1. Matrice Générique

Chapitre	Compétence	Pondération en %	Evaluation/notation	Pondération en points
Champs	Connaissances et Compréhension	± 37 %	Barème détaillé accompagnant les solutions	± 11
	Application	± 37 %		± 11
	Analyse et Evaluation	± 16 %		± 5
	Communication Ecrite	± 10 %		± 3
		100 %		30
Ondes	Connaissances et Compréhension	± 37 %	Barème détaillé accompagnant les solutions	± 11
	Application	± 37 %		± 11
	Analyse et Evaluation	± 16 %		± 5
	Communication Ecrite	± 10 %		± 3
		100 %		30
Physique Atomique	Connaissances et Compréhension	± 35 %	Barème détaillé accompagnant les solutions	± 7
	Application	± 35 %		± 7
	Analyse et Evaluation	± 20 %		± 4
	Communication Ecrite	± 10 %		± 2
		100 %		20
Physique Nucléaire	Connaissances et Compréhension	± 35 %	Barème détaillé accompagnant les solutions	± 7
	Application	± 35 %		± 7
	Analyse et Evaluation	± 20 %		± 4
	Communication Ecrite	± 10 %		± 2
		100 %		20
Total de l’examen				100

Pour chacune des quatre questions principales, et pour chacun des quatre groupes de compétences, une déviation de maximum 5 % est acceptée, le total des points devant toutefois respecter les 30 ou 20 points correspondants.

2. Matrice spécifique à l'examen

Chapitre	Compétence	Pondération en %	Evaluation/notation	Pondération en points
Champs	Connaissances et Compréhension	35,0 %	Barème détaillé accompagnant les solutions	10,5
	Application	38,3 %		11,5
	Analyse et Evaluation	18,3 %		5,5
	Communication Ecrite	8,3 %		2,5
		100 %		30
Ondes	Connaissances et Compréhension	40,0 %	Barème détaillé accompagnant les solutions	12,0
	Application	33,3 %		10,0
	Analyse et Evaluation	16,7 %		5,0
	Communication Ecrite	10,0 %		3,0
		100 %		30
Physique Atomique	Connaissances et Compréhension	32,5 %	Barème détaillé accompagnant les solutions	6,5
	Application	37,5 %		7,5
	Analyse et Evaluation	20,0 %		4,0
	Communication Ecrite	10,0 %		2,0
		100 %		20
Physique Nucléaire	Connaissances et Compréhension	35,0 %	Barème détaillé accompagnant les solutions	7,0
	Application	35,0 %		7,0
	Analyse et Evaluation	17,5 %		3,5
	Communication Ecrite	12,5 %		2,5
		100 %		20
Total de l'examen				100

3. Exemple BAC écrit

<table>
<tr><th colspan="3">Question 1</th></tr>
<tr><th>Partie A</th><th>Page 1/4</th><th>Barème</th></tr>
<tr><td colspan="2">
TRAPPIST-1 est une étoile naine rouge ultra froide légèrement plus grande que la planète Jupiter, mais de masse beaucoup plus importante. Le 22 février 2018, les astronomes ont annoncé que le système planétaire de cette étoile est composé de sept planètes.

Dans cette question, nous supposons que toutes les planètes se déplacent sur des orbites circulaires.

<table>
<tr><th colspan="4">Le système planétaire TRAPPIST-1</th></tr>
<tr><th>Planète</th><th>Masse (masse terrestre)</th><th>Rayon orbital (10^6 km)</th><th>Période orbitale (jours terrestre)</th></tr>
<tr><td>b</td><td>1,02</td><td>1,73</td><td>1,51</td></tr>
<tr><td>c</td><td>1,16</td><td>2,37</td><td>2,42</td></tr>
<tr><td>d</td><td>0,30</td><td>3,33</td><td>4,05</td></tr>
<tr><td>e</td><td>0,77</td><td>4,38</td><td>6,10</td></tr>
<tr><td>f</td><td>0,93</td><td>5,76</td><td>9,21</td></tr>
<tr><td>g</td><td>1,14</td><td>7,01</td><td>12,35</td></tr>
<tr><td>h</td><td>0,33</td><td>9,27</td><td>18,77</td></tr>
<tr><td colspan="4">Source: Wikipédia EN, Jan. 18th, 2019</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">
a) La 3e loi de Kepler stipule que, pour les orbites planétaires, $\frac{T^2}{r^3}$ est une constante, où T est la période orbitale et r le rayon orbital.

Vérifier la 3e loi de Kepler en utilisant les données de 2 planètes du tableau ci-dessus.
</td><td>3 points</td></tr>
<tr><td colspan="2">
b) Montrer que la vitesse orbitale de la planète « e » est égale à $v_e = 5,22 \times 10^4\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$.
</td><td>3 points</td></tr>
<tr><td colspan="2">
c) Pour deux planètes quelconques en orbite à une distance r_1 et r_2 d'une étoile, le rapport de leurs vitesses orbitales v_1 et v_2 est donné par :

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{r_2}{r_1}}$$
Démontrer cette relation.
</td><td>3 points</td></tr>
<tr><td colspan="2">
d) Une des planètes de TRAPPIST-1 possède une vitesse orbitale de $4,13 \times 10^4\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$

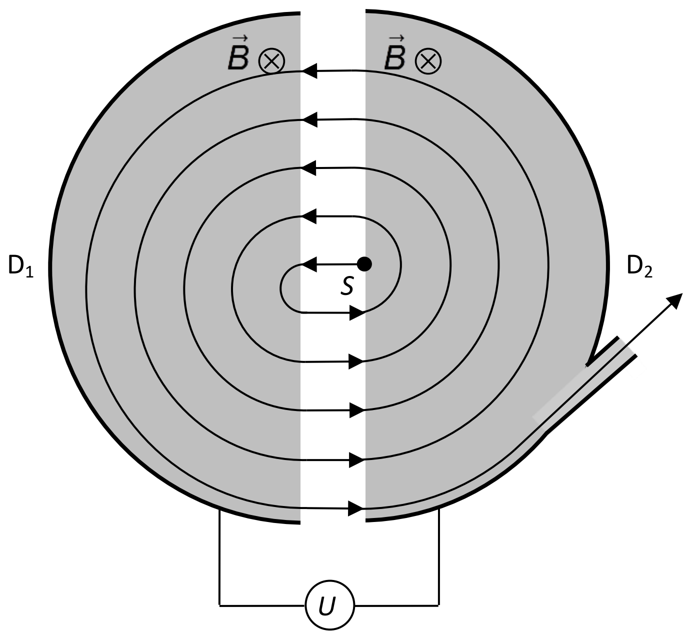
De quelle planète s'agit-il ?
</td><td>3 points</td></tr>
</table>

3. Exemple BAC écrit

Question 1			
Partie A		**Page 2/4**	**Barème**
e)	**i.**	Montrer que l'énergie mécanique totale d'une planète en orbite autour d'une étoile est donnée par : $$E_{\text{tot}} = -G\frac{m \cdot M}{2r},$$ où *m* est la masse de la planète, *M* la masse de l'étoile et *r* la distance entre la planète et l'étoile.	3 points
	ii.	La masse de TRAPPIST-1 est de $1,77 \times 10^{29}$ kg. Calculer l'énergie mécanique totale de la planète « e ».	1 point

Partie A	
<u>Données</u> :	
Masse de la Terre	$m_{\text{T}} = 5,97 \times 10^{24}\ \text{kg}$
Constante de gravitation universelle	$G = 6,67 \times 10^{-11}\ \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

3. Exemple BAC écrit

Question 1		
Partie B	**Page 3/4**	**Barème**
Un cyclotron est un accélérateur de particules. Il se compose de deux demi-cylindres creux D_1 et D_2 appelés Dés, séparés par un espacement étroit (voir la figure ci-dessous). Dans une expérience, des protons sont émis avec une vitesse initiale négligeable par la source *S*. Dans l'espacement situé entre les Dés, les protons sont accélérés par une différence de potentiel *U*. La différence de potentiel change de signe après chaque passage des protons dans cet espacement. La valeur absolue de cette différence de potentiel vaut $U = 1{,}00 \times 10^4$ V lorsqu'un proton traverse l'espacement. Un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, avec *B* = 1,00 T, est présent à l'intérieur des Dés. La direction de ce champ magnétique est parallèle à l'axe des demi-cylindres. La trajectoire suivie par les protons dans chaque Dé est circulaire. Le rayon augmente après chaque passage dans l'espacement. 		

