وزارة التربية والتعليم العالي
المديرية العامة للتربية
دائرة الامتحانات

امتحانات الشهادة الثانوية العامة
فرع العلوم العامة

دورة سنة 2005 الاستثنائية

مسابقة في مادة الفيزياء
المدة: ثلاث ساعات

الاسم:
الرقم:

Cette épreuve est constituée de quatre exercices obligatoires répartis sur quatre pages numérotées de 1 à 4.
<u>L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.</u>

Premier exercice (7 pts) Moment d'inertie d'un disque

On dispose d'un disque (D) homogène de masse m = 400 g et de rayon R =10 cm.
Le but de cet exercice est de déterminer, par deux méthodes, le moment d'inertie I_0 de (D) par rapport à un axe (Δ_0) perpendiculaire à son plan et passant par son centre d'inertie G.
Tous les frottements sont négligés .**Prendre**: $0,32\pi = 1$; $g = 10\ m/s^2$; $\sin\theta = \theta_{(rd)}$ pour θ faible.

A- Première méthode

Le disque (D) peut tourner librement autour d'un axe (Δ_0) horizontal, perpendiculaire à son plan et passant par son centre G (fig.1). Ce disque part du repos, à la date $t_0 = 0$, sous l'action d'une force $\vec{F}$ de moment constant par rapport à (Δ_0) et de valeur $\mathcal{M} = 0,2$ m.N. À la date $t_1 = 5$ s, (D) tourne alors à la vitesse de rotation $N_1 = 80$ tours/s.

(D)

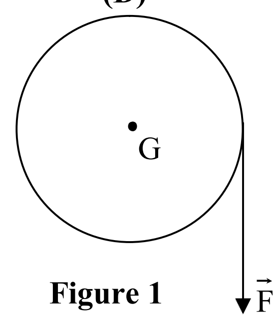


Figure 1

1) a- Nommer les forces extérieures appliquées à (D) et schématiser les.
   b- Montrer que le moment résultant de ces forces, par rapport à (Δ_0), est égal au moment $\mathcal{M}$ de la force $\vec{F}$.
   c- Préciser, en utilisant le théorème du moment cinétique, la nature du mouvement de (D).
2) a- Trouver l'expression du moment cinétique σ du disque, par rapport à (Δ_0) , en fonction de t.
   b- Déterminer la valeur de I_0 .

B – Deuxième méthode

Le disque (D) peut osciller librement autour d'un axe (Δ) horizontal, perpendiculaire à son plan et passant par un point O de sa périphérie. On désigne par I le moment d'inertie de (D) par rapport à (Δ).On écarte (D), à partir de sa position d'équilibre, d'un angle θ_0 faible et on le lâche, sans vitesse, à la date $t_0 = 0$.
On repère la position de (D), à la date t, par l'angle θ que fait la verticale OZ avec OG , $\theta' = \dfrac{d\theta}{dt}$ représentant la vitesse angulaire de (D) à la date t (fig.2).
Le niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur est le plan horizontal passant par le point O.

(D)

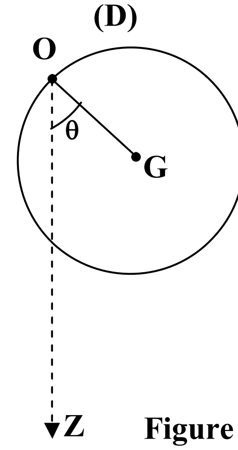


Figure 2

1) Déterminer, à la date t, l'énergie mécanique du système [(D), Terre], en fonction de I , m , g , R , θ et θ'.
2) Établir l'équation différentielle du second ordre qui régit le mouvement oscillatoire de (D).
3) Déduire l'expression de la période T des oscillations de (D) en fonction de I , m , g et R .
4) La mesure de la durée de 10 oscillations du pendule pesant ainsi constitué donne 7,7s. Déterminer la valeur de I .
5) Sachant que I_0 et I sont liés par la relation $I = I_0 + mR^2$, retrouver la valeur de I_0.

Deuxième exercice (7 pts) Identification d'un dipôle

On voudrait exploiter un oscillogramme et identifier un dipôle (D) de grandeur caractéristique X. (D) peut être :

- un conducteur ohmique de résistance $X = R_1$
- ou un condensateur de capacité $X = C$
- ou une bobine d'inductance $X = L$ et de résistance négligeable.

Dans ce but, on branche (D) en série avec un conducteur ohmique de résistance $R = 40\,\Omega$ et un générateur délivrant entre ses bornes une tension alternative sinusoïdale :

$u_g = u_{AC} = 4\sqrt{2}\cos(100\,\pi t)$, (u en V et t en s) (fig.1).

