31} \cdot 2 \times 10^{7}}{1{,}66 \times 10^{-27} \cdot 2 \times 10^{3}} = 35\ \text{u}$$
⇨ L'ion utilisé est $^{35}Cl^{-}$</td><td>2

2</td><td>4 points</td></tr>
</table>

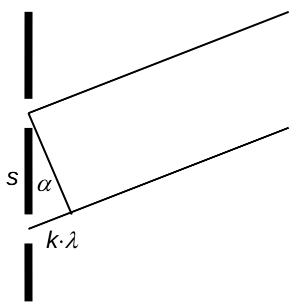
Question 2

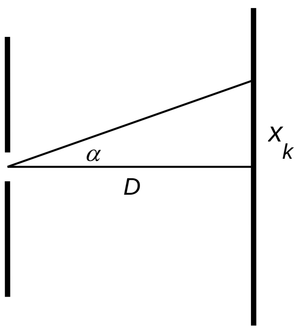
Partie A			Barème
a)		$v=\sqrt{\dfrac{F}{\mu}}=\lambda\cdot f \Leftrightarrow f^2\cdot\mu=\dfrac{F}{\lambda^2}$	3 points
b)	**i.**	$f^2\mu$ dépend de la tension *F* et de la longueur d'onde λ (λ dépend de la longueur *L* des cordes, or *L* a la même valeur pour toutes les cordes). La longueur d'onde λ et la tension *F* possédant la même valeur pour toutes les cordes, $f^2\mu$ est constant.	1 point
	ii.	$f^2\mu \Rightarrow f_1^2\mu_1,\ f_3^2\mu_3,\ f_4^2\mu_4,\ f_5^2\mu_5$ et $f_6^2\mu_6$ valent $\approx$ 43800 (3) Or : $f_2^2\mu_2=37752$ ($\neq 43800$) ⇨ la masse linéique de la corde n° 2 n'est pas correcte. $\mu_2=\dfrac{43800}{110^2}=3{,}62\ \text{g}\cdot\text{m}^{-1}$ (1)	4 points
	iii.	$\lambda=\dfrac{2\cdot L}{k}=\dfrac{2\cdot 0{,}65}{k}=\dfrac{1{,}3}{k}\Rightarrow k=1,\ \lambda=1{,}3\ \text{m}$ $\mu_3=2{,}03\times10^{-3}\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-1}$ $\Rightarrow F_3=\mu_3\cdot f^2\cdot\lambda^2=2{,}03\times10^{-3}\cdot(146{,}8)^2\cdot(1{,}3)^2=73{,}9\ \text{N}$	2 points
c)	**i.**	$f=\dfrac{v_{\text{son}}}{4L}=82{,}41\Rightarrow L=\dfrac{346}{4\cdot 82{,}41}=1{,}05\ \text{m}$	3 points
	ii.		2 points

<table>
<tr><th colspan="5">Question 2</th></tr>
<tr><th colspan="3">Partie B</th><th colspan="2">Barème</th></tr>
<tr><td>a)</td><td></td><td>Pour Newton, la lumière est composée de particules ou « grains de matière » (c’est le modèle corpusculaire) tandis que Huygens supposait que la lumière est la propagation d’une perturbation sous forme d’ondes (c’est le modèle ondulatoire).

Lorsque l’on réalise l’expérience de la double fente de Young on observe sur un écran des franges d’interférence. La figure d’interférence observée n’est explicable que par le modèle ondulatoire de la lumière. Le modèle corpusculaire doit donc être abandonné.</td><td colspan="2">3 points</td></tr>
<tr><td>b)</td><td>i.</td><td>

Si $D \gg d$ $\Rightarrow$ les deux faisceaux lumineux sont pratiquement parallèles :





M_k est le k^e point d’éclairement maximum observé sur l’écran, à partir du maximum d’ordre 0. La différence de marche entre les deux faisceaux lumineux issus des deux fentes vaut, en ce point, $k \cdot \lambda$. On a (voir approximations utilisées) :

$\sin\alpha = \frac{k \cdot \lambda}{s}$ et $\tan\alpha = \frac{x_k}{D}$</td><td>1

2</td><td>5 points</td></tr>
</table>

$$\sin\alpha \approx \tan\alpha \Rightarrow \frac{k\cdot\lambda}{s} = \frac{x_k}{D} \Rightarrow x_k = \frac{D\cdot k\cdot\lambda}{s} \Rightarrow \Delta x = x_k - x_{k-1} = \frac{D\,\lambda}{s}$$