3. Exemple BAC écrit

Question 1		
Partie B	**Page 4/4**	**Barème**
a) Un proton entre dans un Dé avec la vitesse v. **i.** Montrer que le rayon R de sa trajectoire est donné par : $R = \frac{m_p \cdot v}{e \cdot B}$		3 points
ii. Montrer, en établissant une équation permettant de calculer la durée Δt passée dans un Dé, que cette durée est indépendante de la vitesse.		2 points
b) i. Montrer que l'augmentation de l'énergie cinétique d'un proton à chaque passage dans l'espace situé entre les Dés vaut $1{,}00 \times 10^{4}$ eV **.**		2 points
ii. Calculer la valeur du rayon R_1 de la première trajectoire circulaire.		3 points
c) Un proton accéléré par le cyclotron atteint son énergie maximale lorsqu'il sort du Dé après sa dernière révolution. Le rayon de la trajectoire, à la sortie du cyclotron, vaut $R_{max} = 0{,}289\ \text{m}$. **i.** Montrer que l'énergie cinétique maximale de ce proton vaut $E_{max} = 4{,}00\ \text{MeV}$.		3 points
ii. Calculer le nombre de tours que doit effectuer ce proton pour que son énergie cinétique atteigne sa valeur maximale E_{max}.		1 point

Partie B	
<u>Données</u> :	
Charge électrique élémentaire	$e = 1{,}60 \times 10^{-19}\ \text{C}$
Masse du proton	$m_p = 1{,}67 \times 10^{-27}\ \text{kg}$

3. Exemple BAC écrit

Question 2		
Partie A	**Page 1/3**	**Barème**
La longueur des tuyaux d'orgue varie entre plusieurs mètres et quelques centimètres. Certains des tuyaux sont ouverts aux deux extrémités (« tuyaux ouverts ») et d'autres sont ouverts à une extrémité et fermés à l'autre extrémité (« tuyaux fermés »). L'oreille humaine peut entendre des sons de fréquences comprises entre 20 Hz et 16 000 Hz.		
a) **i.** Pour les deux types de tuyaux, esquisser les diagrammes de l'onde fondamentale (ou premier harmonique) et du deuxième harmonique, et indiquer la position des nœuds de vibrations dans chaque cas.		4 points
ii. Calculer les longueurs des deux types de tuyaux qui produisent une note fondamentale de 20 Hz.		3 points
iii. Pour deux tuyaux de même longueur, l'un « ouvert » et l'autre « fermé », calculer le rapport des fréquences de leur deuxième harmonique.		2 points
b) Considérons une note de fréquence 440 Hz. Si vous descendez ou montez d'une octave, la fréquence diminue de moitié ou est doublée, respectivement.		
i. Calculer la fréquence d'une note qui est quatre octaves en dessous de 440 Hz, et indiquer si l'oreille humaine peut encore entendre cette note.		2 points
ii. La fréquence la plus aiguë que l'on peut entendre vaut 14 080 Hz. Elle se situe plusieurs octaves au-dessus de 440 Hz.		
1. Calculer ce nombre d'octaves au-dessus de 440 Hz.		1 point
2. Le tuyau le plus court d'un orgue mesure 6,14 mm de long.		
Déterminer, en justifiant par des calculs, s'il s'agit d'un « tuyau ouvert » ou d'un « tuyau fermé », sachant que sa fréquence fondamentale est de 14 080 Hz.		3 points

Partie A	
<u>Données</u> :	
Célérité du son dans l'air	$v_{son} = 346 \ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$

3. Exemple BAC écrit

<table>
<tr><th colspan="3">Question 2</th></tr>
<tr><th colspan="2">Partie B</th><th>Page 2/3</th><th>Barème</th></tr>
<tr><td colspan="3">

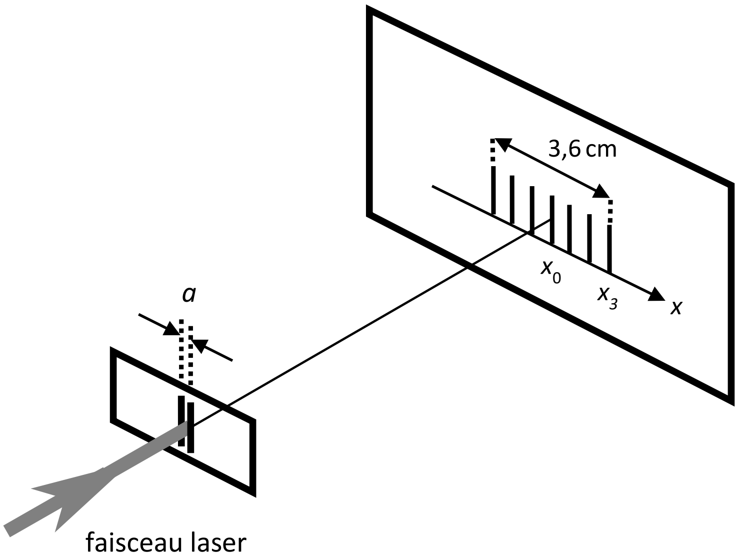
a) Des élèves réalisent l'expérience de Young à l'aide d'une lumière laser de longueur d'onde λ. La lumière incidente est envoyée sur une double fente, la distance entre les deux fentes étant notée *a*. Une figure d'interférences est observée sur un écran situé à la distance *L* de la double fente. L'écran est parallèle au plan des doubles fentes.

i. Montrer que les positions des maximas sur l'écran sont données par

$$x_k = k\,\frac{L\cdot\lambda}{a}\text{, où } k = 0, \pm 1, \pm 2, ...$$

Indiquer les approximations utilisées.

ii. Sachant que la distance entre les deux maximas du 3$^{\text{ème}}$ ordre sur l'écran est de 3,60 cm, $L = 4{,}00$ m et $\lambda = 546$ nm, calculer la distance « *a* » entre les fentes (voir figure ci-dessous).



</td><td>

4 points

2 points

</td></tr>
<tr><td colspan="3">

b) En utilisant une double fente avec $a = 3{,}64 \times 10^{-4}$ m, les élèves remplacent le laser par une source qui émet de la lumière rouge ($\lambda_1 = 672$ nm) et de la lumière verte (λ_2). Sur l'écran, les figures d'interférences se chevauchent. Un maximum vert se superpose à un maximum de troisième ordre rouge.

Déterminer la longueur d'onde λ_2 de la lumière verte et l'ordre du maximum vert chevauchant le maximum rouge.

