وزارة التربية والتعليم العالي
المديريّة العامّة للتربية
دائرة الامتحانات الرسميّة

امتحانات الشهادة الثانوية العامة
فرع العلوم العامة

دورة العام ٢٠١٩ العاديّة
الأثنين ٢٤ حزيران ٢٠١٩
مكيفة

Cette épreuve est formée de quatre exercices répartis sur treize pages.
L'usage d'une calculatrice non programmable est recommandé.

مسابقة في مادة الفيزياء

المدة: ثلاث ساعات

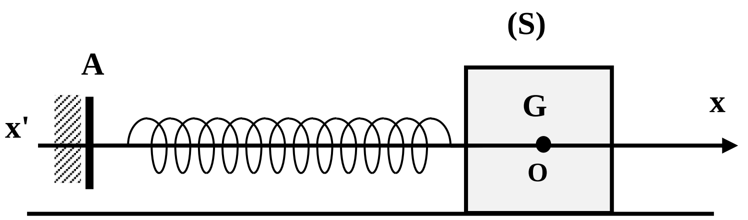
(فرنسي)

الاسم:.................................

الرقم:.................................

Exercice 1 (8 points) Oscillations libres amorties

On considère un oscillateur mécanique formé d'un solide **(S),** de masse **m**, et d'un ressort horizontal de masse négligeable et de constante de raideur **k**.



Doc. 1

- **(S)** est attaché à l'une des deux extrémités du ressort, l'autre extrémité étant reliée à un support fixe **A**.
- **(S)** peut se déplacer sur une surface horizontale et son centre de masse **G** sur un axe horizontal **(x' x).** (Doc. 1).
- À l'équilibre, **G** coïncide avec l'origine **O** de l'axe **x'x**.
- On déplace **(S)** horizontalement dans le sens positif, à partir de sa position d'équilibre.
- À l'instant $t_0 = 0$, l'abscisse de **G** est X_m et **(S)** est lâché sans vitesse initiale.
- À un instant **t**, l'abscisse de **G** est $x = \overline{OG}$ et la valeur algébrique de sa vitesse est $v = x' = \frac{dx}{dt}$.
- Durant son mouvement, **(S)** est soumis à plusieurs forces parmi lesquelles on a :
  - la tension $\vec{F} = -k\,x\,\vec{i}$ du ressort et
  - la force de frottement $\vec{f} = -h\,\vec{v}$, où **h** est une constante positive appelée coefficient d'amortissement.

Prendre le plan horizontal contenant **G** comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

Le but de cet exercice est d'étudier l'effet du frottement sur les oscillations et de déterminer la valeur de **h**.

1) Étude théorique

1-1) **Montrer**, en appliquant la deuxième loi de Newton $\sum \vec{F}_{ext} = m\dfrac{d\vec{v}}{dt}$,

que $\mathbf{m\dfrac{dv}{dt} + k\,x = -\,h\,v}$.

1-2) **Écrire**, à un instant **t**, l'expression de l'énergie mécanique $\mathbf{E_m}$ du système (Oscillateur, Terre) en fonction de m, k, x et v.

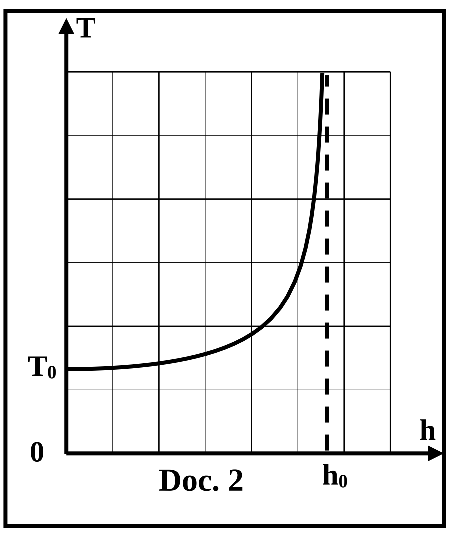
1-3) **Déduire** que $\dfrac{dE_m}{dt} = -\,h\,v^2$.

