LE GOUVERNEMENT DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enfance et de la Jeunesse		**EXAMEN DE FIN D'ÉTUDES SECONDAIRES CLASSIQUES 2021**
BRANCHE	**SECTION(S)**	**ÉPREUVE ÉCRITE**
Physique	**B, C**	*Durée de l'épreuve :* *Date de l'épreuve :*

I. Coup franc (= Freistoß) au football (6 + 1 + 4 + 5 + 1 = 17)

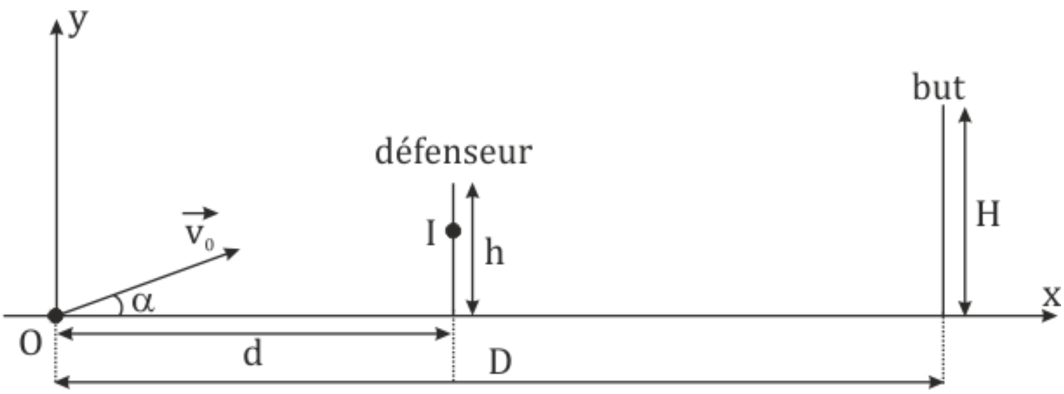
Lors d'un coup franc, un ballon de football (considéré comme point matériel) quitte le point O avec une vitesse $\vec{v}_0$ formant un angle α avec l'horizontale. On néglige les frottements.

1. Établir les équations horaires du ballon dans le système d'axes Oxy indiqué. (6)
2. En déduire l'équation cartésienne du ballon. (1)

La hauteur du but vaut $H = 2{,}44$ m, le ballon se situe initialement à une distance $D = 21$ m du but.

3. Lors de l'entraînement, le ballon est passé par le point P, situé 24 cm en-dessous de la limite supérieure du but, pour $\alpha = 22°$. Calculer la vitesse initiale v_0 du ballon en $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. (4)

Pendant le match, une occasion analogue se présente ($D = 21$ m), mais cette fois-ci un défenseur se trouve à une distance horizontale $d = 9{,}15$ m du point O. Intimidé par la taille $h = 1{,}98$ m de ce défenseur, le tireur rate son coup. Le ballon part avec $v_0 = 16\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ et $\alpha = 18°$ et touche le défenseur (qui reste immobile) en un point I.



4. Calculer l'ordonnée du point I et la vitesse du ballon lorsqu'il touche le défenseur. (5)
5. Est-ce que le ballon est en train de monter ou de descendre juste avant l'impact ? Justifier. (1)

II. Fentes de Young (2 + 5 + 2 + 1 + 4 + 3 =17)

Deux fentes O_1 et O_2 séparées d'une distance $a = 0{,}4$ mm sont éclairées par un laser monochromatique. Un écran est placé parallèlement au plan des fentes à une distance $D = 8$ m.