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

3. Exemple BAC écrit

Question 2		
Partie B	**Page 3/3**	**Barème**
c) Les élèves utilisent un autre laser et remplacent la double fente par un réseau de diffraction de 4 000 traits par centimètre. La distance $L = 4{,}00\ \text{m}$ reste inchangée. Le premier maximum est observé à une distance de 0,871 m du maximum central de l'écran. L'équation du réseau de diffraction est la suivante : $$k \cdot \lambda = d \cdot \sin(\theta_k)$$		
i. Donner la signification de d et θ_k apparaissant dans cette équation.		1 point
ii. Montrer que la longueur d'onde de la lumière laser est de 532 nm.		4 points

Partie B	
<u>Données</u> :	
Longueur d'onde de la lumière verte	$500\ \text{nm} \leq \lambda \leq 560\ \text{nm}$
Célérité de la lumière dans le vide	$c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

3. Exemple BAC écrit

Question 3		
	Page 1/1	**Barème**

a) L'équation ci-dessous est l'équation d'Einstein qui décrit l'effet photoélectrique lorsqu'une cellule photoélectrique est éclairée par une lumière de fréquence *f*

$$h \cdot f = W_0 + E_k$$

i. Expliquer ce que signifient les trois termes $h \cdot f$, W_0 et E_k. — 3 points

ii. Une lumière monochromatique de longueur d'onde 486 nm est utilisée pour éclairer la cellule photoélectrique. La photocathode, de $100\ \text{mm}^2$ de surface, est recouverte d'une fine couche de césium dont le travail d'extraction vaut 2,08 eV.

L'intensité de la lumière incidente arrivant sur la cathode de la cellule photoélectrique est de $0{,}100\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$.

1. Montrer que l'énergie d'un photon de cette lumière vaut $4{,}09 \times 10^{-19}\ \text{J}$. — 3 points

2. Calculer la valeur maximale de l'énergie cinétique d'un photoélectron. — 2 points

3. Montrer que le nombre de photons incidents atteignant la surface de la photocathode par seconde, est égal à $2{,}44 \times 10^{13}$. — 4 points

4. Calculer la valeur maximale de l'intensité du courant photoélectrique en supposant que 4 % des photons produisent une émission de photoélectrons. — 4 points

b) Dans le spectre des atomes d'hydrogène, les longueurs d'onde peuvent être classées en séries telles que la série de Balmer.

Les photons de la série de Balmer sont émis lorsque des électrons passent d'un état de nombre quantique $n \geq 3$ à un état de nombre quantique $n = 2$. Le tableau ci-dessous montre les valeurs des cinq premiers niveaux d'énergie E_n de l'atome d'hydrogène.

Nombre quantique *n*	1	2	3	4	5
E_n / eV	–13,6	–3,40	–1,51	– 0,85	– 0,54

Une des transitions de la série de Balmer produit l'émission d'un photon de longueur d'onde 486 nm.
Entre quels niveaux d'énergie se produit cette transition ? — 4 points

<u>Données</u> :

Constante de Planck	$h = 6{,}63 \times 10^{-34}\ \text{J} \cdot \text{s}$
Célérité de la lumière dans le vide	$c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Charge électrique élémentaire	$e = 1{,}60 \times 10^{-19}\ \text{C}$

3. Exemple BAC écrit

Question 4		
	Page 1/2	**Barème**

a) Un des isotopes de l'élément technétium est $^{99}_{43}\mathrm{Tc}$.

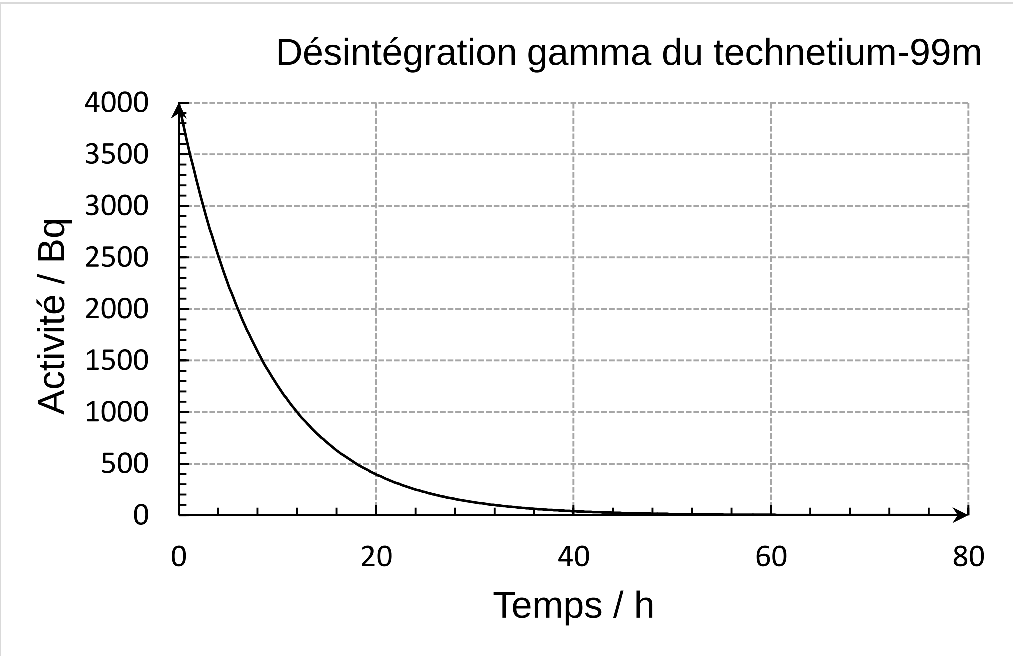
i. Que signifie le terme « isotope » ? — 1 point

ii. Quelle est la composition du noyau de cet isotope ? — 1 point

iii. Le $^{99}_{43}\mathrm{Tc}$ se désintègre en $^{99}_{44}\mathrm{Ru}$.
Ecrire l'équation de désintégration du $^{99}_{43}\mathrm{Tc}$ en $^{99}_{44}\mathrm{Ru}$ et indiquer de quel type de désintégration il s'agit. — 2 points

Le technétium-99m est un isotope métastable qui se désintègre en $^{99}_{43}\mathrm{Tc}$ en émettant un rayonnement gamma. Le technétium-99m est largement utilisé en médecine nucléaire.

Le graphique ci-dessous représente l'activité d'un échantillon de technétium-99m :



iv. Expliquer ce que signifie le terme « demi-vie » $T_{1/2}$, d'un isotope radioactif. — 1 point

v. A partir de la lecture du graphique, estimer la demi-vie du technetium-99m. — 1 point

vi. Montrer que $T_{1/2} = \dfrac{\ln(2)}{\lambda}$, où λ est la constante de désintégration. — 2 points

3. Exemple BAC écrit

Question 4		
	Page 2/2	**Barème**
b) Une des réactions de fission de l'uranium utilisée dans un réacteur nucléaire est la suivante : $${}^{235}_{92}\mathrm{U} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow {}^{141}_{56}\mathrm{Ba} + {}^{92}_{36}\mathrm{Kr} + 3\,{}^{1}_{0}\mathrm{n}$$		
i. Expliquer comment une réaction en chaîne est produite dans un réacteur nucléaire, ainsi que le rôle d'un modérateur.		4 points
ii. Calculer l'énergie libérée par cette réaction.		4 points
c) Dans une centrale nucléaire utilisant de l'uranium 235, diverses réactions de fission se produisent. L'énergie moyenne libérée par fission est de 210 MeV.		
Calculer la masse d'uranium 235 qui, subissant une fission, est nécessaire, par heure, pour exploiter une centrale électrique d'une puissance de 2,00 GW, en considérant que le rendement de la centrale est de 33 %.		4 points

Données :