1-4) **Établir** l'équation différentielle, du second ordre en **x**, qui régit le mouvement de **(G).**

1-5) Le centre de masse **G** oscille avec une pulsation $\boldsymbol{\omega} = \sqrt{\dfrac{\mathbf{k}}{\mathbf{m}} - \left(\dfrac{\mathbf{h}}{\mathbf{2m}}\right)^{\mathbf{2}}}$.

Déduire l'expression de la pseudo-période **T**.

1-6) Pour différentes valeurs de **h**, on obtient la courbe du document 2 représentant **T** en fonction de **h**, pour $\mathbf{0 < h < h_0}$.



Doc. 2

1-6-1) **Comment** varie **T** pour $\mathbf{0 \leq h < h_0}$?

1-6-2) $\mathbf{T_0}$ représente la période propre des oscillations de G. **justifier** en se référant au document 2.

1-7) **Déduire** l'expression de $\mathbf{T_0}$ en fonction de **m** et **k**.

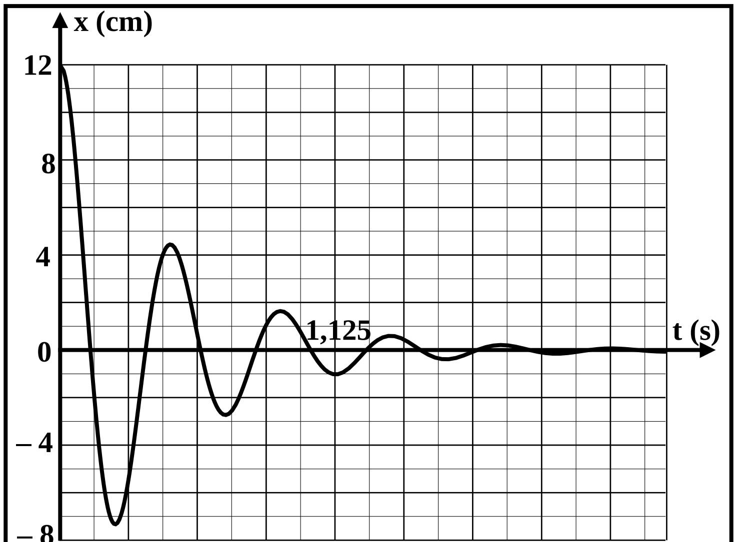
2) Étude expérimentale

Dans l'étude expérimentale, on prend : **m = 0,5 kg et k = 100 N/m.**

2-1) **Calculer** la valeur de $\mathbf{T_0}$.

2-2) La courbe du <u>document (3)</u> représente **x** en fonction du temps **t**.

En **utilisant** le <u>document 3</u> :



Doc. 3

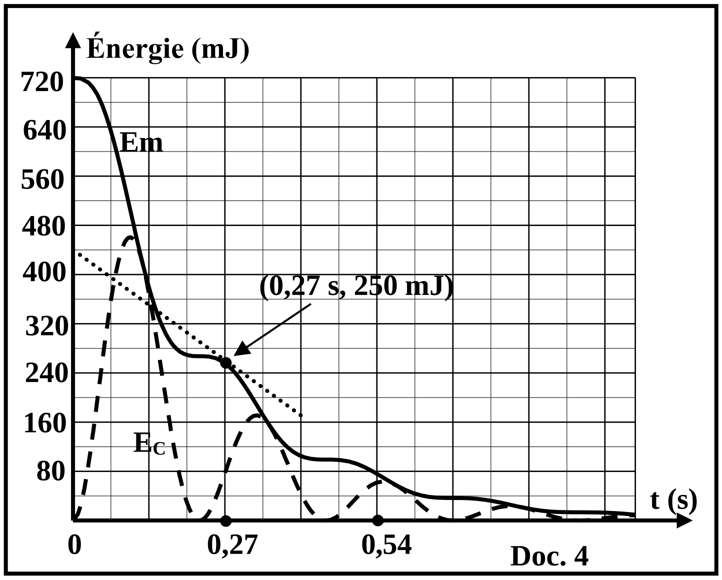
2-2-1) **déterminer** la pseudo-période **T** ;

2-2-2) **donner** deux indicateurs montrant que **(S)** est soumis à une force de frottement.

