



BRANCHE	SECTION(S)	ÉPREUVE ÉCRITE
Physique	B, C	Durée de l'épreuve : 3 heures Date de l'épreuve : 23 septembre 2019

I. Benny, le beagle (15)

Un dresseur de chien souhaite que son chien Benny ($M = 9 \text{ kg}$) saute pour attraper une balle de masse $m = 55 \text{ g}$ dans l'air. Dans la suite, on admet que le chien et la balle sont assimilables à des points matériels et que les forces de frottement sont négligeables.

A l'instant $t = 0$, le chien saute depuis un podium A (de hauteur $y_{0,C} = 2 \text{ m}$) qui est posé sur le sol horizontal. La vitesse initiale du chien a une intensité $v_{0,C} = 18 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ et l'angle entre $\vec{v}_{0,C}$ et le sol horizontal vaut $\alpha = 45^\circ$. L'origine O du repère cartésien utilisé se situe au sol et à la verticale de A .

1. Etablir sur la base d'une figure les équations horaires de la position du chien. En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire suivie par le chien (on demande les expressions littérales). (7)
2. Calculer les coordonnées du point où le chien atteint l'altitude maximale. (2)

A l'instant $t = 0$, la balle est lancée à partir d'une distance horizontale $d = 1,2 \text{ m}$ de A et d'une hauteur $h = 75 \text{ cm}$ au-dessus du sol avec une vitesse verticale $\vec{v}_{0,B}$.

3. Ecrire dans le repère cartésien les équations horaires (avec les valeurs numériques en unités SI) de la balle. (2)
4. Calculer $v_{0,B}$ afin que le chien attrape la balle. (4)

II. La sonde JUICE (10)

JUICE (Jupiter Icy Moons Explorer) est une sonde de l'agence spatiale européenne ESA destinée à étudier les trois satellites galiléens de Jupiter – Callisto, Europe et Ganymède. Prévue d'être lancée en 2022, la sonde devrait d'abord se trouver en orbite autour de Jupiter en janvier 2030, puis survoler à plusieurs reprises Callisto et Europe. JUICE se trouvera enfin sur des orbites circulaires de rayons différents autour de Ganymède.

Dans la suite, on considère que JUICE évolue sur une orbite circulaire à une altitude $z_1 = 5000 \text{ km}$ au-dessus de la surface de Ganymède. On néglige l'interaction de la sonde avec Jupiter et les autres satellites naturels.

Données :

Masse M de Ganymède	Diamètre de Ganymède
$1,48 \cdot 10^{23} \text{ kg}$	5262 km

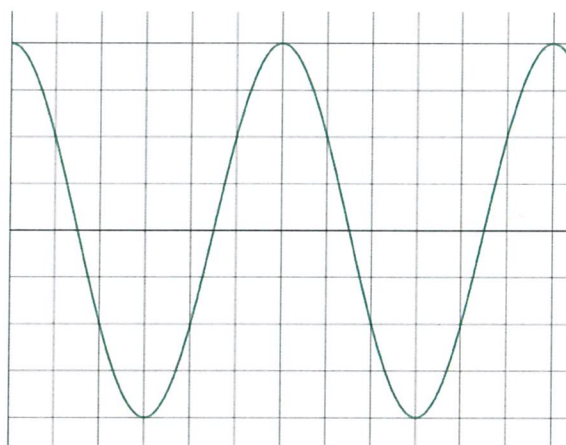
1. Etablir – à partir de la deuxième loi de Newton – l'expression de la norme de la vitesse v_1 de la sonde en fonction de M et z_1 . En déduire l'expression de la période de révolution de la sonde. Préciser le référentiel dans lequel l'étude est valable. (5)
2. Calculer la vitesse et la période (en heures) de la sonde. (3)

3. La sonde va également évoluer sur une orbite circulaire d'altitude $z_2 = 500 \text{ km}$ au-dessus de Ganymède.

Commenter l'affirmation suivante : « L'intensité du champ de gravitation à l'altitude z_1 est 100 fois plus faible qu'à l'altitude z_2 . » (2)