1. Est-ce que les observations faites lors de cette expérience confirment la nature ondulatoire ou la nature corpusculaire de la lumière ? Justifier. (2)
2. Pour un point M d'abscisse x de l'écran, établir (en fonction de a et de D) l'expression de la différence de marche de deux ondes lumineuses issues respectivement de O_1 et O_2. (5)
3. En déduire l'expression mathématique de la position des franges claires. (2)
4. En déduire l'expression mathématique de l'interfrange. (1)
5. On mesure que 16 franges claires sont séparées de 13,26 cm. En déduire la longueur d'onde (en nm) ainsi que la fréquence du laser. (4)
6. Si on répète cette expérience en utilisant un faisceau d'électrons plutôt qu'un laser, on peut réaliser des observations similaires. Les électrons initialement au repos sont accélérés par une tension U. Déterminer, en fonction de U, e et de la masse m d'un électron, l'expression littérale de la longueur d'onde associée aux électrons. (3)

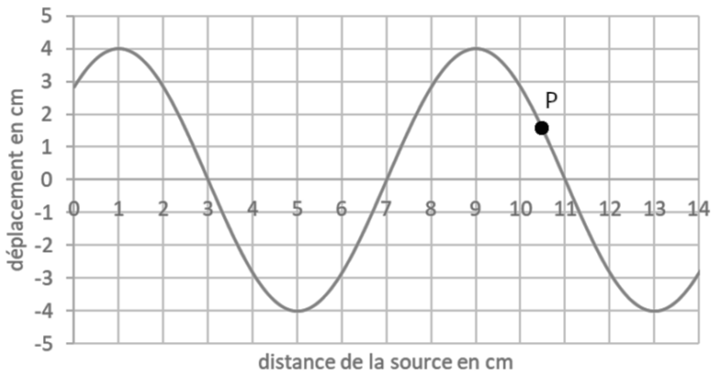
III. Petites questions (2 + 2 + (1 + 2 + 1) + (2 + 1) + 2 + 2 = 15)

1. Vrai ou faux ? Justifier. L'énergie cinétique d'un satellite de masse m_s en orbite circulaire de rayon r autour de la Terre s'écrit $E_{cin,sat} = \frac{1}{2} \cdot \frac{K \cdot M_{Terre} \cdot m_s}{r}$ (2)

2. Dans un spectrographe de masse (tension accélératrice U et champ magnétique déviateur $\vec{B}$), une particule (initialement au repos) de masse m et de charge q effectue un MCU de rayon $R = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU}{|q|}}$.
   Est-ce qu'on peut séparer un mélange de particules α et de protons grâce à cet appareil ? Justifier. (2)

3. Un pendule élastique est caractérisé par l'équation horaire (en unités SI) suivante :
   $$x(t) = 0{,}05 \cdot \cos(5\pi t + \pi)$$
   a. Que vaut sa fréquence ? (1)
   b. Que valent son élongation et sa vitesse v_x à l'instant $t = 0{,}75$ s? (2)
   c. Est-ce que ce pendule est amorti ? Justifier. (1)

4. La figure ci-contre montre, à un instant donné, une onde transversale qui se propage de la gauche vers la droite. La fréquence de la source vaut 50 Hz.
   a. Que vaut la célérité de l'onde ? (2)
   b. Vers où est-ce que le point P est en train de se déplacer à l'instant représenté ? (1)



5. Est-il possible d'observer l'effet photoélectrique avec de la lumière visible ? (2)
   - Dans l'affirmative, expliquer sous quelle condition.
   - Sinon, expliquer pourquoi c'est impossible.

6. On considère deux lasers émettant de la lumière monochromatique de même fréquence, mais qui ont des puissances différentes. Comment le modèle corpusculaire de la lumière explique-t-il cette différence de puissance ? (2)