2-3) **Calculer h**.

2-4) **Dans le but** de <u>déterminer</u> de nouveau la valeur de **h**, un dispositif approprié est utilisé pour tracer l'évolution de $\mathbf{E_m}$ du système (Oscillateur, Terre) et de l'énergie cinétique $\mathbf{E_C}$ de **(S)** en fonction du temps.

Le <u>document 4</u> représente les courbes de **E_m** et de **E_C** en fonction du temps, ainsi que la tangente à la courbe représentant **E_m à $t = 0{,}27$ s**.



2-4-1) **Déterminer** la vitesse de **(G)** à **$t = 0{,}27$** s (en utilisant la courbe en pointillée) représentant **E_C**.

2-4-2) **Déterminer** $\frac{dE_m}{dt}$ à **$t = 0{,}27$ s**. (en utilisant la droite en pointillée)

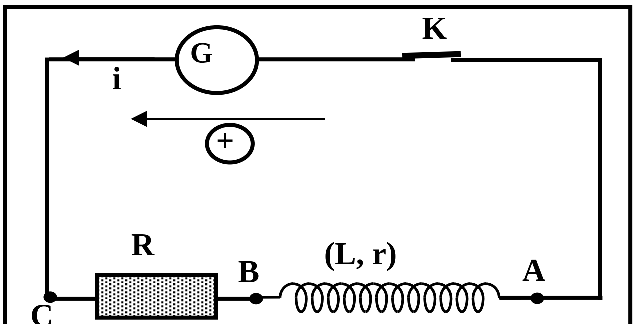
2-4-3) **Déduire** de nouveau la valeur de **h**.

Exercice 2 (8 points) Caractéristiques d'une bobine

Le but de cet exercice est de déterminer, par deux méthodes, les caractéristiques d'une bobine.

On réalise un montage comprenant en série :

un générateur **(G),** un interrupteur **K**, un conducteur ohmique de résistance **$R = 90\ \Omega$** et une bobine d'inductance **L** et de résistance **r** (Doc.5).

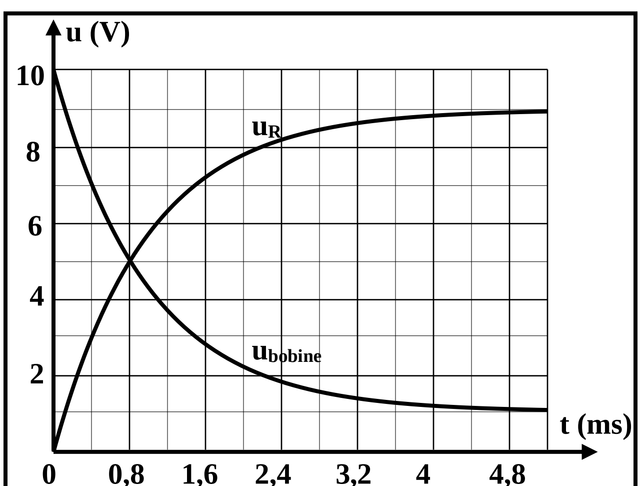


Doc. 5

À l'instant $t_0 = 0$, on ferme l'interrupteur **K**.
À un instant **t,** le circuit est parcouru par un courant d'intensité **i**.

1) Première méthode

(G) est un générateur délivrant une tension constante $u_{CA} = E$.
Un système approprié trace les courbes $u_{CB} = u_R$ **et** $u_{BA} = u_{bobine}$ en fonction du temps (Doc. 6).