Unité de masse atomique	$1\ \mathrm{u} = 931{,}5\ \mathrm{MeV}/c^2 = 1{,}66 \times 10^{-27}\ \mathrm{kg}$
Célérité de la lumière dans le vide	$c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$
Charge électrique élémentaire	$e = 1{,}60 \times 10^{-19}\ \mathrm{C}$
Masse du neutron	$m_\mathrm{n} = 1{,}008\,665\ \mathrm{u}$
Masse atomique de ${}^{92}_{36}\mathrm{Kr}$	$91{,}926\,156\ \mathrm{u}$
Masse atomique de ${}^{141}_{56}\mathrm{Ba}$	$140{,}914\,411\ \mathrm{u}$
Masse atomique de ${}^{235}_{92}\mathrm{U}$	$235{,}043\,930\ \mathrm{u}$

4. Barème détaillé et 5. Propositions de solutions

Solutions de la Question 1, Partie A

Champs — A: Connaissances et Compréhension; B: Application; C: Analyse et Evaluation; W: Communication Ecrite

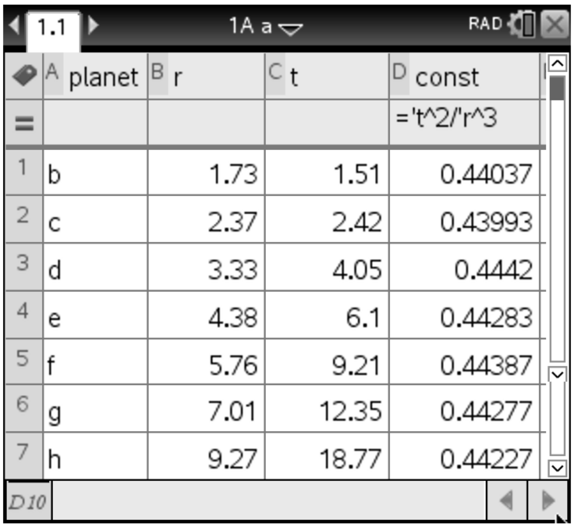
a) (A: 2; W: 1; Σ: 3)

Planètes	r^3 (10^{18} km³)	T^2 (jour terrestre²)	T^2/r^3 (10^{-18} jour²/km³)
b	5,178	2,280	0,440
c	13,312	5,856	0,440
d	36,926	16,403	0,444
e	84,028	37,210	0,443
f	191,103	84,824	0,444
g	344,472	152,522	0,443
h	796,598	352,312	0,442

La 3e loi de Kepler :

$$\frac{T^2}{r^3} = 0,44 \times 10^{-18} \text{ jours}^2/\text{km}^3$$

Les calculs effectués pour 2 des planètes reprises dans le tableau ci-dessus, suffisent pour vérifier la loi de Kepler.



	A planet	B r	C t	D const
=				='t^2/'r^3
1	b	1.73	1.51	0.44037
2	c	2.37	2.42	0.43993
3	d	3.33	4.05	0.4442
4	e	4.38	6.1	0.44283
5	f	5.76	9.21	0.44387
6	g	7.01	12.35	0.44277
7	h	9.27	18.77	0.44227

b) (A: 2; B: 1; Σ: 3)

$$v_e = \frac{s}{t} = \frac{2\pi \cdot r_e}{T_e} = 2\pi \frac{4,38 \times 10^9}{6,10 \cdot 24 \cdot 3600}$$

$$= 5,22 \times 10^4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 52,2 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$$

c) (B: 1; C: 2; Σ: 3)

$$F_G = F_{cp} \Leftrightarrow G\frac{M \cdot m_1}{r_1^2} = \frac{m_1 \cdot v_1^2}{r_1} \Rightarrow \frac{G \cdot M}{r_1} = v_1^2 \text{ ; de même } \frac{G \cdot M}{r_2} = v_2^2$$

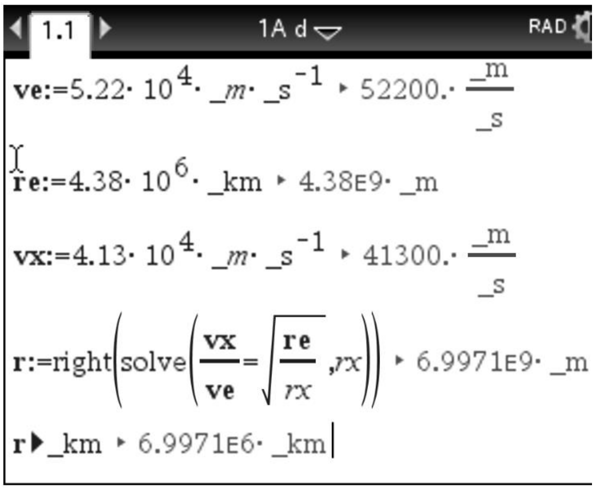
$$G \cdot M = v_2^2 \cdot r_2 = v_1^2 \cdot r_1 \Rightarrow \frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{r_2}{r_1} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{r_2}{r_1}}$$

Alternative : la 3e loi de Kepler

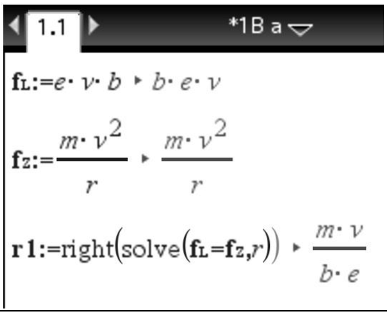
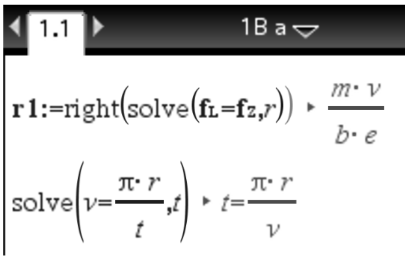
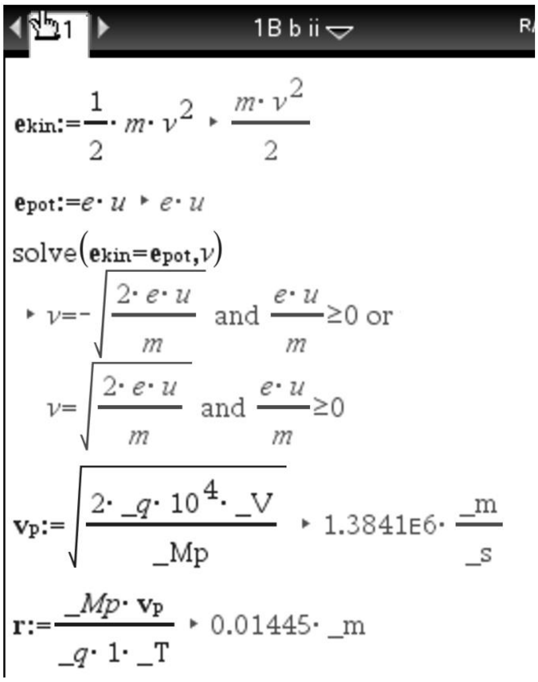
$$\frac{T_1^2}{r_1^3} = \frac{T_2^2}{r_2^3} = \text{cste} \text{ ; or : } v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi \cdot r}{T} \Rightarrow T = 2\pi\frac{r}{v}$$

$$\Rightarrow \frac{(2\pi \cdot r_1)^2}{v_1^2 \cdot r_1^3} = \frac{(2\pi \cdot r_2)^2}{v_2^2 \cdot r_2^3} \Rightarrow v_1^2 \cdot r_1 = v_2^2 \cdot r_2 \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{r_2}{r_1}}$$