IV. Physique nucléaire ((1 + 2) + 2 + 2 + 4 = 11)

1. Définir la demi-vie $T_{1/2}$ d'un nucléide radioactif. En déduire une relation entre $T_{1/2}$ et la constante de désintégration λ . (1+2)
2. L'affirmation suivante porte sur un échantillon formé d'un seul radionucléide. Est-elle correcte ? Justifier. (2)
   Le nombre de désintégrations ayant lieu pendant la 2e demi-vie (donc entre $t = T_{1/2}$ et $t = 2 \cdot T_{1/2}$), est inférieur à celui pendant la 1ère demi-vie (donc entre $t = 0$ et $t = T_{1/2}$).
3. Le ^{241}Pu est un émetteur β^-. Écrire son équation de désintégration et indiquer le nom de toutes les particules émises. (2)
4. La masse d'un atome ^{241}Pu vaut 241,057 u.
   5 milligrammes de ^{241}Pu pur ont une activité de 19,21 GBq. Calculer le nombre d'atomes de ^{241}Pu dans cet échantillon ainsi que la demi-vie du ^{241}Pu (en années). (4)

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	$J\ K^{-1}\ mol^{-1}$
Constante de gravitation	K (ou G)	$6{,}673 \cdot 10^{-11}$	$N\ m^2\ kg^{-2}$
Constante électrique pour le vide	$k = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}$	$8{,}988 \cdot 10^{9}$	$N\ m^2\ C^{-2}$
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	$\varepsilon_0 = \dfrac{1}{\mu_0 c^2}$	$8{,}854 \cdot 10^{-12}$	$F\ m^{-1}$
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 $\mathring{A}$ = 10^{-10} m
1 électronvolt = 1 eV = $1{,}602 \cdot 10^{-19}$ J
1 unité de masse atomique = 1 u = $1{,}6605 \cdot 10^{-27}$ kg = 931,49 MeV/c^2

Formules trigonométriques

$$\sin^2 x + \cos^2 x = 1$$

$$\cos^2 x = \frac{1}{1 + \mathrm{tg}^2 x} \qquad \sin^2 x = \frac{\mathrm{tg}^2 x}{1 + \mathrm{tg}^2 x} \qquad 1 + \mathrm{tg}^2 x = \frac{1}{\cos^2 x}$$

$$\sin(\pi - x) = \sin x \qquad \cos(\pi - x) = -\cos x \qquad \mathrm{tg}(\pi - x) = -\mathrm{tg}\, x$$

$$\sin(\pi + x) = -\sin x \qquad \cos(\pi + x) = -\cos x \qquad \mathrm{tg}(\pi + x) = \mathrm{tg}\, x$$

$$\sin(-x) = -\sin x \qquad \cos(-x) = \cos x \qquad \mathrm{tg}(-x) = -\mathrm{tg}\, x$$

$$\sin\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \cos x \qquad \cos\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \sin x \qquad \mathrm{tg}\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \mathrm{cotg}\, x$$

$$\sin\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = \cos x \qquad \cos\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = -\sin x \qquad \mathrm{tg}\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = -\mathrm{cotg}\, x$$

$$\sin(x + y) = \sin x \cos y + \cos x \sin y$$
$$\sin(x - y) = \sin x \cos y - \cos x \sin y$$

$$\cos(x + y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y$$
$$\cos(x - y) = \cos x \cos y + \sin x \sin y$$

$$\mathrm{tg}(x + y) = \frac{\mathrm{tg}\, x + \mathrm{tg}\, y}{1 - \mathrm{tg}\, x\, \mathrm{tg}\, y} \qquad \mathrm{tg}(x - y) = \frac{\mathrm{tg}\, x - \mathrm{tg}\, y}{1 + \mathrm{tg}\, x\, \mathrm{tg}\, y}$$

$$\sin 2x = 2 \sin x \cos x \qquad \cos 2x = \cos^2 x - \sin^2 x$$

$$2\cos^2 x = 1 + \cos 2x \qquad 2\sin^2 x = 1 - \cos 2x$$

$$\sin 2x = \frac{2\,\mathrm{tg}\, x}{1 + \mathrm{tg}^2 x} \qquad \cos 2x = \frac{1 - \mathrm{tg}^2 x}{1 + \mathrm{tg}^2 x} \qquad \mathrm{tg}\, 2x = \frac{2\,\mathrm{tg}\, x}{1 - \mathrm{tg}^2 x}$$

