

**PHYSIQUE
RESERVE**

DATE : 13 juin 2013

DUREE DE L'EXAMEN :

3 heures (180 minutes)

MATERIEL AUTORISE :

Calculatrice utilisée en mathématique en mode « Press-to-test »

ou

calculatrice (non programmable et non graphique)

REMARQUES PARTICULIERES :

- Choisir 4 questions parmi les 6 questions données.
- Indiquer votre choix de questions en cochant d'une croix les cases appropriées du document joint à cet effet.
- Utiliser une page différente pour chaque question.

Question 1		
	Page 1/2	Barème
Dans cette question, on considère que la Terre et Mars sont à symétrie sphérique et que l'énergie potentielle gravitationnelle est nulle à l'infini. La sonde spatiale Mars Science Laboratory (M.S.L.), avec à son bord le rover Curiosity, a été lancée, par la fusée Atlas V 541, le 26 novembre 2011.		
a) Dans une première phase, le deuxième étage du lanceur a placé la sonde M.S.L. sur orbite terrestre. Cette orbite est elliptique. L'altitude la plus faible par rapport à la surface terrestre vaut $h_1 = 1,6 \cdot 10^5$ m, alors que la plus élevée est $h_2 = 2,7 \cdot 10^5$ m.		
i. Calculer la valeur de la force exercée par la Terre, de masse M_T, sur le M.S.L., de masse m, lorsqu'il se situe à l'altitude h_1.		3 points
ii. Calculer l'énergie potentielle gravitationnelle du M.S.L. à l'altitude h_1.		4 points
iii. Décrire comment varient l'énergie mécanique, l'énergie potentielle et l'énergie cinétique du M.S.L. lorsqu'il passe de l'altitude h_1 à l'altitude h_2.		3 points
iv. Calculer la vitesse du M.S.L. s'il décrivait une orbite circulaire d'altitude $h = 2,2 \cdot 10^5$ m.		3 points
b) Dans une deuxième phase, le deuxième étage a été rallumé pour permettre au M.S.L. de se libérer de l'attraction terrestre et entamer sa croisière en direction de Mars.		
i. Établir la relation permettant de calculer la vitesse de libération v_{lib} du M.S.L. à partir de l'altitude h_2.		4 points
ii. Calculer cette vitesse de libération v_{lib}.		2 points
c) Finalement, le rover Curiosity s'est posé sur Mars le lundi 6 août 2012. On désire vérifier la stabilité du rover à la surface de Mars. Dans ce but, le satellite Mars Odyssey a transmis des images du rover à la Terre. Ce satellite est en orbite circulaire martienne à l'altitude $H = 4,0 \cdot 10^5$ m.		
i. Calculer, en heures, la période de révolution T de Mars Odyssey.		3 points
ii. Démontrer, à partir des relations $E_k = \frac{m_O \cdot v^2}{2}$ de l'énergie cinétique et $E_p = \frac{-G \cdot M_M \cdot m_O}{r}$ de l'énergie potentielle de gravitation, que l'énergie mécanique de Mars Odyssey, de masse m_O, en orbite, est donnée par la relation $E_{\text{orb}} = -\frac{G \cdot M_M \cdot m_O}{2(R_M + H)}$		3 points

BACCALAUREAT EUROPEEN 2013 : PHYSIQUE - Réserve**Question 1****Page 2/2****Barème****Données :**

Constante de gravitation universelle

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ kg}^{-1} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$$

Masse de la Terre

$$M_{\text{T}} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

Masse de Mars

$$M_{\text{M}} = 6,42 \cdot 10^{23} \text{ kg}$$

Rayon de la Terre

$$R_{\text{T}} = 6,38 \cdot 10^6 \text{ m}$$

Rayon de Mars

$$R_{\text{M}} = 3,38 \cdot 10^6 \text{ m}$$

Masse du M.S.L.

$$m = 3,90 \cdot 10^3 \text{ kg}$$

Question 2

Page 1/2

Barème

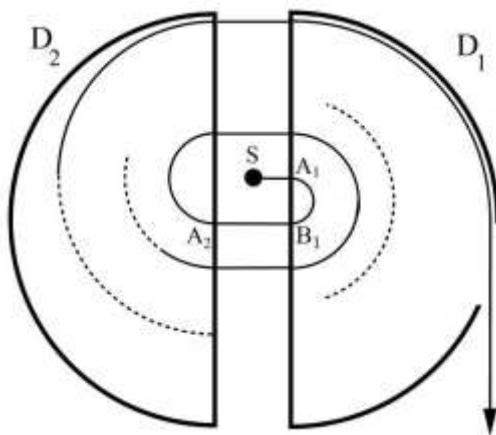
Dans cette question, les effets relativistes peuvent être ignorés et les lois de la physique classique appliquées. La force de gravitation est négligée par comparaison aux forces électromagnétiques.