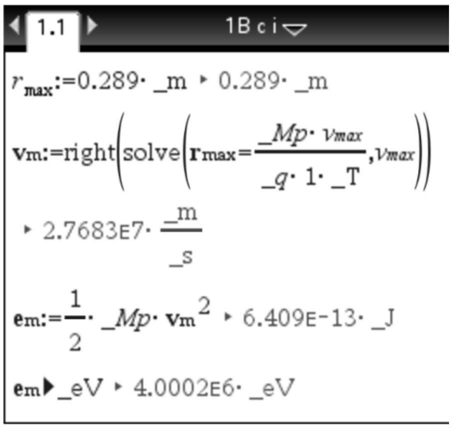
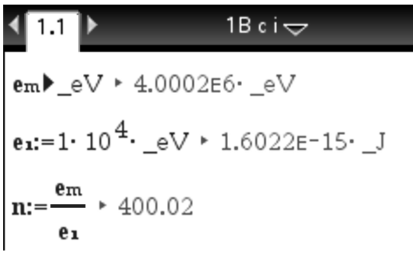
4. Barème détaillé et **5. Propositions de solutions**

		Solutions de la Question 1, Partie A	Champs				
d)		La relation donnant le rapport des vitesses de deux planètes en orbite autour d'une étoile (nous prenons la planète « e » dont nous connaissons la vitesse orbitale : voir b)) : $\frac{v_e}{v_x} = \sqrt{\frac{r_x}{r_e}} \Leftrightarrow r_x = r_e \cdot \left(\frac{v_e}{v_x}\right)^2$ $\Rightarrow r_x = \frac{4{,}38\times10^9 \cdot 27{,}25\times10^8}{17{,}06\times10^8}$ $\Rightarrow r_x = 7{,}00\times10^9 \text{ m} = 7{,}00\times10^6 \text{ km}$ C'est la planète g.  		1 1		0.5 0.5	**3**
e)	**i.**	$E_{méc} = E_k + E_p = \frac{m \cdot v^2}{2} - G\frac{m \cdot M}{r}$ or $F_{cp} = F_G \Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{r} = G\frac{m \cdot M}{r^2} \Rightarrow v^2 = \frac{G \cdot M}{r}$ $\Rightarrow E_{méc} = G\frac{m \cdot M}{2\,r} - G\frac{m \cdot M}{r} \Rightarrow E_{méc} = -G\frac{m \cdot M}{2\,r}$		2	1		**3**
	ii.	$E_{méc} = -G\frac{m_e \cdot M_{Tr}}{2r_e}$ $\Rightarrow E_{méc} = -6{,}67\times10^{-11}\,\frac{4{,}597\times10^{24} \cdot 1{,}77\times10^{29}}{2 \cdot 4{,}38\times10^9}$ $\Rightarrow E_{méc} = -6{,}20\times10^{33}$ J		1			**1**
			4	7	3	2	**16**

4. Barème détaillé et 5. Propositions de solutions

Solutions de la Question 1, Partie B			Champs				
A: Connaissances et Compréhension; B: Application; C: Analyse et Evaluation; W: Communication Ecrite			**A**	**B**	**C**	**W**	**Σ**
a)	**i.**	Relation entre la force centripète et la force de Lorentz : $F_{\text{cp}} = F_{\text{Lorentz}}$ $\Leftrightarrow \frac{m_{\text{p}} \cdot v^2}{R} = B \cdot e \cdot v$ $\Rightarrow R = \frac{m_{\text{p}} \cdot v}{B \cdot e}$  		1.5	1.5		3
	ii.	La vitesse orbitale du proton est donnée par $v = \frac{2\pi \cdot R}{T} \Rightarrow T = \frac{2.\pi \cdot R}{v} = \frac{2.\pi \cdot m_{\text{p}}}{e \cdot B}$ La durée Δt que le proton a passé dans un Dé (une demi circonférence) sera : $\Delta t = \frac{T}{2} = \frac{2\pi \cdot m_{\text{p}}}{2 \cdot e \cdot B} = \frac{\pi \cdot m_{\text{p}}}{e \cdot B}$ Donc la durée Δt est indépendante de la vitesse.  	2				2
b)	**i.**	L'énergie potentielle que possède la charge *e* dans le champ électrique E_{p} régnant dans l'espace entre les 2 Dés est donnée par : $E_{\text{p}} = e \cdot U$. L'énergie potentielle de cette charge e est convertie en énergie cinétique à chaque passage dans cet espace. L'augmentation de l'énergie cinétique sera donc : $\Delta E_{\text{k}} = e \cdot 1{,}00 \times 10^4 \text{ V} = 1{,}00 x 10^4 \text{ eV}$	1.5			0.5	2
	ii.	$E_{\text{k}} = \frac{m_{\text{p}} \cdot v^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{k}}}{m_{\text{p}}}}$ $R_1 = \frac{m_{\text{p}} \cdot v_1}{e \cdot B} = \frac{m_{\text{p}}}{e \cdot B} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{k}}}{m_{\text{p}}}}$ $\Rightarrow R_1 = \frac{\sqrt{2 \cdot m_{\text{p}} \cdot E_{\text{k}}}}{e \cdot B}$ La valeur initiale de l'énergie cinétique, au premier tour, est de $E_{\text{k0}} = 0 \text{ J}$ $\Rightarrow \Delta E_{\text{k}} = E_{\text{k}} - 0 = E_{\text{k}} = 1{,}00 x 10^4 \text{ eV}$ $\Rightarrow E_{\text{k}} = 1{,}00 x 10^4 \cdot 1{,}60 \times 10^{-19} \text{ J}$ $= 1{,}60 \times 10^{-15} \text{ J}$ $R_1 = \frac{\sqrt{2 \cdot 1{,}67 \times 10^{-27} \cdot 1{,}60 \times 10^{-15}}}{1{,}60 \times 10^{-19} \cdot 1{,}00}$ $= 1{,}44 \text{ cm}$  	2	1			3

4. Barème détaillé et **5. Propositions de solutions**

Solutions de la Question 1, Partie B			**Champs**				
c)	**i.**	La vitesse maximum (voir : a) i) : $R_{\text{max}} = \frac{m_{\text{p}} \cdot v_{\text{max}}}{B \cdot e} \Leftrightarrow v_{\text{max}} = \frac{e \cdot B \cdot R_{\text{max}}}{m_{\text{p}}}$ $\Rightarrow E_{\text{k max}} = \frac{m_{\text{p}} \cdot v_{\text{max}}^2}{2} = \frac{m_{\text{p}}}{2} \cdot \left(\frac{e.B.R_{\text{max}}}{m_{\text{p}}} \right)^2$ $\Rightarrow E_{\text{k max}} == 0{,}04 \times 10^8 \text{ eV} = 4{,}00 \text{ MeV}$ $\Rightarrow E_{\text{k max}} = e\frac{1{,}60 \times 10^{-19} \cdot (1{,}00 \cdot 0{,}289)^2}{2 \cdot 1{,}67 \times 10^{-27}}$ 	1	2			**3**
	ii.	À chaque tour (2 passages dans la zone où règne un champ électrique) le proton acquiert une augmentation d'énergie cinétique ΔE_{k} égale à : $\Delta E_{\text{k}} = 2 \cdot e \cdot U_{\text{max}} = 2{,}00x10^4$ eV  Le nombre de tours *n* que doit parcourir le proton pour que son énergie cinétique soit maximale est donné par le rapport de la valeur $E_{\text{k max}}$ de l'énergie cinétique maximale et de l'accroissement ΔE_{k} de son énergie cinétique lors d'un tour : $n = \frac{E_{\text{k max}}}{\Delta E_{\text{k}}} = \frac{4{,}00 \times 10^6}{2{,}00x10^4} = 200 \text{ tours}$			1		**1**
			6.5	4.5	2.5	0.5	**14**