$$\sin 3x = 3 \sin x - 4 \sin^3 x \qquad \cos 3x = -3 \cos x + 4 \cos^3 x$$

$$\sin p + \sin q = 2 \sin \frac{p+q}{2} \cos \frac{p-q}{2}$$
$$\sin p - \sin q = 2 \sin \frac{p-q}{2} \cos \frac{p+q}{2}$$
$$\cos p + \cos q = 2 \cos \frac{p+q}{2} \cos \frac{p-q}{2}$$
$$\cos p - \cos q = -2 \sin \frac{p+q}{2} \sin \frac{p-q}{2}$$

$$\mathrm{tg}\, p + \mathrm{tg}\, q = \frac{\sin(p+q)}{\cos p \cos q} \qquad \mathrm{tg}\, p - \mathrm{tg}\, q = \frac{\sin(p-q)}{\cos p \cos q}$$

$$\sin x \cos y = \tfrac{1}{2}\left[\sin(x+y) + \sin(x-y)\right]$$
$$\cos x \cos y = \tfrac{1}{2}\left[\cos(x+y) + \cos(x-y)\right]$$
$$\sin x \sin y = \tfrac{1}{2}\left[\cos(x-y) - \cos(x+y)\right]$$

Tableau périodique des éléments chimiques

← nom de l'élément (**gaz**, **liquide** ou **solide** à 0°C et 101,3 kPa)
← numéro atomique
← symbole chimique
← masse atomique relative [ou celle de l'isotope le plus stable]
[CIAAW "Atomic Weights 2013" + rev. 2015]

Groupe → Période ↓	I A 1	II A 2	III A 3	IV A 4	V A 5	VI A 6	VII A 7	VIII 8	VIII 9	VIII 10	I B 11	II B 12	III B 13	IV B 14	V B 15	VI B 16	VII B 17	O 18
1	Hydrogène 1 **H** 1,007975																	Hélium 2 **He** 4,002602
2	Lithium 3 **Li** 6,9395	Béryllium 4 **Be** 9,0121831											Bore 5 **B** 10,8135	Carbone 6 **C** 12,0106	Azote 7 **N** 14,006855	Oxygène 8 **O** 15,99940	Fluor 9 **F** 18,99840316	Néon 10 **Ne** 20,1797 (6)
3	Sodium 11 **Na** 22,98976928	Magnésium 12 **Mg** 24,3055											Aluminium 13 **Al** 26,9815385	Silicium 14 **Si** 28,085 (1)	Phosphore 15 **P** 30,97376200	Soufre 16 **S** 32,0675	Chlore 17 **Cl** 35,4515	Argon 18 **Ar** 39,948 (1)
4	Potassium 19 **K** 39,0983 (1)	Calcium 20 **Ca** 40,078 (4)	Scandium 21 **Sc** 44,955908 (5)	Titane 22 **Ti** 47,867 (1)	Vanadium 23 **V** 50,9415 (1)	Chrome 24 **Cr** 51,9961 (6)	Manganèse 25 **Mn** 54,938044	Fer 26 **Fe** 55,845 (2)	Cobalt 27 **Co** 58,933194	Nickel 28 **Ni** 58,6934 (4)	Cuivre 29 **Cu** 63,546 (3)	Zinc 30 **Zn** 65,38 (2)	Gallium 31 **Ga** 69,723 (1)	Germanium 32 **Ge** 72,630 (8)	Arsenic 33 **As** 74,921595	Sélénium 34 **Se** 78,971 (8)	Brome 35 **Br** 79,904	Krypton 36 **Kr** 83,798 (2)
5	Rubidium 37 **Rb** 85,4678 (3)	Strontium 38 **Sr** 87,62 (1)	Yttrium 39 **Y** 88,90584	Zirconium 40 **Zr** 91,224 (2)	Niobium 41 **Nb** 92,90637	Molybdène 42 **Mo** 95,95 (1)	Technétium 43 **Tc** [98]	Ruthénium 44 **Ru** 101,07 (2)	Rhodium 45 **Rh** 102,90550	Palladium 46 **Pd** 106,42 (1)	Argent 47 **Ag** 107,8682 (2)	Cadmium 48 **Cd** 112,414 (4)	Indium 49 **In** 114,818 (1)	Étain 50 **Sn** 118,710 (7)	Antimoine 51 **Sb** 121,760 (1)	Tellure 52 **Te** 127,60 (3)	Iode 53 **I** 126,90447	Xénon 54 **Xe** 131,293 (6)
6	Césium 55 **Cs** 132,905452	Baryum 56 **Ba** 137,327 (7)	Lanthanides 57–71	Hafnium 72 **Hf** 178,49 (2)	Tantale 73 **Ta** 180,94788	Tungstène 74 **W** 183,84 (1)	Rhénium 75 **Re** 186,207 (1)	Osmium 76 **Os** 190,23 (3)	Iridium 77 **Ir** 192,217 (3)	Platine 78 **Pt** 195,084 (9)	Or 79 **Au** 196,966569	Mercure 80 **Hg** 200,592 (3)	Thallium 81 **Tl** 204,3835	Plomb 82 **Pb** 207,2 (1)	Bismuth 83 **Bi** 208,98040	Polonium 84 **Po** [209]	Astate 85 **At** [210]	Radon 86 **Rn** [222]
7	Francium 87 **Fr** [223]	Radium 88 **Ra** [226]	Actinides 89–103	Rutherfordium 104 **Rf** [267]	Dubnium 105 **Db** [268]	Seaborgium 106 **Sg** [269]	Bohrium 107 **Bh** [270]	Hassium 108 **Hs** [277]	Meitnérium 109 **Mt** [278]	Darmstadtium 110 **Ds** [281]	Roentgenium 111 **Rg** [282]	Copernicium 112 **Cn** [285]	Nihonium 113 **Nh** [286]	Flérovium 114 **Fl** [289]	Moscovium 115 **Mc** [289]	Livermorium 116 **Lv** [293]	Tennesse 117 **Ts** [294]	Oganesson 118 **Og** [294]

