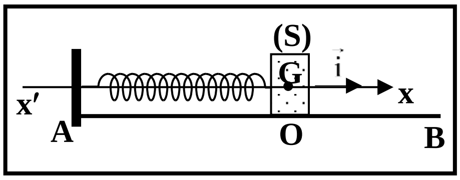
وزارة التربية والتعليم العالي المديريّة العامّة للتربية دائرة الامتحانات الرسميّة	امتحانات الشهادة الثانوية العامة فرع علوم الحياة	دورة العام 2020 الخاصّة الخميس 24 أيلول 2020
	مسابقة في مادة الفيزياء المدة: ساعتان	الاسم: الرقم:

Cette épreuve est formée de trois exercices obligatoires répartis sur trois pages.
L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.

Exercice1 (7 points) Oscillateur mécanique

On considère un oscillateur mécanique constitué d'un solide (S) de masse m et d'un ressort à spires non jointives, de masse négligeable et de constante de raideur k.
Le but de cet exercice est de déterminer m et k.
Le ressort disposé horizontalement, est fixé par l'une de ses extrémités à un support fixe et (S) est accroché à l'autre extrémité. (S) peut se déplacer sans frottement sur un rail horizontal AB et son centre d'inertie G peut alors se déplacer sur un axe horizontal x'x.
À l'équilibre, G coïncide avec l'origine O de l'axe x'x (Doc. 1).



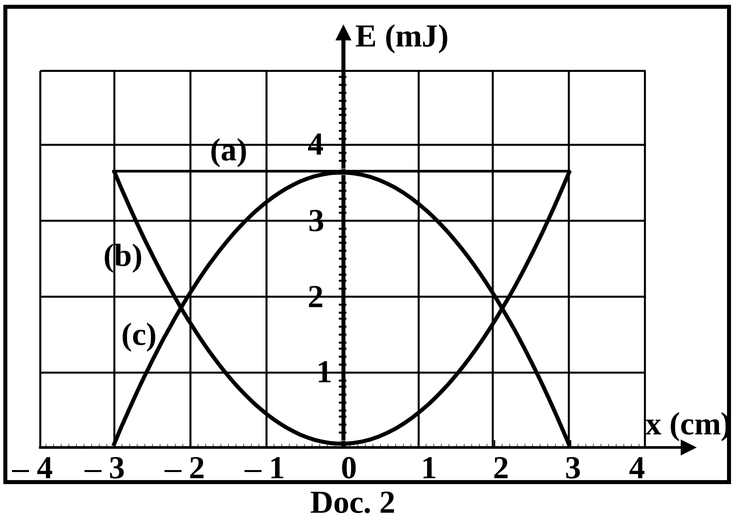
Doc.1

À une date $t_0 = 0$, G a une abscisse x_0 et une vitesse $\vec{v}_0 = v_0\,\vec{i}$. (S) effectue alors des oscillations mécaniques d'amplitude X_m.

À un instant t, l'abscisse de G est $x = \overline{OG}$ et la mesure algébrique de sa vitesse est $v = \dfrac{dx}{dt}$.

Le plan horizontal contenant G est considéré comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

1) Préciser le type des oscillations de G.
2) Écrire, à l'instant t, l'expression de l'énergie mécanique E_m du système [(S), ressort, Terre] en fonction de x, m, k et v.
3) Établir l'équation différentielle en x qui régit le mouvement de G.
4) Déduire, en fonction de m et k, l'expression de la période propre T_0 des oscillations.
5) Une solution de l'équation différentielle obtenue est $x = 3 \sin(2{,}5\,\pi\, t)$ (x en cm et t en seconde).
  5-1) Écrire, en fonction de t, l'expression de v.
  5-2) Indiquer la valeur de X_m.
  5-3) Calculer les valeurs de x_0 et v_0.
  5-4) Déduire la position de G et le sens de son déplacement à $t_0 = 0$.
6) Les courbes (a), (b) et (c) du document 2 représentent l'énergie cinétique Ec de (S), l'énergie potentielle élastique Epe du ressort et l'énergie mécanique E_m du système [(S), ressort, Terre].
  6-1) Faire correspondre à chaque courbe l'énergie convenable. Justifier.
  6-2) En utilisant le document 2, déterminer les valeurs de m et k.