Un cyclotron est constitué de deux demi-cylindres D_1 et D_2 , à l'intérieur desquels règne un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme et constant, perpendiculaire au plan de la figure ci-dessous. Le vide est réalisé dans l'ensemble du cyclotron.

Un noyau de deutérium de charge e et de masse m est émis à vitesse négligeable par une source S . Il est accéléré par un champ électrique $\vec{E}_1$ uniforme créé par une tension électrique $U_{D_1 D_2}$, appliquée entre D_1 et D_2 . Il pénètre dans D_1 au point A_1 avec une vitesse de valeur v_1 . Il y décrit un demi-cercle de rayon R_1 et sort de D_1 au point B_1 .

Le noyau est ensuite accéléré entre D_1 et D_2 par le champ électrique $\vec{E}_2$ de sens opposé à $\vec{E}_1$, mais de même valeur. Il aborde D_2 au point A_2 avec une vitesse de valeur v_2 et y décrit un demi-cercle de rayon R_2 .

Le champ électrique change de sens après chaque passage du noyau entre D_1 et D_2 .



- a) i. Déterminer la direction et le sens du champ électrique $\vec{E}_1$ existant entre D_1 et D_2 de sorte que le noyau de deutérium émis au point S soit accéléré vers le point A_1 .

1 point

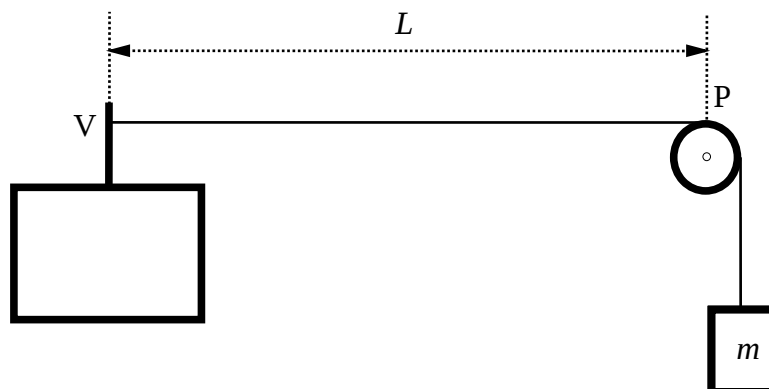
Question 2		
	Page 2/2	Barème
ii. Etablir une équation permettant de calculer v_1 en fonction de la tension $U_{D_1D_2}$ ($U_{SA_1} = \frac{1}{2}U_{D_1D_2}$), de la masse m et de la charge e du noyau de deutérium. iii. Vérifier que si $U_{D_1D_2} = 1,00 \cdot 10^3$ V, le noyau de deutérium atteint D₁ à la vitesse $v_1 = 2,19 \cdot 10^5$ m/s. b) Le noyau de deutérium se déplace du point A₁ au point B₁ dans le champ magnétique $\vec{B}$ de valeur $B = 1,00$ T. i. Déterminer le sens du champ magnétique dans D₁. Justifier la réponse. ii. Démontrer que la relation permettant de calculer le rayon R_1 de la première trajectoire semi-circulaire effectuée par le noyau de deutérium dans le champ magnétique est $R_1 = \frac{m \cdot v_1}{e \cdot B}$ iii. Calculer R_1 sachant que $v_1 = 2,19 \cdot 10^5$ m/s. iv. Etablir une équation permettant de calculer la durée Δt mise pour parcourir une trajectoire semi-circulaire du noyau de deutérium à partir de sa masse m, de sa charge e, et de la valeur B du champ magnétique $\vec{B}$. v. Expliquer pourquoi le champ magnétique $\vec{B}$ ne modifie pas l'énergie cinétique du noyau de deutérium. vi. Calculer l'énergie cinétique maximale du noyau de deutérium à la sortie du cyclotron, sachant que le rayon maximum de l'appareil est $R_{\max} = 40,0$ cm. c) Etablir une équation permettant de calculer la durée $\Delta t'$ mise par le noyau de deutérium pour passer du point S au point A₁, à partir de sa masse m, de sa charge q, de sa vitesse v_1 et de la valeur E du champ électrique $\vec{E}$.	4 points 2 points 2 points 3 points 2 points 3 points 3 points 3 points 2 points	4 points 2 points 2 points 3 points 2 points 3 points 3 points 3 points 2 points
<u>Données :</u> Masse du noyau de deutérium $m = 3,34 \cdot 10^{-27}$ kg Charge électrique élémentaire $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C		