4. Barème détaillé et **5. Propositions de solutions**

<table>
<tr><th colspan="3">Solutions de la Question 2, Partie A</th><th colspan="5">Ondes</th></tr>
<tr><td colspan="3">A: Connaissances et Compréhension; B: Application; C: Analyse et Evaluation; W: Communication Ecrite</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>W</td><td>Σ</td></tr>
<tr><td>a)</td><td>i.</td><td>Dans le tableau ci-dessous, les nœuds sont désignés par les ↑
<table>
<tr><td></td><td>1^e harmonique</td><td>2^e harmonique</td></tr>
<tr><td>Une extrémité fermée et une extrémité ouverte (tuyau « fermé »)</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Les deux extrémités ouvertes (tuyau « ouvert »)</td><td></td><td></td></tr>
</table></td><td>1
1
1
1</td><td></td><td></td><td></td><td>4</td></tr>
<tr><td></td><td>ii.</td><td>La longueur d'onde du son de fréquence de 20 Hz est donnée par :
$$c = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \frac{346}{20} = 17{,}3 \text{ m}$$
1. La longueur du tuyau « fermé » vaut un quart de la longueur d'onde de la note
fondamentale : $L_{\text{fermé}} = 4{,}325$ m.
2. La longueur du tuyau « ouvert » vaut la moitié de la longueur d'onde de la note fondamentale : $L_{\text{ouvert}} = 8{,}65$ m.</td><td>0.5
0.5</td><td>2</td><td></td><td></td><td>3</td></tr>
<tr><td></td><td>iii.</td><td>À partir des schémas ci-dessus, nous voyons que $\frac{f_{\text{ouvert}}}{f_{\text{fermé}}} = \frac{4}{3}$ pour la deuxième harmonique.
$$L_{\text{ouvert}} = L_{\text{fermé}} = \lambda_{\text{ouvert}} = \frac{3}{4}\lambda_{\text{fermé}}$$
$$c = \lambda \cdot f \Rightarrow \frac{c}{c} = \frac{\lambda_{\text{ouvert}} \cdot f_{\text{ouvert}}}{\lambda_{\text{fermé}} \cdot f_{\text{fermé}}} = 1 \Rightarrow \frac{\frac{3}{4}\lambda_{\text{fermé}} \cdot f_{\text{ouvert}}}{\lambda_{\text{fermé}} \cdot f_{\text{fermé}}} = 1 \Rightarrow \frac{f_{\text{ouvert}}}{f_{\text{fermé}}} = \frac{4}{3}$$</td><td></td><td></td><td>2</td><td></td><td>2</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td><u>Alternative</u> :
La réponse peut être obtenue en utilisant les relations suivantes :

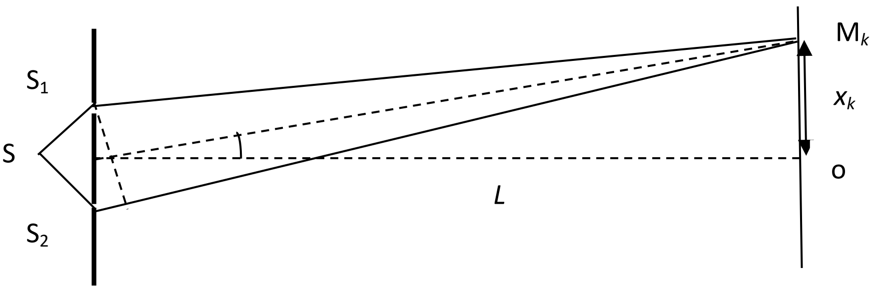
$4\,L = (2n-1)\lambda_{\text{fermé}} \Leftrightarrow f_{\text{fermé},\,n} = (2n-1)\frac{c}{4\,L}$, avec n = 1, 2, 3, …
$2\,L = n \cdot \lambda_{\text{ouvert},\,n} \Leftrightarrow f_{\text{ouvert},\,n} = n\frac{c}{2\,L}$, avec n = 1, 2, 3, …

Pour la 2^e harmonique, n = 2 : $\frac{f_{\text{ouvert, 2}}}{f_{\text{fermé, 2}}} = \frac{2\frac{c}{2\,L}}{3\frac{c}{4\,L}} = \frac{1}{\frac{3}{4}} = \frac{4}{3}$</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

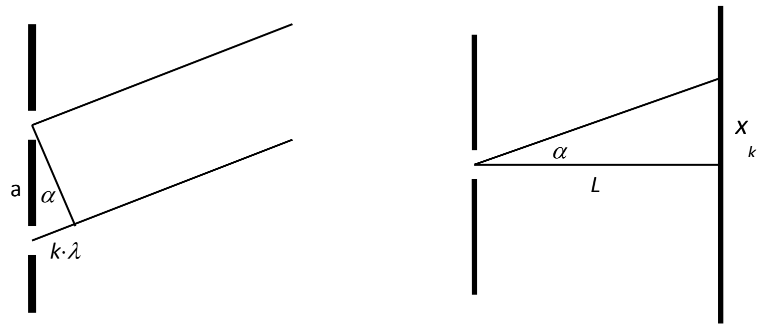
4. Barème détaillé et **5. Propositions de solutions**

Solutions de la Question 2, Partie A				**Ondes**				
b)	**i.**		La note est quatre octaves en dessous de 440 Hz : $$f=\frac{440}{2^4}=27{,}5\ \text{Hz}>20\,\text{Hz}$$. La note est audible par l'oreille humaine.	2				**2**
	ii.	**1.**	Le nombre d'octaves au-dessus des 440 Hz tel que le son est encore audible, sera : $$\frac{14\ 080}{440}=32=2^5.$$ Le nombre d'octaves au-dessus des 440 Hz est 5.	1				**1**
		2.	La longueur d'onde λ du son, à 14080 Hz, vaut $$\lambda=\frac{c}{f}=\frac{346}{14\ 080}=0{,}02457\,\text{m}=24{,}57\,\text{mm}\Rightarrow\frac{\lambda}{L}=\frac{24{,}57}{6{,}14}=4$$ Il s'agit donc d'un tuyau fermé.		2	1		**3**
				8	4	3	0	**15**

4. Barème détaillé et **5. Propositions de solutions**

<table>
<tr><th colspan="3">Solutions de la Question 2, Partie B</th><th colspan="5">Ondes</th></tr>
<tr><td colspan="3">A: Connaissances et Compréhension; B: Application; C: Analyse et Evaluation; W: Communication Ecrite</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>W</td><td>Σ</td></tr>
<tr><td rowspan="2">a)</td><td rowspan="2">i.</td><td>


Si $L \gg a \;\Rightarrow$ les deux faisceaux lumineux sont pratiquement parallèles :



</td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td>4</td></tr>
<tr><td>
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*. On a (voir approximations utilisées) :