Question 2

Partie B	Barème
Approximations utilisées :	
1. Comme la distance s entre les deux fentes est très petite par rapport à la distance D entre ces fentes et l'écran ($D \gg s$), les deux faisceaux lumineux sont considérés comme étant parallèles $\Rightarrow \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$	1
2. α est un angle de très faible amplitude $(D \gg s)$; on utilise l'approximation suivante : $\sin\alpha \approx \tan\alpha$.	1

	ii.	$\Delta x = \frac{D\cdot\lambda}{s} \Leftrightarrow s = \frac{D\cdot\lambda}{\Delta x} = \frac{1\cdot 633\times10^{-9}}{4\times10^{-3}} = 158\times10^{-6}\ \text{m} = 0{,}158\ \text{mm}$	3 points
	iii.	Si la distance *s* entre les fentes est doublé, la distance Δx entre les franges sera divisée par 2 : $$s' = 2\cdot s \Rightarrow \Delta x' = \frac{D\cdot\lambda}{s'} \Leftrightarrow \Delta x' = \frac{D\cdot\lambda}{2\cdot s} = \frac{\Delta x}{2}$$	2 points
	iv.	La distance entre les franches sera plus grande en lumière rouge qu'en lumière bleue : $$\Delta x = \frac{D\cdot\lambda}{s} \Rightarrow \lambda_{\text{rouge}} > \lambda_{\text{bleue}} \Rightarrow \Delta x_{\text{rouge}} > \Delta x_{\text{bleue}}$$	2 points

<table>
<tr><th colspan="5">Question 3</th></tr>
<tr><th colspan="3"></th><th colspan="2">Barème</th></tr>
<tr><td>a)</td><td></td><td>Pour arracher un électron de la surface métallique de la cellule photoélectrique, il faut lui communiquer, au minimum, une énergie W appelée « travail d'extraction » du métal.</td><td colspan="2">1 point</td></tr>
<tr><td>b)</td><td></td><td>$$h\cdot f_0 = W \Leftrightarrow f_0 = \frac{W}{h} = \frac{2{,}7\cdot 1{,}60\times10^{-19}}{6{,}63\times10^{-34}} = 6{,}52\times10^{14}\ \text{Hz}$$</td><td colspan="2">2 points</td></tr>
<tr><td>c)</td><td></td><td>L'émission de photoélectrons ne se produira que si la longueur d'onde de la lumière est inférieure à l_0 :

$$l_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{3{,}00\times10^{8}}{6{,}52\times10^{14}} = 4{,}60\times10^{-7}\ \text{m} = 460\ \text{nm}$$
$$\Rightarrow \lambda_1 = 760\,\text{nm} > \lambda_0 > \lambda_2 = 440\,\text{nm}$$</td><td>2</td><td rowspan="2">3 points</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>⇨ La lumière monochromatique de longueur d'onde $l_1 = 760$ nm ne pourra pas produire d'effet photoélectrique avec cette cellule.
⇨ La lumière monochromatique de longueur d'onde $l_2 = 440$ nm produira l'effet photoélectrique :

<u>Alternative</u> :
⇨ Energie des photons de la lumière monochromatique de longueur d'onde $l_1 = 760$ nm : $E = \frac{hc}{\lambda_1} = 2{,}62\times10^{-19}\ \text{J} = 1{,}64\ \text{eV} < 2{,}7\ \text{eV}$
$\Rightarrow$ pas d'effet photoélectrique.

⇨ Energie des photons de la lumière monochromatique de longueur d'onde $l_2 = 440$ nm : $E = \frac{hc}{\lambda_2} = 4{,}52\times10^{-19}\ \text{J} = 2{,}83\ \text{eV} > 2{,}7\ \text{eV}$
$\Rightarrow$ effet photoélectrique.</td><td>1</td></tr>
<tr><td>d)</td><td>i.</td><td>Lorsqu'un électron est extrait du métal de la photocathode il peut être capté par l'anode même si cette anode est à un potentiel nul. Si l'anode collectrice est portée à un potentiel négatif, elle repoussera les photoélectrons ce qui diminuera l'intensité du courant. À un certain potentiel négatif, appelé « potentiel d'arrêt », tous les électrons émis sont repoussés vers la cathode et le photo-courant devient nul.</td><td colspan="2">1 point</td></tr>
</table>

Question 3				
			Barème	
d)	**ii.**	$E_{ph} = h \cdot f = E_k + h \cdot f_0 \Rightarrow E_k = h \cdot c \cdot (\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_0})$	1	3 points
		$\Rightarrow E_k = \frac{6,63 \times 10^{-34} \cdot 3,00 \times 10^{8}}{440 \times 10^{-9}} - 2,7 \cdot 1,6 \times 10^{-19} = 2,00 \times 10^{-20}$ J	1	
		$E_k = E_p = eU \Leftrightarrow U = \frac{E_k}{e} = \frac{2,00 \times 10^{-20}}{1,6 \times 10^{-19}} = 0,125$ V	1	
e)	**i.**	$E_{ph} = \frac{hc}{l} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \cdot 3,00 \times 10^{8}}{440 \times 10^{-9}} = 4,52 \times 10^{-19}$ J Nombre de photons $\Rightarrow n_{ph} = \frac{P}{E_{ph}} = \frac{5 \times 10^{-4}}{4,52 \times 10^{-19}} = 1,11 \times 10^{15}\ s^{-1}$	3 points	
	ii.	$I_S = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{n_e \cdot e}{\Delta t}$	1	3 points
		$I_S = \frac{\alpha \cdot n_{ph} \cdot e}{\Delta t}$	1	
		$\Rightarrow I_S = 0,20 \cdot 1,11 \times 10^{15} \cdot 1,6 \times 10^{-19} = 0,355 \times 10^{-4}\ C \cdot s^{-1} = 35,5\ \mu A$	1	
	iii.	**1.** $l_2 > l_3$ **:** l’énergie des photons incidents est plus élevée ; la puissance de la lumière reçue restant la même, la quantité de photons reçus (et donc d’électrons arrachés) est plus faible. Donc, l’intensité du courant de saturation est plus faible.	2 points	
		2. l’énergie cinétique maximum des électrons libérés est plus élevée car les photons incidents possèdent plus d’énergie.	2 points	