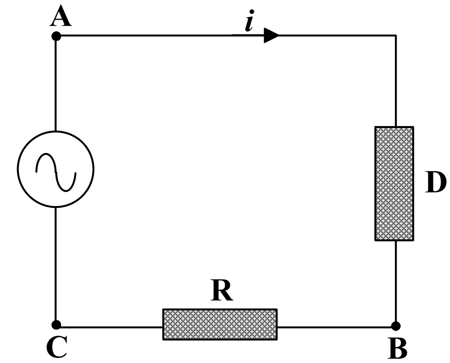
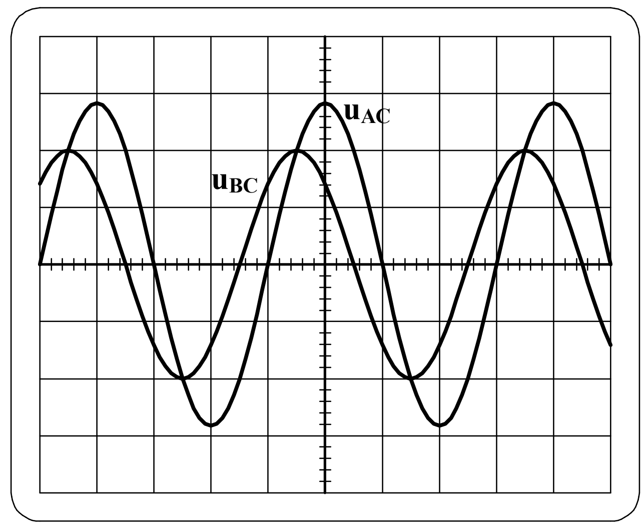


Figure 1

Le circuit est alors parcouru par un courant alternatif sinusoïdal d'intensité *i*.

Un oscilloscope, convenablement branché, donne l'oscillogramme représentant l'évolution, en fonction du temps, de la tension $u_{AC} = u_g$ sur la voie 1 et celle de la tension $u_{BC} = u_R$ aux bornes du conducteur ohmique sur la voie 2 (fig.2).

La sensibilité verticale sur la voie 2 est 2V/div.



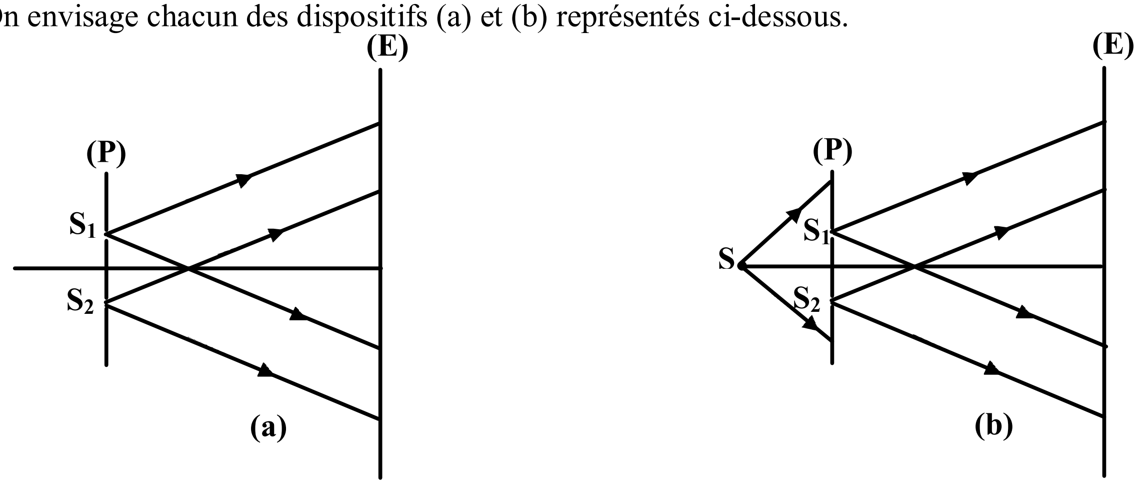
1) Reproduire la figure 1 en montrant les branchements de l'oscilloscope.
2) a- Calculer la valeur de la période T de la tension u_g.
   b- Déterminer la sensibilité horizontale adoptée sur l'oscilloscope.
3) a- L'oscillogramme de u_{BC} représente "l'image" de l'intensité *i*. Pourquoi?
   b- Préciser, en justifiant la réponse, la nature du dipôle (D).
4) a- Déterminer le déphasage entre u_{AC} et u_{BC}.
   b- Déterminer la valeur maximale I_m de l'intensité *i*.
   c- Écrire l'expression de *i* en fonction du temps.
5) Montrer que u_{AB} peut s'écrire sous la forme : $u_{AB} = \dfrac{0{,}1}{100\pi X}\sin(100\pi\, t + \dfrac{\pi}{4})$
6) En appliquant la loi d'additivité des tensions, déterminer la valeur de X en donnant à t une valeur particulière.

Troisième exercice (6 ½ pts) Interférences lumineuses

A- Conditions d'obtention d'un phénomène d'interférences

On dispose de deux fentes de Young et de deux lampes identiques.

On envisage chacun des dispositifs (a) et (b) représentés ci-dessous.