Doc. 6

1-1) En utilisant les courbes du document 6 :

1-1-1) **déterminer** la valeur de **E (sachant que $u_{CA} = u_{CB} + u_{BA}$);**

1-1-2) **déterminer** la valeur de l'intensité I_0 du courant en régime permanent(en utilisant la courbe relative à u_R);

1-1-3) **montrer** que **r = 10 Ω.**

1-2) **Établir**, en appliquant la **loi d'additivité des tensions**, l'équation différentielle du premier ordre qui décrit l'évolution de **i** au cours du temps.

1-3) La solution de cette équation différentielle est $i = I_0\,(1 - e^{-\frac{R+r}{L}t})$.

Déduire les expressions des tensions u_R et u_{bobine} en fonction de **R, r, L, I_0** et **t**.

1-4) À un instant t_1, $u_{bobine} = u_R$. **Montrer** que $t_1 = -\frac{L}{R+r}\,\ell n\left(\frac{R-r}{2R}\right)$

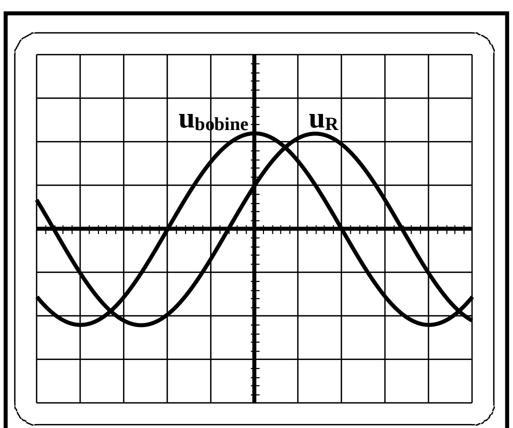
1-5) **Déduire** la valeur de **L**.(Doc. 6)

2) Deuxième méthode

Le générateur **(G)** délivre maintenant une tension alternative sinusoïdale de pulsation **ω.**

Un oscilloscope, convenablement branché dans le circuit, permet de visualiser :

$u_{CB} = u_R$ sur la voie **1** et $u_{BA} = u_{bobine}$ sur la voie **2** (Doc. 7).



Doc. 7

Les réglages de l'oscilloscope sont les suivants :

- Sensibilité horizontale : S_h **= 4 ms/div**.
- Sensibilité verticale : S_{V1} **= 4 V/div** pour la voie **1** ;

  S_{V2} = **1 V/div** pour la voie **2**.

2-1) Le circuit est parcouru par un courant alternatif sinusoïdal **d'intensité**

$i = I_m \sin(\omega t)$ (S.I.)

Déterminer l'expression de u_{bobine} en fonction de L, I_m, r, ω et t.

2-2) L'expression de la tension aux bornes de la bobine s'écrit sous la forme :

$u_{bobine} = A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t)$, avec A et B des constantes.

Déterminer A et B en fonction de r, L, I_m et ω.

2-3) En **utilisant** le document 7, **calculer** :

2-3-1) les **valeurs** de **I_m et ω** ;

2-3-2) la **valeur maximale U_m** de la tension aux bornes de la bobine ;

2-3-3) la **différence** de **phase φ entre u_{bobine} et u_R.**

2-4) **Déterminer** de nouveau les valeurs de **L et r,** sachant que

$$\tan\varphi = \frac{L\omega}{r} \quad \text{et} \quad U_m^2 = A^2 + B^2 \ .$$

Exercice 3 (7 points) Radioactivité de radon 219

Le but de cet exercice est de déterminer **les valeurs de la puissance et de l'énergie des radiations électromagnétiques** γ émises durant la désintégration de radon 219.

Le radionucléide radon ${}^{219}_{86}Rn$ se désintègre en polonium ${}^{A}_{Z}Po$ avec émission d'une particule α et d'un rayonnement électromagnétique γ d'énergie

E_γ : ${}^{219}_{86}Rn \rightarrow {}^{A}_{Z}Po + {}^{4}_{2}He + \gamma$

Données : m (${}^{219}_{86}Rn$) = 204007,3316 MeV/c^2 ;

m (${}^{A}_{Z}Po$) = 200271,9597 MeV/c^2;

m(α) = 3728,4219 MeV/c^2.