Question 4

			Barème	
a)	**i.**	Les isotopes sont des variétés différentes d’un même élément chimique, dont les noyaux ont le même nombre de protons (Z) mais un nombre de neutrons différents, donc des masses différentes.	1 point	
	ii.	On appelle « énergie de liaison » d’un noyau l’énergie à fournir pour séparer tous les nucléons de ce noyau.	1 point	
	iii.	$\Delta m = \left[m({}^{2}_{1}\text{H}) + m({}^{3}_{1}\text{H}) - 2\cdot m_{e}\right] - \left[m({}^{4}_{2}\text{H}_{e}) + m({}^{1}_{0}\text{n}) - 2\cdot m_{e}\right]$ $= 2{,}014102 + 3{,}016049 - (4{,}002603 + 1{,}008665) = 0{,}018883 \text{ u}$ $\Rightarrow \Delta E = \Delta m \cdot c^{2} = 0{,}018883 \cdot 1{,}66\times10^{-27} \cdot (3{,}00\times10^{8})^{2} = 2{,}8\times10^{-12} \text{ J}$	3 1	4 points
	iv.	Cette énergie est libérée, principalement, sous forme d'énergie cinétique des produits de fission.	1 point	
	v.	L’énergie électrique fournie en un an par le réacteur : $E_{\text{él}} = P\cdot\Delta t = 1600\times10^{6}\cdot 365{,}25\cdot 24\cdot 3600 = 5{,}05\times10^{16} \text{ J}$ Energie totale à fournir : $E_{\text{Tot}} = \dfrac{E_{\text{él}}\cdot 100}{30} = \dfrac{5{,}05\times10^{16}\cdot 10^{2}}{30} = 16{,}8\times10^{16} \text{ J}$ Nombre d’atomes ${}^{2}_{1}\text{H}$ nécessaires : $N = \dfrac{E_{\text{tot}}}{\Delta E} = \dfrac{16{,}8\times10^{16}}{2{,}8\times10^{-12}} = 6{,}0\times10^{28}$ <u>Pour une année</u> : $\Rightarrow m_{\text{Deutérium}} = N\cdot m({}^{2}_{1}\text{H}) = 6{,}0\times10^{28}\cdot 2{,}014102\cdot 1{,}66\times10^{-27} = 201 \text{ kg}$ (**<u>Rem</u> : une année de 365 jours peut également être utilisée**)	2 2	4 points
b)	**i.**	${}^{3}_{1}\text{H} \rightarrow {}^{3}_{2}\text{H}_{e} + {}^{0}_{-1}\text{e}$ (la particule émise est une particule β^{-})	2 points	
	ii.	La demi-vie d’un radio-isotope est la durée au bout de laquelle la moitié des atomes initialement présent de cet élément se sont désintégrés.	1 points	
	iii.	$N_{0} = \dfrac{m}{m({}^{3}_{1}\text{H})} = \dfrac{10^{-3}}{3{,}016\ 049\cdot 1{,}66\times10^{-27}} = 2{,}00\times10^{23}$ $l = \dfrac{\ln(2)}{T_{1/2}} = \dfrac{\ln(2)}{12{,}3\cdot 365{,}25\cdot 24\cdot 3600} = 1{,}79\times10^{-9} \text{ s}^{-1}$ $A_{0} = l\cdot N_{0} \Rightarrow A_{0} = 2{,}00\times10^{23}\cdot 1{,}79\times10^{-9} = 3{,}58\times10^{14}\text{Bq}$	1 1 1	3 points
	iv.	$A = A_{0}\cdot e^{-\lambda\cdot t} \Rightarrow \ln\left(\dfrac{A}{A_{0}}\right) = -\lambda\cdot t \Rightarrow t = \dfrac{\ln\left(\dfrac{A_{0}}{A}\right)}{\lambda}$ $\Rightarrow t = \dfrac{1}{1{,}79\times10^{-9}}\cdot\ln\left(\dfrac{3{,}58\times10^{14}}{3{,}70\times10^{5}}\right) = 1{,}156\times10^{10} \text{ s}$ $\Rightarrow t = \dfrac{1{,}156\times10^{10}}{365{,}25\cdot 24\cdot 3600} = 366$ années	1 1 1	3 points