III. Oscillations électriques (10)

Un circuit est constitué d'une bobine d'inductance $L = 57 \text{ mH}$ (de résistance négligeable) et d'un condensateur de capacité C . Il est le siège d'oscillations électriques libres relevées à l'aide d'un oscilloscope. L'évolution temporelle de la tension instantanée aux bornes du condensateur u_C est donnée par :



On donne les échelles suivantes : $2V/\text{division}$; $1\text{ms}/\text{division}$

- Déterminer la tension maximale U_0 aux bornes du condensateur, la fréquence propre f_0 des oscillations électriques ainsi que la capacité C du condensateur. (3)
- Calculer l'énergie électromagnétique emmagasinée dans le circuit. (1)
- Calculer l'intensité maximale du courant électrique. (1)
- Que vaut l'intensité du courant électrique lorsque la tension aux bornes du condensateur vaut 4 V ? (2)

On branche maintenant en série avec la bobine et le condensateur précédents une résistance de faible valeur ainsi qu'un générateur de tension à fréquence variable et un ampèremètre.

- Représenter schématiquement l'amplitude du courant électrique en fonction de la fréquence du générateur. Préciser le nom du phénomène observé. (3)

IV. Ondes mécaniques (9)

Une corde élastique de masse linéique $\mu = 5 \frac{\text{g}}{\text{m}}$ est fixée horizontalement par une de ses extrémités – notée S – à la pointe d'un vibreur qui effectue un mouvement harmonique de fréquence $f = 20 \text{ Hz}$. La corde est tendue par une force d'intensité $F = 5,78 \text{ N}$. La pointe balaye un segment vertical de longueur 4 cm .

Chaque point de la corde est repéré dans un repère cartésien (S, \vec{i}, \vec{j}) par son abscisse x et son ordonnée y . On désigne par M_1 et M_2 les points de la corde d'abscisses $x_1 = 1,7 \text{ m}$ respectivement $x_2 = 2,9 \text{ m}$.

On suppose qu'à l'instant initial, S passe par la position d'équilibre et se dirige dans le sens des y négatifs.

1. Déterminer l'équation $y_s(t)$ gouvernant l'évolution temporelle de l'élongation de S. (2)
2. Calculer la longueur d'onde λ de l'onde qui se propage sans amortissement dans la corde. (1)
3. Ecrire – en unités SI – l'équation d'onde de l'onde qui se propage dans la corde. (1)
4. Vrai – faux (la réponse est à justifier) : (2)
 M_1 et M_2 sont en opposition de phase.

On reproduit maintenant avec la même corde ($\mu = 5 \frac{g}{m}$) raccourcie à la longueur utile $L' = 1,2 m$ l'expérience de Melde. Le vibreur effectue un mouvement d'amplitude $Y_s = 1 cm$ et la fréquence est ajustée à $f' = 100 Hz$. La célérité de l'onde incidente – qui se propage – vaut maintenant $c' = 48 \frac{m}{s}$.

5. Ecrire, après justification, une relation entre L' et le nombre de fuseaux n . En déduire une relation permettant de calculer n en fonction de f', L' et c' . (2)
6. Déterminer le nombre de ventres de vibration qu'on va observer. (1)

V. Scintigraphie osseuse (16)

La scintigraphie osseuse est un examen indiqué en cancérologie (détection de tumeurs osseuses) ou en rhumatologie. Elle consiste à injecter dans le sang d'un patient un produit radiopharmaceutique actif à base de technétium $^{99}Tc^*$ métastable (noté par la suite $^{99}Tc^*$). Le produit injecté va se fixer ensuite préférentiellement sur les zones du squelette où celui-ci se renouvelle plus rapidement. Un rayonnement γ émis par $^{99}Tc^*$ possède une énergie de $E = 141 keV$ et est détecté par une caméra. Finalement, on obtient une image reprenant la distribution du produit à l'intérieur de l'organisme.

Une infirmière injecte le produit dont l'activité initiale vaut $A_0 = 490 MBq$ à un patient de masse $m = 68 kg$. On donne la constante radioactive de $^{99}Tc^*$: $\lambda = 3,209 \cdot 10^{-5} s^{-1}$.