Lanthane 57 **La** 138,90547	Cérium 58 **Ce** 140,116 (1)	Praséodyme 59 **Pr** 140,90766	Néodyme 60 **Nd** 144,242 (3)	Prométhium 61 **Pm** [145]	Samarium 62 **Sm** 150,36 (2)	Europium 63 **Eu** 151,964 (1)	Gadolinium 64 **Gd** 157,25 (3)	Terbium 65 **Tb** 158,92535	Dysprosium 66 **Dy** 162,500 (1)	Holmium 67 **Ho** 164,93033	Erbium 68 **Er** 167,259 (3)	Thulium 69 **Tm** 168,93422	Ytterbium 70 **Yb** 173,045	Lutécium 71 **Lu** 174,9668
Actinium 89 **Ac** [227]	Thorium 90 **Th** 232,0377	Protactinium 91 **Pa** 231,03588	Uranium 92 **U** 238,02891	Neptunium 93 **Np** [237]	Plutonium 94 **Pu** [244]	Américium 95 **Am** [243]	Curium 96 **Cm** [247]	Berkélium 97 **Bk** [247]	Californium 98 **Cf** [251]	Einsteinium 99 **Es** [252]	Fermium 100 **Fm** [257]	Mendélévium 101 **Md** [258]	Nobélium 102 **No** [259]	Lawrencium 103 **Lr** [266]

Métaux: Alcalins, Alcalino-terreux, Lanthanides, Actinides, Métaux de transition, Métaux pauvres
Métalloïdes
Non métaux: Autres non-métaux, Halogènes, Gaz nobles
Non classés

primordial | désintégration d'autres éléments | synthétique

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tableau_périodique_des_éléments.svg