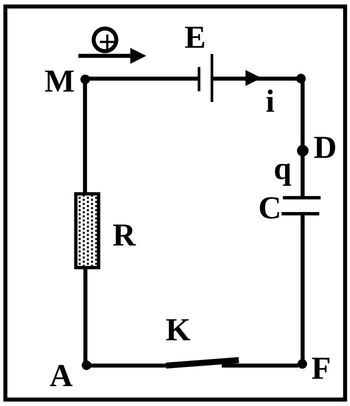
Doc. 2

Exercice 2 (6 points) Charge d'un condensateur

Le but de cet exercice est de déterminer la capacité C d'un condensateur. Dans ce but, on réalise le circuit série schématisé dans le document 3, qui comprend :

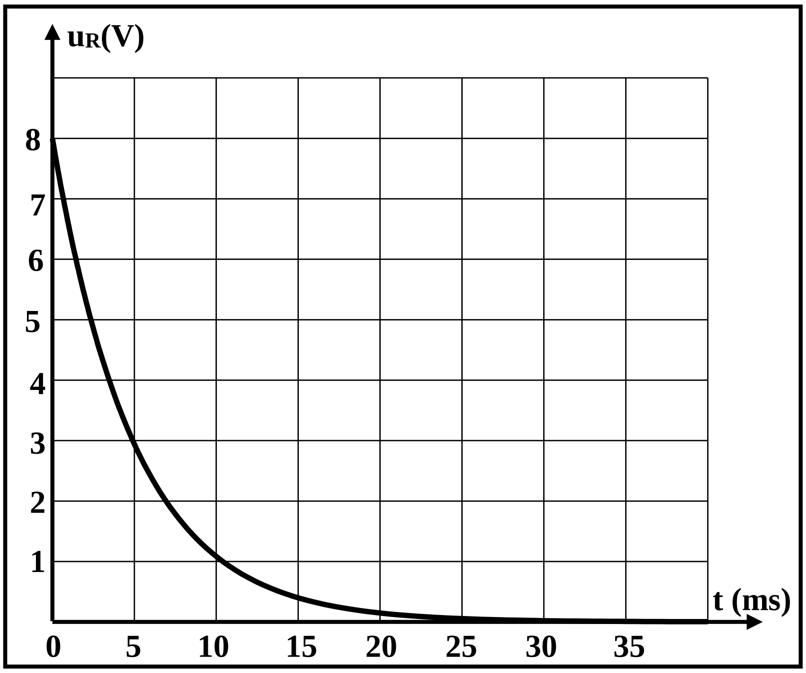
- un générateur (G) idéal de f.é.m. E;
- un conducteur ohmique de résistance R = 1 kΩ;
- un condensateur, initialement non chargé, de capacité C;
- un interrupteur K.

À l'instant $t_0 = 0$, on ferme K et la charge du condensateur commence.
À un instant t, l'armature D du condensateur porte la charge q et le circuit est parcouru par un courant d'intensité i.
Un oscilloscope, convenablement branché, permet de visualiser la tension $u_{AM} = u_R$ aux bornes du conducteur ohmique.



Doc. 3

1) Reproduire le circuit du document 3 en y indiquant les branchements de l'oscilloscope.
2) Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_{DF} = u_C$.
3) Montrer que $u_C = E\left(1 - e^{\frac{-t}{RC}}\right)$ est une solution de l'équation différentielle déjà établie.
4) Déduire l'expression de u_R en fonction de E, R, C et t.
5) Le document 4 montre l'évolution de u_R avec le temps.
  5-1) Montrer que l'allure de la courbe est en accord avec l'expression de u_R.
  5-2) Préciser la valeur de E.
6) La constante de temps τ du circuit (R - C) série ainsi constitué est donnée par τ = RC.
Choisir, parmi les quatre phrases ci-dessous, les deux qui décrivent correctement τ durant la phase de charge du condensateur. Justifier la réponse.