1 MeV = 1,602×10^{-13} J.

Masse molaire de ${}^{219}_{86}Rn$: M = 219 g/mol ;

$N_A = 6,022 \times 10^{23} mol^{-1}$

1) **Calculer** A et Z, en indiquant les lois utilisées.
2) **Vérifiez** que l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de radon 219 **est :6,95MeV**
3) **Déduire** que l'énergie du rayonnement γ émis est **E_γ= 0,195 MeV** sachant que :

   l'énergie cinétique de la particule α émise est **6,755 MeV,**

   l'énergie cinétique du noyau de polonium est négligeable **et** le noyau du radon au repos.

4) **À $t_o = 0$**, la masse initiale de l'échantillon de radon est **$m_0 = 8$ g**.

Montrer que le nombre initial N_o des noyaux de radon présents dans l'échantillon à

$t_0 = 0$ est $N_0 = 21{,}998 \times 10^{21}$ noyaux.

5) **Calculer** le nombre des noyaux de $^{219}_{86}Rn$ desintegres .($N_d = N_0 - N$) **.**

6) **Calculer** :

- la valeur de la constante radioactive λ
- la valeur de la demi-vie radioactive T du radon 219.

7) **Calculer**, en becquerel, l'activité A_1 de l'échantillon de radon 219 à l'instant $t_1 = 10$ s.

8) L'énergie totale, des radiations électromagnétiques γ, émise entre l'instant $t_0 = 0$ et un instant t est :

$E_t = N_d E_\gamma$ où N_d est le nombre des noyaux désintégrés de radon 219 entre ces deux instants.

8-1) Montrer que $E_t = N_0 E_\gamma (1 - e^{-\lambda t})$, sachant que $N = N_0.e^{-\lambda t}$.

8-2) Déduire la valeur de E durant l'intervalle de temps [0, ∞[.

9) **La puissance p, à un instant t, des radiations électromagnétiques γ émises, est donnée par : $p = \frac{dE_t}{dt}$.**

9-1) Montrer que $p = \lambda N_0 E_\gamma e^{-\lambda t}$.

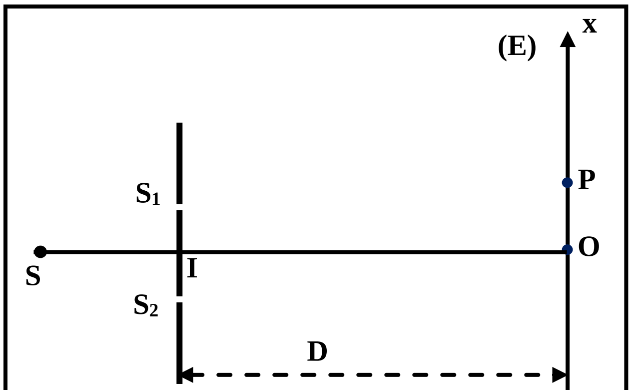
9-2) Déduire la puissance maximale P_{max} de γ (prendre une valeur particulière de t).

9-3) Déduire la puissance de γ pour $t \to \infty$.

Exercice 4 (7 points) **Interférence de la lumière**

Le but de cet exercice est **d'étudier le phénomène d'interférence lumineuse en utilisant le dispositif de Young.**

Le document (8) montre un dispositif de Young, qui est constitué de deux fentes S_1 et S_2 très fines, parallèles, horizontales et distantes de a = 0,5 mm, et d'un écran d'observation (E) disposé parallèlement au plan des deux fentes et à une distance D = 2m.



Doc. 8

S_1 et S_2 sont éclairées par une radiation monochromatique de longueur d'onde λ = 600 nm dans l'air provenant de S qui est placée à égale distance de deux fentes.