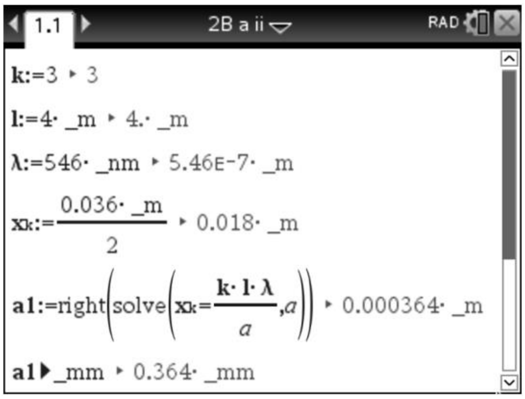
$$\sin\alpha = \frac{k\cdot\lambda}{a} \quad \text{et} \quad \tan\alpha = \frac{x_k}{L}$$

$$\sin\alpha \approx \tan\alpha \approx \alpha \Rightarrow \frac{k\cdot\lambda}{a} = \frac{x_k}{L} \Rightarrow x_k = k\cdot\frac{L\cdot\lambda}{a}$$
</td><td></td><td>0.5</td><td></td><td>0.5</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>Approximations utilisées :</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>1. Comme la distance a entre les deux fentes est très petite par rapport à la distance L entre ces fentes et l’écran ($L \gg a$), les deux faisceaux lumineux sont considérés comme étant parallèles $\Rightarrow \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$</td><td>0.5</td><td></td><td></td><td>0.5</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>2. α est un angle de très faible amplitude ($L \gg a$) ; on utilise l’approximation suivante : $\sin\alpha \approx \tan\alpha$.</td><td>0.5</td><td></td><td></td><td>0.5</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>ii.</td><td>
$x_{+3} - x_{-3} = 2\cdot x_3 = 3{,}60\times10^{-2}$

Et : $x_3 = 3\cdot\frac{L\cdot\lambda}{a} \Leftrightarrow a = 3\cdot\frac{L\cdot\lambda}{x_3}$

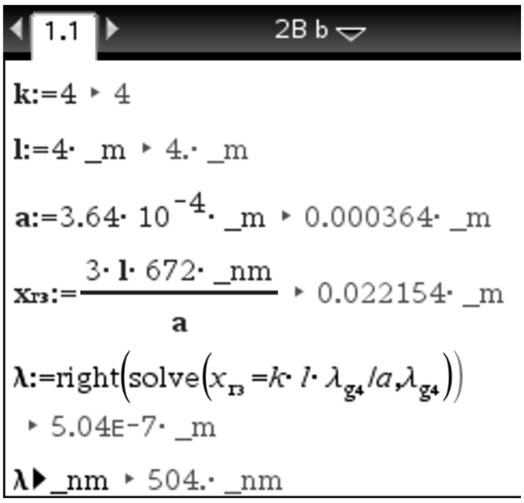
$\Rightarrow a = 3\,\frac{4{,}00\cdot 546\times10^{-9}}{1{,}80\times10^{-2}} = 3{,}64\times10^{-4}$ m

$\Rightarrow a = 0{,}364$ mm



</td><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td><td>2</td></tr>
</table>

4. Barème détaillé et **5. Propositions de solutions**

		Solutions de la Question 2, Partie B	Ondes				
b)		$\lambda_V < \lambda_R \Rightarrow$ un maximum d'ordre 3 en lumière rouge se superpose à un maximum d'ordre supérieur de la lumière verte $k_V > 3$. $x_{k\text{ V}} = x_{3\text{ R}} = k\dfrac{L \cdot \lambda_V}{a} = 3\dfrac{L \cdot \lambda_R}{a}$ $\Rightarrow k \cdot \lambda_V = 3 \cdot \lambda_R = 3 \cdot 672 = 2\ 016$ $\Rightarrow k \cdot \lambda_V = 4 \cdot 504\ \text{nm}$ $k = 4$ et $\lambda_V = 504\ \text{nm}$: la condition $500\ \text{nm} \leq \lambda_V \leq 560\ \text{nm}$ est remplie 	0.5 0.5	1.5	1	0.5	**4**
c)	**i.**	d : est la distance qui sépare deux traits successifs d'un réseau. θ_k : est l'angle entre les rayons lumineux atteignant le maximum central et les rayons lumineux atteignant le maximum de k^e ordre.				0.5 0.5	**1**
	ii.	$\tan\theta_1 = \dfrac{x_1}{L} \Rightarrow \theta_1 = \tan^{-1}\dfrac{x_1}{L} = \tan^{-1}\dfrac{0{,}871}{4{,}00}$ La longueur d'onde de la lumière laser est de $\lambda = \dfrac{d\sin\theta}{k} = \dfrac{\dfrac{0{,}01}{4\ 000}\cdot\sin\left(\tan^{-1}\dfrac{0{,}871}{4{,}00}\right)}{1} = 5{,}32\times10^{-7}\text{m} = 532\ \text{nm}$		2 1	1		**4**
			4	6	2	3	**15**

4. Barème détaillé et **5. Propositions de solutions**

			Solutions de la Question 3	**Physique Atomique**				
			A: Connaissances et Compréhension; B: Application; C: Analyse et Evaluation; W: Communication Ecrite	**A**	**B**	**C**	**W**	**Σ**
a)	**i.**		$h\cdot f$: est l'énergie d'un photon qui arrive sur la cellule photoélectrique W_0 : est l'énergie minimum qu'il faut communiquer à un électron du métal pour l'arracher de cette surface ; W_0 est appelée « travail d'extraction » du métal. E_k : est l'énergie cinétique de l'électron libéré du métal.	1.5			1.5	**3**
	ii.	**1.**	$f=\frac{c}{\lambda}\Rightarrow E_{photon}=h\cdot f=h\frac{c}{\lambda}$ $\Rightarrow E_{photon}=6{,}63\times10^{-34}\cdot\frac{3{,}00\times10^{8}}{486\times10^{-9}}$ $=4{,}09\times10^{-19}$ J 1.1 3 a ii RAD wo:=2.08· _eV ▸ 3.3325E-19· _J λ:=486· _nm ▸ 4.86E-7· _m a:=100· _mm² ▸ 0.0001· _m² f:=right(solve(_c=λ· f,f)) ▸ 6.1686E14· _Hz e_{ph}:=_h· f ▸ 4.0873E-19· _J ...	3				**3**
		2.	D'après l'équation d'Einstein : $E_{photon}=h\cdot f=E_k+W_0$ $\Rightarrow E_k=E_{photon}-W_0$ $E_k=4{,}09\times10^{-19}-2{,}08\cdot1{,}60\times10^{-19}$ $\Rightarrow E_k=7{,}62\times10^{-20}$ J 1.1 3 a ii ... ekin:=eph−wo ▸ 7.5481E-20· _J ...	1	1			**2**
		3.	Le nombre n de photons incidents atteignant, par seconde, la surface de la cathode **:** $n=\frac{\text{Energie lumineuse incidente}}{\text{Energie d'un photon}}$ $\Rightarrow n=\frac{0{,}100\cdot100\times10^{-6}}{4{,}09\times10^{-19}}$ $\Rightarrow n=2{,}44\times10^{13}$ photons par seconde ... p:=0.1· $\frac{\_W}{\_m^2}$· a ▸ 0.00001· _W n:=$\frac{p}{eph}$ ▸ 2.4466E13· _Hz ...	1	1	2		**4**
		4.	Seuls 4 % des photons incidents produisent une émission de photoélectrons. Soit N le nombre, par seconde, de ces photons : $N=2{,}44\times10^{13}\frac{4}{100}=9{,}76\times10^{11}$, par seconde. $\Rightarrow I=\frac{Q}{t}=\frac{9{,}76\times10^{11}\cdot1{,}60\times10^{-19}}{1}$ $\Rightarrow I=0{,}156\times10^{-6}$ A $=0{,}156$ μA $=156$ nA ... i:=0.04· n· _q ▸ 1.5679E-7· _A		2	2		**4**

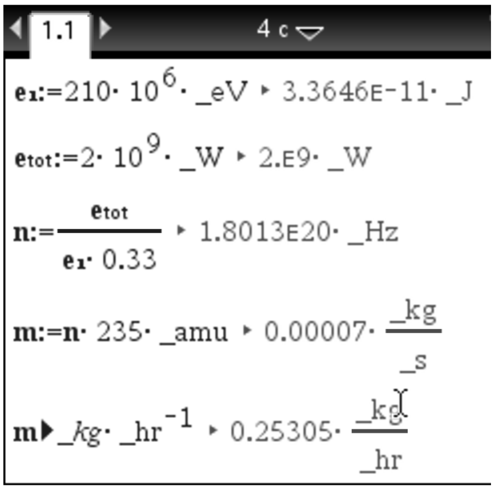
4. Barème détaillé et **5. Propositions de solutions**