Question 3

Page 1/2

Barème

- a) Une corde élastique est attachée par une de ses extrémités V à un vibreur qui la soumet à un mouvement vibratoire de faible amplitude et de fréquence ajustable. Cette corde passe dans la gorge d'une poulie fixe et une masse m est attachée à son autre extrémité pour y créer la tension $\vec{F}$. Les points V et P (point situé au sommet de la poulie) sont séparés d'une distance $L = 2,00$ m (voir schéma ci-dessous).



Pour la fréquence utilisée, on observe une onde stationnaire résonante possédant deux ventres.

P et V sont considérés comme des nœuds de vibration.

- i. Dessiner la forme de l'onde stationnaire dans cette situation. 2 points

- ii. Une méthode pour forcer la corde à vibrer dans son mode fondamental est d'augmenter la masse m , sans modifier ni la fréquence de vibration du vibreur ni la distance L .

Expliquer par quel facteur la masse initiale doit être multipliée pour que cela se produise. 4 points

- iii. Au lieu de modifier la masse, on peut diminuer la distance L entre V et P (en rapprochant le vibreur de la poulie) pour que la corde vibre dans son mode fondamental, sans modifier la fréquence de vibration du vibreur.

Calculer la nouvelle distance L' pour que cela se produise. 3 points

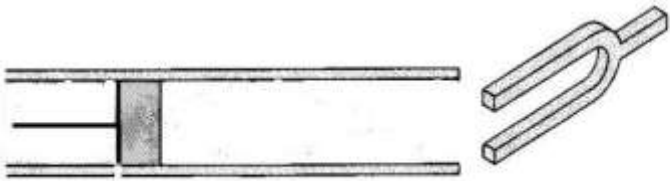
- iv. Démontrer que la corde, de masse linéique μ , vibre toujours à la fréquence fondamentale f lorsque la masse m choisie obéit à la relation

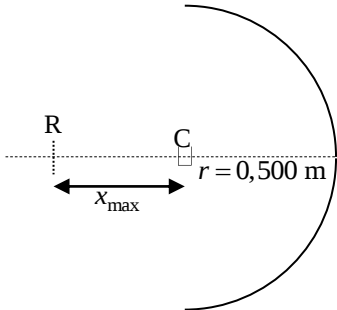
$$m = \frac{4 \cdot \mu \cdot f^2 \cdot L^2}{g},$$

dans laquelle g est l'accélération de la pesanteur.

- v. On rétablit la distance $L = 2,00$ m. La masse m vaut 9,00 kg et la fréquence de vibration f pour obtenir le mode fondamental vaut 30,0 Hz.

Calculer la masse linéique μ de la corde. 2 points

Question 3		
	Page 2/2	Barème
b) Un diapason de fréquence 440 Hz est placé à l'extrémité ouverte d'un tube de 1,00 m de longueur qui contient un piston amovible comme indiqué sur la figure ci-dessous. Lorsque le piston se déplace lentement à partir de l'extrémité ouverte, on constate une intensification du son qui indique que la résonance se produit successivement à 18,8 cm et 56,3 cm de cette extrémité.		
		
i. Montrer que la vitesse du son, dans ces conditions, est de $330 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.	3 points	
ii. On continue de déplacer le piston le long du tube. En combien de position(s) supplémentaire(s) du piston peut-on observer cette intensification sonore ?	2 points	
iii. On retire le piston du tube. Quelle est la fréquence fondamentale de résonance du tube ?	2 points	
iv. L'expérience ci-dessus a été effectuée à la température ambiante de 22°C. Sachant que la célérité du son est proportionnelle à la racine carrée de la température exprimée en kelvins, quelle est la nouvelle valeur de la célérité du son, si l'air dans le tube est chauffé à 80°C ?	3 points	
<u>Données :</u> Accélération de la pesanteur terrestre $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ La célérité V d'une onde se propageant sur une corde tendue est donnée par la relation $V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ où F est la valeur de la tension du fil et μ sa masse linéique. $T_{\text{kelvins}} = \theta_{\text{degrés Celsius}} + 273$		