Doc. 4

Phrase 1 : τ est le temps au bout duquel la tension aux bornes du conducteur ohmique vaut 37 % de sa valeur maximale.

Phrase 2 : τ est le temps au bout duquel la tension aux bornes du conducteur ohmique atteint sa valeur maximale.

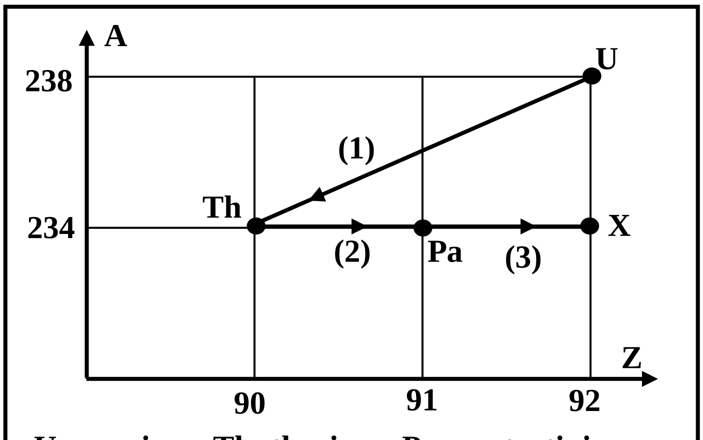
Phrase 3 : τ est une grandeur physique, qui permet de ralentir l'établissement du régime permanent.

Phrase 4 : τ est le temps au bout duquel la tension aux bornes du condensateur sera égale à celle aux bornes du conducteur ohmique.

7) En utilisant le document 4, déterminer la valeur de τ.
8) Déduire la valeur de C.

<u>Exercice 3</u> (7 points) **Famille radioactive de l'uranium 238**

L'uranium 238 est un nucléide radioactif qui se désintègre pour donner un noyau fils lui-même radioactif, celui-ci se désintègre en un noyau fils à son tour radioactif et ainsi de suite… Ces désintégrations successives s'arrêtent quand le noyau fils obtenu est stable. L'ensemble de ces désintégrations constitue une série ou famille radioactive. Une famille radioactive est nommée au nom de son premier élément.
Les quatre premiers nucléides de la famille radioactive de l'uranium 238 sont donnés dans le document 5.



Doc. 5

On donne :
Constante de Planck h $= 6{,}6 \times 10^{-34}$ J.s ;
1 MeV = $1{,}6 \times 10^{-13}$ J ;
La vitesse de la lumière dans l'air c = 3×10^{8} m/s.

1) Préciser le type de désintégration (α ou β^-) pour chacune des réactions nucléaires (1), (2) et (3) dans le document 5.

2) X et U sont deux nucléides d'un même élément chimique. Justifier.

3) La désintégration (1) de l'uranium 238, est parfois accompagnée de l'émission d'un rayonnement γ. La particule émise durant cette désintégration, parfois possède une énergie cinétique Ec_1= 4,147 MeV et d'autres fois Ec_2 = 4,195 MeV. On suppose que l'uranium 238 est au repos et que l'énergie cinétique du thorium 234 est négligeable.

- **3-1)** Indiquer la cause de l'émission du rayonnement γ.
- **3-2)** Indiquer la valeur de l'énergie cinétique de la particule émise lorsque cette désintégration n'est pas accompagnée de l'émission d'un rayonnement γ.
- **3-3)** Déduire l'énergie du rayonnement γ qui accompagne la désintégration de l'uranium 238.
- **3-4)** Calculer la longueur d'onde λ_1 de la radiation correspondante.