1. Calculer le nombre de noyaux injectés N_0 dans le corps du patient. (1)
2. Etablir la loi de décroissance radioactive de $^{99}Tc^*$ faisant intervenir le nombre de noyaux injectés N_0 et la constante radioactive λ . En déduire une relation entre la demi-vie et la constante radioactive. (7)
3. Calculer la longueur d'onde du rayonnement γ émis par $^{99}Tc^*$. (1)
4. Quelle est la durée de l'examen (en heures), sachant qu'à la fin de celui-ci, l'activité a diminué de 30% ? (3)

L'isotope $^{99}Tc^*$ est obtenu par deux réactions successives : le molybdène 98 capte d'abord un neutron. Le produit de cette réaction fournit finalement $^{99}Tc^*$ par décroissance radioactive.

5. Ecrire les deux réactions nucléaires permettant l'obtention de $^{99}Tc^*$. (2)
6. Calculer en MeV et en J l'énergie libérée lors de la désintégration radioactive de ^{99}Mo . (2)

On donne :

Noyau	^{98}Mo	^{99}Mo	$^{99}Tc^*$
Masse en u	97,8824	98,8847	98,8827

Relevé des principales constantes physiques

Grandeur physique	Symbole usuel	Valeur numérique	Unité
Constante d'Avogadro	N_A (ou L)	$6,022 \cdot 10^{23}$	mol^{-1}
Constante molaire des gaz parfaits	R	8,314	$\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$
Constante de gravitation	K (ou G)	$6,673 \cdot 10^{-11}$	$\text{N m}^2 \text{kg}^{-2}$
Constante électrique pour le vide	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$	$8,988 \cdot 10^9$	$\text{N m}^2 \text{C}^{-2}$
Célérité de la lumière dans le vide	c	$2,998 \cdot 10^8$	m s^{-1}
Perméabilité du vide	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$	H m^{-1}
Permittivité du vide	$\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 c^2}$	$8,854 \cdot 10^{-12}$	F m^{-1}
Charge élémentaire	e	$1,602 \cdot 10^{-19}$	C
Masse au repos de l'électron	m_e	$9,1094 \cdot 10^{-31}$ $5,4858 \cdot 10^{-4}$ 0,5110	kg u MeV/c^2
Masse au repos du proton	m_p	$1,6726 \cdot 10^{-27}$ 1,0073 938,27	kg u MeV/c^2
Masse au repos du neutron	m_n	$1,6749 \cdot 10^{-27}$ 1,0087 939,57	kg u MeV/c^2
Masse au repos d'une particule α	m_α	$6,6447 \cdot 10^{-27}$ 4,0015 3727,4	kg u MeV/c^2
Constante de Planck	h	$6,626 \cdot 10^{-34}$	J s
Constante de Rydberg de l'atome d'hydrogène	R_H	$1,097 \cdot 10^7$	m^{-1}
Rayon de Bohr	r_1 (ou a_0)	$5,292 \cdot 10^{-11}$	m
Energie de l'atome d'hydrogène dans l'état fondamental	E_1	-13,59	eV

Grandeurs liées à la Terre et au Soleil (elles peuvent dépendre du lieu ou du temps)		Valeur utilisée sauf indication contraire	
Composante horizontale du champ magnétique terrestre	B_h	$2 \cdot 10^{-5}$	T
Accélération de la pesanteur à la surface terrestre	g	9,81	m s^{-2}
Rayon moyen de la Terre	R	6370	km
Jour sidéral	T	86164	s
Masse de la Terre	M_T	$5,98 \cdot 10^{24}$	kg
Masse du Soleil	M_S	$1,99 \cdot 10^{30}$	kg

Conversion d'unités en usage avec le SI

1 angström	$= 1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$
1 électronvolt	$= 1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
1 unité de masse atomique	$= 1 \text{ u} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,49 \text{ MeV}/c^2$