Question 4		
	Page 1/1	Barème
a) Un fin faisceau de lumière laser atteint sous incidence normale un réseau R de diffraction, plan, comportant 450 traits par mm. La longueur d'onde λ de cette lumière vaut 580 nm. Un écran plan est placé parallèlement au réseau à une distance D valant 1,50 m de ce dernier. Observée depuis le réseau de diffraction, la direction du maximum d'ordre k fait un angle θ_k par rapport à la direction du maximum central (ordre 0). i. Démontrer, à l'aide de schémas clairs, les relations suivantes : $\sin \theta_k = \frac{k \cdot \lambda}{a} \text{ et } \tan \theta_k = \frac{x_k}{D}$ a est le pas du réseau. ii. Calculer le nombre total de maxima observables sur un écran suffisamment large. iii. Calculer la largeur minimale de l'écran pour observer tous les maxima possibles. b) L'expérience est maintenant réalisée dans l'eau. Afin d'être sûr de pouvoir observer tous les maxima possibles, l'écran plan est remplacé par un écran hémicylindrique dont l'axe est parallèle au réseau (voir schéma ci-dessous). Le rayon r du demi-cylindre vaut 0,500 m.  The diagram shows a horizontal dashed line representing the optical axis. On the left, a vertical dashed line is labeled 'R' for the diffraction grating. To its right, a point is labeled 'C' for the center of the semi-cylindrical screen. A horizontal double-headed arrow between R and C is labeled $x_{\max}$. A semi-circular arc representing the screen is centered at C, with a radius line labeled $r = 0,500 \text{ m}$. i. Calculer la distance maximale $x_{\max}$ entre l'axe C du demi-cylindre et le réseau R pour pouvoir observer tous les maxima possibles. ii. Le réseau R est remplacé par un réseau R' comportant 500 traits par mm. Expliquer pourquoi le nombre de maxima observés sur l'écran change. Calculer ce nombre de maxima. iii. Pour produire avec ce nouveau réseau R' le même nombre de maxima qu'en b)i., on change la longueur d'onde de la lumière émise. Calculer la longueur d'onde maximale dans l'eau pouvant être utilisée pour y parvenir.		
Donnée : Indice absolu de réfraction de l'eau $n=1,33$		

Question 5		
	Page 1/2	Barème
a) Selon l'hypothèse de Niels Bohr, l'énergie E_n de l'atome d'hydrogène est quantifiée par la formule : $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ où $n = 1, 2, 3, 4, \dots$ est le nombre quantique principal et $E_0 = 2,18 \cdot 10^{-18} \text{ J}$. i. En utilisant la formule $E_m - E_n = h \cdot f$ où h est la constante de Planck et f la fréquence du photon émis lors de la transition d'un électron du niveau m au niveau n, avec $m > n$, établir l'expression suivante pour f : $f = A \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$ ii. Calculer A. iii. Calculer la fréquence minimale du photon émis dans la série spectrale de Lyman ($n = 1$), dans celle de Balmer ($n = 2$) et dans celle de Paschen ($n = 3$). iv. Sachant que les photons du spectre visible présentent des fréquences situées entre $4,10 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ et $7,50 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$, indiquer parmi les trois fréquences trouvées dans la partie a) iii. celle qui se situe dans l'infra-rouge, celle qui se situe dans le visible et celle qui se situe dans l'ultraviolet. b) Selon l'hypothèse de Louis de Broglie, à un électron de masse m_e et de vitesse v est associée une longueur d'onde $\lambda = \frac{h}{m_e \cdot v}$. i. En utilisant la formule de Louis de Broglie, expliquer comment obtenir la condition de quantification suivante établie par Bohr pour un électron en orbite sur la trajectoire circulaire de rayon r_n : $2\pi \cdot m_e \cdot v_n \cdot r_n = n \cdot h$		
	3 points	3 points
	2 points	2 points
	4 points	4 points
	3 points	3 points
	4 points	4 points