Solutions de la Question 3			**Physique Atomique**				
b)		Dans la série de Balmer, les électrons passent d'un niveau $n \geq 3$ vers le niveau n = 2. Énergie du photon émis : $E_{\text{photon}} = 4{,}09 \times 10^{-19}\,\text{J} = \dfrac{4{,}09 \times 10^{-19}}{1{,}60 \times 10^{-19}} = 2{,}556\ \text{eV} = \Delta E_{n\to 2}$ $\Delta E_{\text{n}\to 2} = E_2 - E_n = -3{,}40 - E_{\text{n}} = -2{,}556 \Rightarrow E_{\text{n}} = -0{,}844\ \text{eV} \Rightarrow n = 4$		2 1.5		0.5	**4**
			6.5	7.5	4	2	**20**

4. Barème détaillé et 5. Propositions de solutions

Solutions de la Question 4			Physique Nucléaire				
A: Connaissances et Compréhension; B: Application; C: Analyse et Evaluation; W: Communication Ecrite			**A**	**B**	**C**	**W**	**Σ**
a)	**i.**	On appelle isotopes d'un certain élément chimique les noyaux ou nucléides partageant le même nombre de protons (même nombre atomique Z) mais ayant un nombre de neutrons différent (nombre de masse A différents).	1				**1**
	ii.	${}^{99}_{43}\text{Tc}$: son noyau possède 43 protons et (99-43) 56 neutrons.	0.5			0.5	**1**
	iii.	${}^{99}_{43}\text{Tc} \rightarrow {}^{99}_{44}\text{Ru} + {}^{0}_{1}e + (\bar{\nu}_e)$ <u>ou</u> ${}^{99}_{43}\text{Tc} \rightarrow {}^{99}_{44}\text{Ru} + \beta^- + (\bar{\nu}_e)$ C'est une désintégration β^-. (<u>Rem</u> : la présence de l'antineutrino $\bar{\nu}_e$ n'est pas obligatoire pour le candidat)	1	1			**2**
	iv.	La demi-vie d'un radio-isotope est la durée au bout de laquelle la moitié des atomes initialement présents de cet élément se sont désintégrés	0.5			0.5	**1**
	v.	A partir de la lecture du graphique : $T_{1/2} = 6$ h		0.5		0.5	**1**
	vi.	La demi-vie $T_{1/2}$ est la durée nécessaire pour que le nombre initial de noyaux N_0 soit divisé par 2 : $N_{T_{1/2}} = \frac{N_0}{2} \Rightarrow N = \frac{N_0}{2} = N_0.e^{-\lambda.t} \Rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda.T_{1/2}} \Rightarrow T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$		2			**2**
b)	**i.**	Réaction en chaîne : lors d'une réaction de fission nucléaire, l'absorption d'un neutron par un noyau fissile permet la libération de plusieurs neutrons. Chaque neutron émis peut à son tour casser un autre noyau fissile et la réaction se poursuit ainsi, d'elle-même.	1			0.5	**4**
		Les neutrons libérés lors de cette réaction ont vitesse élevée. Cependant, la fission n'est déclenchée que par des neutrons lents dits thermiques. Ils doivent donc être ralentis par le modérateur : placé au cœur d'un réacteur nucléaire, le modérateur est une substance qui diminue la vitesse des neutrons permettant ainsi de contrôler une réaction nucléaire en chaîne. Le ralentissement des neutrons est obtenu par un choc entre ce neutron et les noyaux d'atomes du modérateur.		1.5	0.5	0.5	
	ii.	$m({}^{235}_{92}\text{U}) - 92\ m_\text{e} = \left[m({}^{141}_{56}\text{Ba}) - 56\ m_\text{e}\right] + \left[m({}^{92}_{36}\text{Kr}) - 36\ m_\text{e}\right] + 2\ m_n + \Delta m$ (Si l'élève explique que le nombre total d'électrons ne change pas, il n'est pas nécessaire de les mentionner dans l'équation ci-dessus.)		2			**4**
		$\Rightarrow \Delta m = m({}^{235}_{92}\text{U}) - m({}^{141}_{56}\text{Ba}) - m({}^{92}_{36}\text{Kr}) - 2\ m_\text{n}$ $\Rightarrow \Delta m = 235{,}043\ 930 - 140{,}914\ 411 - 91{,}926\ 156 - 2 \cdot 1{,}008665$ $\Rightarrow \Delta m = 0{,}186033\ \text{u} = 0{,}186033 \cdot 931{,}5 = 173{,}29\ \frac{\text{MeV}}{\text{c}^2}$	1				
		$\Rightarrow \Delta E = \Delta m \cdot c^2 = 173{,}29$ MeV	1				

4. Barème détaillé et **5. Propositions de solutions**

Solutions de la Question 4				**Physique Nucléaire**				
c)		Pour une heure de fonctionnement, l'énergie nécessaire vaut : $E_{\text{fonct.}} = 2{,}00\ \text{GW}\cdot\text{h} = 2{,}00\ \dfrac{\text{GJ}}{\text{s}}\cdot\text{h}$ $= 2{,}00\times 3600\ \dfrac{\text{GJ}}{\text{h}}\cdot h = 7{,}20\times10^{12}\ \text{J}$				1		**4**
		Le nombre n de réactions nécessaires, par heure, compte tenu du rendement, est de : $n = \dfrac{E_{\text{fonct.}}}{E_{\text{fission}}} = \dfrac{7{,}20\times10^{12}}{210\times10^{6}\cdot 1{,}60\times10^{-19}\cdot 0{,}33}$ $= 6{,}49\times10^{23}$		1				
		La masse totale nécessaire à la fission, pendant une heure : $m = n\cdot m({}^{235}_{92}\text{U})$ $= 6{,}49\times10^{23}\times 235{,}043\ 930\times 1{,}66\times10^{-27}$				1		
		$= 253\times10^{-3}\ \text{kg}$ Pour fonctionner pendant une heure, la masse d'uranium 235 nécessaire sera : $m = 0{,}253\ \text{kg}$				1		
				7	7	3.5	2.5	**20**

6. Tableau Excel pour aider à la répartition des points

EE: BAC Physique ....

Question 1	Connaissances, Compréhension	Application	Analyse et Evaluation	Communication Ecrite	Σ
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
Somme A	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Somme B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Somme:	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
%:	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	
Directive:	11,0	11,0	5,0	3,0	30,0

Question 2	Connaissances, Compréhension	Application	Analyse et Evaluation	Communication Ecrite	Σ
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
Somme A	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Somme B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Somme:	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
%:	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	
Directive:	11,0	11,0	5,0	3,0	30,0

Question 3	Connaissances, Compréhension	Application	Analyse et Evaluation	Communication Ecrite	Σ
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
Somme:	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
%:	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	
Directive:	7,0	7,0	4,0	2,0	20,0

Question 4	Connaissances, Compréhension	Application	Analyse et Evaluation	Communication Ecrite	Σ
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
Somme:	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
%:	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	
Directive:	7,0	7,0	4,0	2,0	20,0

Les champs marqués en jaune peuvent être remplis, tous les autres sont protégés

Les sommes apparaissent en couleurs différentes :	vert:	ok
	orange:	dans la tolérance
	rouge:	pas admis