Formules trigonométriques

$\sin^2 x + \cos^2 x = 1$ $\cos^2 x = \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 x} \qquad \sin^2 x = \frac{\operatorname{tg}^2 x}{1 + \operatorname{tg}^2 x} \qquad 1 + \operatorname{tg}^2 x = \frac{1}{\cos^2 x}$		
$\begin{aligned} \sin(\pi - x) &= \sin x \\ \cos(\pi - x) &= -\cos x \\ \operatorname{tg}(\pi - x) &= -\operatorname{tg} x \end{aligned}$	$\begin{aligned} \sin(\pi + x) &= -\sin x \\ \cos(\pi + x) &= -\cos x \\ \operatorname{tg}(\pi + x) &= \operatorname{tg} x \end{aligned}$	$\begin{aligned} \sin(-x) &= -\sin x \\ \cos(-x) &= \cos x \\ \operatorname{tg}(-x) &= -\operatorname{tg} x \end{aligned}$
$\begin{aligned} \sin\left(\frac{\pi}{2} - x\right) &= \cos x \\ \cos\left(\frac{\pi}{2} - x\right) &= \sin x \\ \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - x\right) &= \operatorname{cotg} x \end{aligned}$	$\begin{aligned} \sin\left(\frac{\pi}{2} + x\right) &= \cos x \\ \cos\left(\frac{\pi}{2} + x\right) &= -\sin x \\ \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} + x\right) &= -\operatorname{cotg} x \end{aligned}$	
$\begin{aligned} \sin(x + y) &= \sin x \cos y + \cos x \sin y \\ \sin(x - y) &= \sin x \cos y - \cos x \sin y \\ \cos(x + y) &= \cos x \cos y - \sin x \sin y \\ \cos(x - y) &= \cos x \cos y + \sin x \sin y \end{aligned}$		$\begin{aligned} \operatorname{tg}(x + y) &= \frac{\operatorname{tg} x + \operatorname{tg} y}{1 - \operatorname{tg} x \operatorname{tg} y} \\ \operatorname{tg}(x - y) &= \frac{\operatorname{tg} x - \operatorname{tg} y}{1 + \operatorname{tg} x \operatorname{tg} y} \end{aligned}$
$\begin{aligned} \sin 2x &= 2 \sin x \cos x & 2 \cos^2 x &= 1 + \cos 2x \\ \cos 2x &= \cos^2 x - \sin^2 x & 2 \sin^2 x &= 1 - \cos 2x \end{aligned}$ $\sin 2x = \frac{2 \operatorname{tg} x}{1 + \operatorname{tg}^2 x} \qquad \cos 2x = \frac{1 - \operatorname{tg}^2 x}{1 + \operatorname{tg}^2 x} \qquad \operatorname{tg} 2x = \frac{2 \operatorname{tg} x}{1 - \operatorname{tg}^2 x}$		
$\sin 3x = 3 \sin x - 4 \sin^3 x$		$\cos 3x = -3 \cos x + 4 \cos^3 x$
$\begin{aligned} \sin p + \sin q &= 2 \sin \frac{p+q}{2} \cos \frac{p-q}{2} \\ \sin p - \sin q &= 2 \sin \frac{p-q}{2} \cos \frac{p+q}{2} \\ \cos p + \cos q &= 2 \cos \frac{p+q}{2} \cos \frac{p-q}{2} \\ \cos p - \cos q &= -2 \sin \frac{p+q}{2} \sin \frac{p-q}{2} \end{aligned}$		
$\begin{aligned} \sin p \cos q &= \frac{1}{2} [\sin(p+q) + \sin(p-q)] \\ \cos p \cos q &= \frac{1}{2} [\cos(p+q) + \cos(p-q)] \\ \sin p \sin q &= \frac{1}{2} [\cos(p-q) - \cos(p+q)] \end{aligned}$		$\begin{aligned} \operatorname{tg} p + \operatorname{tg} q &= \frac{\sin(p+q)}{\cos p \cos q} \\ \operatorname{tg} p - \operatorname{tg} q &= \frac{\sin(p-q)}{\cos p \cos q} \end{aligned}$

TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

18 **VIIIA**

2 4.0026 **He** Hélium

10 20.180 **Ne** Néon

18 39.948 **Ar** Argon

36 83.80 **Kr** Krypton

54 131.29 **Xe** Xénon

86 (222) **Rn** Radon

13 **IIIA** 14 **IVA** 15 **VA** 16 **VIA** 17 **VIIA**

5 10.811 6 12.011 7 14.007 8 15.999 9 18.998 **B** Carbone **C** Azote **N** Oxygène **O** Fluor **F** Néon

13 26.982 **Al** Aluminium **Si** Silicium **P** Phosphore **S** Soufre **Cl** Chlore