Question 5										
	Page 2/2	Barème								
ii. Montrer que la vitesse v_n d'un électron circulant sur la trajectoire circulaire de rayon r_n est : $v_n = \frac{e}{2\sqrt{\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot m_e \cdot r_n}}$		5 points								
iii. Utiliser la condition de quantification de Bohr et l'expression de la vitesse trouvée dans la partie b) ii. afin de calculer la valeur du rayon r_1 de Bohr.		4 points								
<u>Données :</u> <table><tr><td>Permittivité électrique absolue du vide</td><td>$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$</td></tr><tr><td>Masse de l'électron</td><td>$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$</td></tr><tr><td>Charge électrique élémentaire</td><td>$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$</td></tr><tr><td>Constante de Planck</td><td>$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$</td></tr></table>			Permittivité électrique absolue du vide	$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$	Masse de l'électron	$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$	Charge électrique élémentaire	$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	Constante de Planck	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Permittivité électrique absolue du vide	$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$									
Masse de l'électron	$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$									
Charge électrique élémentaire	$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$									
Constante de Planck	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$									

BACCALAUREAT EUROPEEN 2013 : PHYSIQUE - Réserve

Question 6		
	Page 1/2	Barème
a) Lors de la catastrophe de Tchernobyl en 1986, du césium-134 et du césium-137, radioactifs, émettant du rayonnement β^-, ont été libérés dans l'atmosphère. Compléter l'équation de désintégration du césium-137 : $^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow \text{?}_{\text{?}}\text{Ba} + \beta^-$		2 points
b) Calculer l'énergie libérée dans la désintégration d'une masse de 1,00 g de noyaux de césium-137.		5 points
c) Le mycélium de nombreuses espèces de champignons (par exemple le bolet bai) a absorbé du césium-134 et du césium-137 provenant de la catastrophe de Tchernobyl. En 1986, dans un bolet bai, le nombre initial N_0 de noyaux de césium-134 absorbés est le même que le nombre de noyaux de césium-137 absorbés.		
i. Etablir l'expression de la constante radioactive λ d'un isotope radioactif en fonction de sa demi-vie $T_{1/2}$.		2 points
ii. On admet que l'activité A totale d'un bolet bai ramassé aujourd'hui est due exclusivement à l'activité du césium-134 et à celle du césium-137. Exprimer A en fonction des constantes radioactives λ_1 du césium-134, λ_2 du césium-137, de N_0 et Δt où $\Delta t = 2013 - 1986$.		4 points
iii. On mesure aujourd'hui l'activité A d'un bolet bai de masse 100 g et l'on trouve $A = 20 \text{ Bq}$. Calculer le nombre de noyaux N_0 de césium-134 (ou 137) dans 100 g de ce même type de champignon en 1986.		3 points
iv. En déduire l'activité de 100 g de bolet bai en 1986.		2 points
v. Le seuil admissible pour la consommation est de 600 Bq. Est-il raisonnable de consommer 1 kg de cette espèce de champignon en 2013 ? Etait-il raisonnable d'en consommer 1 kg en 1986 ?		2 points

Question 6

Page 2/2

Barème

- d) La radioactivité β^- est arrêtée par la matière. L'activité de 20 Bq d'un bolet bai de 100 g est supposée constante pendant la durée de l'expérience. On appelle taux de comptage le nombre de particules β^- reçues par seconde dans la fenêtre d'un compteur. On note I_0 le taux de comptage en l'absence d'écran entre le bolet bai et la fenêtre du compteur.
- En présence d'une feuille d'aluminium de 2 mm d'épaisseur placée entre le bolet bai et la fenêtre du compteur, le taux de comptage est divisé par deux.
- Le taux de comptage I est fonction de l'épaisseur d de la feuille d'aluminium ; on a :

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot d}$$

relation dans laquelle μ est le coefficient linéaire d'absorption de l'aluminium.

- i. Pourquoi le taux de comptage I_0 n'est-il pas égal à l'activité du bolet bai ?
- ii. Calculer l'épaisseur d'aluminium nécessaire pour réduire de 90% le taux de comptage.

1 point

4 points

Données :

Elément	Symbole	Z	A	Masse atomique en u	$T_{1/2}$
Xénon	Xe		132	131,90415	
Césium	Cs	55	134	133,90672	2,07 ans = $6,53 \cdot 10^7$ s
Césium	Cs	55	137	136,90709	30,2 ans = $9,52 \cdot 10^8$ s
Baryum	Ba		132	131,90506	
Baryum	Ba		137	136,90583	
Baryum	Ba		138	137,90525	

Masse de la particule β^-

$$m = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ u}$$

Constante d'Avogadro

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Célérité de la lumière dans le vide

$$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Unité de masse atomique

$$1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$$