4) La constante radioactive de l'uranium 238 vaut : $\lambda_2 = 4{,}9 \times 10^{-18}$ s^{-1}.

- **4-1)** Calculer, en année, la demie vie T de l'uranium 238.
- **4-2)** Déduire pourquoi l'uranium 238 subsiste sur la Terre jusqu'à nos jours.

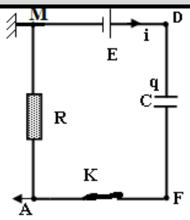
5) On peut trouver l'uranium 238 dans certains minéraux. L'activité radioactive de l'uranium 238 dans un échantillon minéral, à $t_0 = 0$, est A_0 = 8000 Bq.

- **5-1)** Déterminer le nombre de noyaux N_0 d'uranium dans cet échantillon à $t_0 = 0$.
- **5-2)** Montrer, par calcul, que ce nombre reste presque le même à t_1 = 100 ans et à t_2 = 1000 ans.

Exercice1 (7 points) Oscillateur mécanique

Partie		Réponses	Note
1		(S) effectue des oscillations libres non amorties car f = 0 N.	**0,5**
2		$E_m = E_C + Epe = ½ \, m \, v^2 + ½ \, kx^2$	**0,5**
3		E_m= cte ; $\frac{dE_m}{dt} = 0$; mvx" + kxv ; v≠ 0 par suite : $\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$	**0,75**
4		L’équation différentielle est de la forme: $\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$; $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$; $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	**0,5**
5	**5-1**	v = x' = 3 × 2,5π cos (2,5 π t) = 7,5π cos(2,5 π t) = 23,56 cos(2,5 π t) v (cm/ s) et t (s)	**0,5**
	5-2	X_m = 3 cm	**0,25**
	5-3	À t = 0, x_0 = 3 sin (0) = 0 v_0 = 23,56 cos(0) = 23,56 cm/s	**0,5** **0,5**
	5-4	G est lancé à partir de O car x_0 = 0 et dans le sens positif puisque $v_0 > 0$	**0,25**
6	**6-1**	Courbe (a) : E_m, les oscillations sont harmoniques simple, Em = cte. Courbe (b) : Epe, lorsque (S) est en O, x = 0 et son Epe = 0 J Courbe (c) : Ec, lorsque (S) est en x =X_m, la vitesse de (S) s’annule et son Ec = 0 J.	**0,5** **0,5** **0,5**
	6-2	Pour x = X_m = 0,03 m ; Epe = ½ k X_m^2 = 3,6 mJ = 3,6 × 10^{-3} J ; k = 8 N/m Pour x = 0 ; v = V_m = 23,56 cm/s = 23,56 × 10^{-2} m/s ; Ec = ½ m V_m^2 = 3,6 mJ = 3,6 × 10^{-3} J ; m = 0,13 kg	**0,5** **0,75**