(OI) est la médiatrice du segment $[S_1S_2]$.

L'expression générale de la différence de marche optique au point P situé dans la région d'interférence sur un axe **(ox) est :**

$$\delta = (SS_2P - SS_1P) = ((SS_2 + S_2P) - (SS_1 + S_1P)).$$

avec $S_2P - S_1P = \frac{ax}{D}$ **, où x est l'abscisse de P par rapport à O, x =** $\overline{OP}$.

1) Décrire la figure d'interférence observée sur (E).

2) Montrer que O est le centre de la frange brillante centrale.

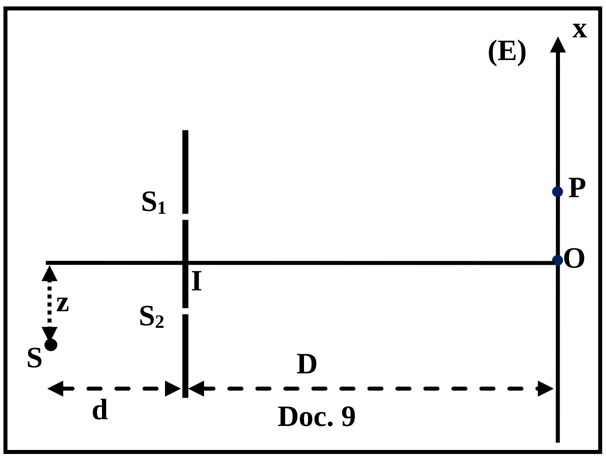
3) On suppose P est le centre de la frange sombre **d'ordre K, (K ∈ Z)**.

3-1) Donner l'expression de la différence de marche optique δ au point P **en fonction de k et λ.**

3-2) Déduire l'expression de l'abscisse x_k de P **en fonction de k, λ, D et a**.

3-3) Déterminer l'ordre de la frange sombre en P **sachant que $x_k = 6$ mm**.

4) la source ponctuelle (S) située à la distance du plan des fentes, est déplacée de z du côté de S_2, parallèlement à l'axe (Ox) dans le sens négatif . (Doc. 9).



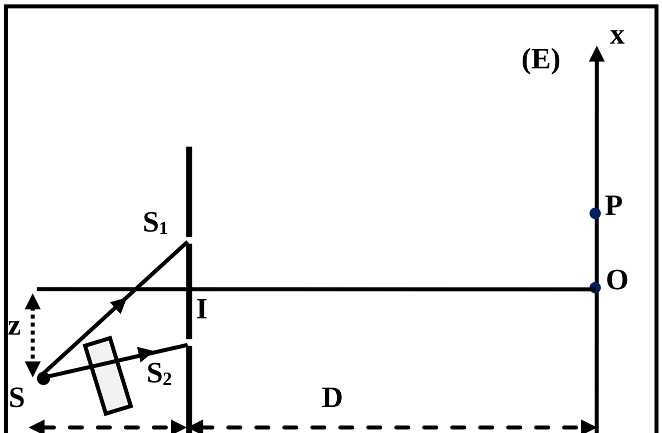
Doc. 9

La différence de marche optique au point p devient :$\delta_P = \frac{az}{d} + \frac{ax}{D}$.

4-1) Déterminer la position du centre O' de la frange centrale brillante **en fonction de D, z et d**.

4-2) Préciser si la frange brillante centrale est déplacée du côté de S_1 ou du côté de S_2.

4.3) Une lame à faces parallèles, transparente, d'épaisseur e et l'indice de réfraction n est placée devant S_2 (Doc. 10)



Doc. 10

La différence de marche optique au point P est :

$$\delta_P = \frac{az}{d} + \frac{ax}{D} + e\,(n - 1).$$

On règle **la distance d** d'une manière pour que le centre de la frange brillante centrale revienne au point O.

Déterminer <u>la valeur de d.</u> **sachant que |z|=0,4 cm**