31 69.723 **Ga** Gallium **Ge** Germanium **As** Arsenic **Se** Sélénium **Br** Brome

49 114.82 **In** Indium **Sn** Étain **Sb** Antimoine **Te** Tellure **I** Iode

81 204.38 **Tl** Thallium **Pb** Plomb **Bi** Bismuth **Po** Polonium **At** Astate

114 (289) **Uuq** Ununquadium

11 **IB** 12 **IIB**

29 63.546 **Cu** Cuivre **Zn** Zinc

47 107.87 **Ag** Argent **Cd** Cadmium **Hg** Mercure

79 196.97 **Au** Or **Pt** Platine **Au** Mercure

111 (272) **Uuu** Ununium

112 (285) **Uub** Ununium

110 (281) **Uum** Ununium

109 (268) **Mt** Meitnerium **Uun** Ununium

108 (277) **Hs** Hassium **Uuh** Ununium

107 (264) **Bh** Bohrium **Uuq** Ununquadium

106 (266) **Sg** Seaborgium **Uuo** Ununium

105 (262) **Db** Dubnium **Uuq** Ununquadium

104 (261) **Rf** Rutherfordium **Uuq** Ununquadium

103 (260) **La-Lu** Lanthanides

89-103 **Ac-Lr** Actinides

88 (226) **Ra** Radium

87 (223) **Fr** Francium

13 **IIIA** 14 **IVA** 15 **VA** 16 **VIA** 17 **VIIA** 18 **VIIIA**

5 10.811 **B** Carbone **C** Azote **N** Oxygène **O** Fluor **F** Néon

13 26.982 **Al** Aluminium **Si** Silicium **P** Phosphore **S** Soufre **Cl** Chlore

31 69.723 **Ga** Gallium **Ge** Germanium **As** Arsenic **Se** Sélénium **Br** Brome

49 114.82 **In** Indium **Sn** Étain **Sb** Antimoine **Te** Tellure **I** Iode

81 204.38 **Tl** Thallium **Pb** Plomb **Bi** Bismuth **Po** Polonium **At** Astate

114 (289) **Uuq** Ununquadium

111 (272) **Uuu** Ununium

110 (281) **Uum** Ununium

109 (268) **Mt** Meitnerium **Uun** Ununium

108 (277) **Hs** Hassium **Uuh** Ununium

107 (264) **Bh** Bohrium **Uuq** Ununquadium

106 (266) **Sg** Seaborgium **Uuo** Ununium

105 (262) **Db** Dubnium **Uuq** Ununquadium

104 (261) **Rf** Rutherfordium **Uuq** Ununquadium

103 (260) **La-Lu** Lanthanides

89-103 **Ac-Lr** Actinides

88 (226) **Ra** Radium

87 (223) **Fr** Francium

57 138.91 **La** Lanthane **Ce** Cérium **Pr** Praséodyme **Nd** Néodyme **Pm** Prométhium **Sm** Samarium **Eu** Europium **Gd** Gadolinium **Tb** Terbio **Dy** Dysprosium **Ho** Holmium **Er** Erbium **Tm** Thulium **Yb** Ytterbium **Lu** Lutétium

89 (227) **Ac** Actinium **Th** Thorium **Pa** Protactinium **U** Uranium **Np** Néptunium **Pu** Plutonium **Am** Américium **Cm** Curium **Bk** Berkelium **Cf** Californium **Es** Einsteïnium **Fm** Fermium **Mn** Mendelèïum **No** Nobelium **Lr** Lawrencium

<http://www.kf-spliti.hr/periodni/fr/>

NUMÉRO DU GROUPE RECOMMANDATIONS DE L'ITUPAC (1985)

NUMÉRO DU GROUPE CHEMICAL-ABSTRACT SERVICE (1986)



(1) Pure Appl. Chem., 73, No. 4, 667-683 (2001)

La masse atomique relative est donnée avec cinq chiffres significatifs. Pour les éléments qui n'ont pas de nucléides stables, la valeur entre parenthèses indique le nombre de masse de l'isotope de l'élément ayant la durée de vie la plus grande.

Toutefois, pour les trois éléments Th, Pa et U qui ont une composition isotopique terrestre connue, une masse atomique est indiquée.