<u>Exercice 2</u> (6 points) Charge d'un condensateur

Partie	Réponses	Note
1		0,25
2	$i = \frac{dq}{dt}$, donc $i = C\frac{du_C}{dt}$. $u_{DM} = u_{DF} + u_{FA} + u_{AM}$, alors $E = u_C + R\,i$ $E = u_C + RC\frac{du_C}{dt}$, par suite $\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{RC} = \frac{E}{RC}$.	1
3	$u_c(t) = E\left(1 - e^{-\frac{t}{R.C}}\right)$, donc $\frac{du_c}{dt} = \frac{E}{RC}e^{-\frac{t}{R.C}}$, on remplace dans l'équation différentielle $\frac{E}{RC}e^{-\frac{t}{R.C}} + \frac{E\left(1 - e^{-\frac{t}{R.C}}\right)}{R\,C} = \frac{E}{R\,C}$ $\frac{E}{R\,C} = \frac{E}{R\,C}$ donc $u_c(t) = E\left(1 - e^{-\frac{t}{R.C}}\right)$ est solution de l'équation différentielle	0,75
4	$u_R = R.i = RC\frac{du_C}{dt} = RC\,\frac{E}{RC}e^{-\frac{t}{R.C}} = E\,e^{-\frac{t}{R.C}}$	0,5
5-1	$u_R(t) = Ee^{-\frac{t}{R.C}}$ est une fonction exponentielle décroissante de E à 0V De même la courbe a l'allure exponentielle décroissante commençant de 8V à 0V.	0,5
5-2	D'après l'équation : À $t_0 = 0$: $u_R = E.\,e^0 = E$ D'après la courbe : À $t_0 = 0$: $u_R = 8$ V E = 8 V	0, 5
6	***Phrase 1*** : à $t = \tau$; $u_R = E\,e^{-\frac{\tau}{R.C}} = E\,e^{-1} = E \times 0{,}367 \approx 37\ \%\ E$ ***Phrase 3*** : pour atteindre le régime permanent on a besoins de $t = 5\,\tau$, par suite si on augmente τ, la durée $t = 5\,\tau$ augmente ce qui ralentit l'établissement du régime permanent.	0,75 0,75
7	À $t = \tau$; $u_R = 0{,}37 \times 8 = 2{,}96$ V, d'après la courbe cette valeur correspond à $\tau = 5$ ms	0,5
8	$\tau = R.C$ donc $C = \tau / R = 5 \times 10$ -6 F = 5 µF	0, 5

<u>Exercice 3</u> (7 points) **Famille radioactive de l'uranium 238**

Partie		Réponses	Note
1		Désintégration (1) : ${}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$ donc type α Désintégration (2) : ${}^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$ donc type β^- Désintégration (3) : ${}^{234}_{91}Pa \rightarrow {}^{234}_{92}X + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$ donc type β^-	0,5 0,5 0,5
2		Car ils possèdent le même nombre de charge Z, ils sont des isotopes de l'uranium.	0,25
3	3-1	La désexcitation du noyau fils Th.	0,25
	3-2	Lorsqu'il n'y a pas émission d'un photon gamma, l'énergie cinétique de la particule émise est $Ec_2 = 4{,}195$ MeV	0,25
	3-3	Lorsqu'il y a émission d'un photon gamme, l'énergie cinétique de la particule émise diminue, cette diminution est l'énergie du photon gamma émis, par suite : $E\gamma = 0{,}048$ MeV.	0,25 0,25
	3-4	$E_\gamma = \frac{h.c}{\lambda_1}$; $\lambda_1 = \frac{h.c}{E} = \frac{6{,}6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{0{,}048 \times 1{,}6 \times 10^{-13}} = 2{,}57 \times 10^{-11}\ m$	1
4	4-1	$T = \frac{\ln 2}{\lambda_2} = \frac{\ln 2}{4{,}9 \times 10^{-18}} = 1{,}47 \times 10^{17} s \approx 4{,}6\ 10^{9}$ années	1
	4-2	La demie vie de l'uranium 238 est de l'ordre de quelques milliards d'année, donc ce nucléide a besoin beaucoup du temps pour se désintégrer ce qui explique sa présence sur la Terre jusqu'à nos jours.	0,5
5	5-1	$A_0 = \lambda_2\ N_0$; $N_0 = \frac{A_0}{\lambda_2} = \frac{8000}{4{,}9 \times 10^{-18}} = 1{,}63 \times 10^{21}$ noyaux	1
	5-2	$N = N_0\ e^{-\lambda_2 t}$ Après $t_1 = 100$ ans : $N = 1{,}63 \times 10^{21}\ e^{-4{,}9 \times 10^{-18} \times 100 \times 365 \times 14 \times 3600} \approx 1{,}63 \times 10^{21}$ Après $t_2 = 1000$ ans : $N = 1{,}63 \times 10^{21}\ e^{-4{,}9 \times 10^{-18} \times 1000 \times 365 \times 14 \times 3600} \approx 1{,}63 \times 10^{21}$	0,25 0,25 0,25