Dans le dispositif (a), chacune des fentes sources, S_1 et S_2 , est éclairée par une lampe; les deux lampes émettent une même radiation.
Dans le dispositif (b), S_1 et S_2 sont éclairées par une lampe placée en S et munie d'une fente très fine parallèle à S_1 et S_2 ; la lampe émet la même radiation précédente.

1- Les radiations émises par les sources lumineuses S_1 et S_2 dans les dispositifs (a) et (b) jouissent d'une propriété commune. Laquelle?
2- Une propriété différencie les radiations issues de S_1 et S_2 dans le dispositif (a) de celles issues de S_1 et S_2 dans le dispositif (b). Préciser cette propriété.
3- Le dispositif (b) permet d'observer un phénomène d'interférences. Pourquoi ?

B- Interférences et mesure

On désire réaliser une série d'expériences d'interférences avec un dispositif des fentes de Young. Les fentes, situées dans un plan (P), sont distantes de a et la figure d'interférences est observée sur un écran (E) situé à une distance D de (P).

I- Interférences dans l'air

On dispose de plusieurs filtres, chacun pouvant sélectionner une radiation monochromatique. Pour chaque radiation de longueur d'onde dans l'air λ , on mesure la distance x = 5i sur laquelle s'étalent cinq interfranges. Les résultats obtenus sont relevés dans le tableau ci-dessous.

λ(*en nm*)	470	496	520	580	610
x = 5i (en mm)	11,75	12,40	13,00	14,50	15,25
i (en mm)					

1) a- Compléter le tableau ci-dessus.
   b) i- Montrer que l'expression de i en fonction de λ est de la forme $i = \alpha \lambda$ où α est une constante positive.
   ii- Calculer α.
   iii- En déduire la valeur du rapport $\frac{D}{a}$.
2) On éloigne (E) de 50 cm de (P). On remarque alors que, pour la radiation de longueur d'onde dans l'air λ = 496 nm , cinq interfranges s'étalent sur une distance de 18,6 mm. Déterminer la valeur de D.
3) Déduire la valeur de a.

II – Interférences dans l'eau

La radiation utilisée maintenant a pour longueur d'onde dans l'air λ = 520 nm. Le dispositif précédent est complètement immergé dans l'eau d'indice de réfraction n. La distance entre les plans (E) et (P) est D et la distance des fentes est a.

1- La valeur de la longueur d'onde λ d'une radiation lumineuse change quand on passe d'un milieu transparent à un autre. Pourquoi ?

2-Les franges d'interférences paraissent plus serrées dans l'eau que dans l'air. Pourquoi?

3- Dans l'eau, cinq interfranges s'étalent sur une distance de 9,75 mm. Déterminer la valeur de n.

Quatrième exercice (7 pts) Le Technétium 99

A - Un peu d'histoire…

En 1937, Pierrier et Sègre obtiennent, pour la première fois, un isotope de technétium $^{99}_{43}Tc$ en bombardant des noyaux de molybdène $^{98}_{42}Mo$ par un isotope de l'hydrogène $^{A}_{Z}H$ selon la réaction suivante :

$$^{98}_{42}Mo + {}^{A}_{Z}H \longrightarrow {}^{99}_{43}Tc + {}^{1}_{0}n$$

Déterminer Z et A en précisant les lois utilisées.

B- Production actuelle et caractéristique du technétium 99

L'isotope $^{99}_{43}Tc$ est actuellement obtenu dans des générateurs molybdène/technétium, à partir de l'isotope $^{99}_{42}Mo$ du molybdène. Ce molybdène est radioactif β^- .

1) Écrire l'équation correspondant à la désintégration de $^{99}_{42}Mo$.
2) Déterminer, en MeV, l'énergie libérée par cette désintégration.
3) Les noyaux de technétium sont obtenus, en majorité, dans un état excité [$^{99}_{43}Tc^*$]
   a- i) Compléter l'équation de désexcitation suivante: $^{99}_{43}Tc^* \longrightarrow {}^{99}_{43}Tc + \ldots\ldots$
      ii) Préciser la nature du rayonnement émis.
   b- L'énergie libérée par cette désexcitation, de valeur 0,14 MeV, est entièrement emportée par le rayonnement émis, les noyaux [$^{99}_{43}Tc^*$] et $^{99}_{43}Tc$ étant supposés au repos.
      i) Déterminer, en u, la masse du noyau de $^{99}_{43}Tc^*$.
      ii) Calculer la longueur d'onde du rayonnement émis.

C- Utilisation du technétium 99 en médecine

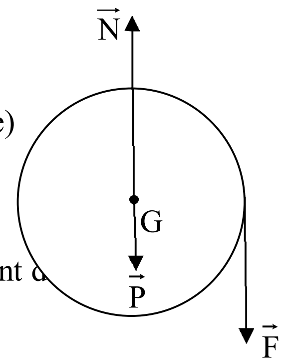
L'isotope $^{99}_{43}Tc$ est actuellement très utilisé en imagerie médicale. Le générateur molybdène/technétium est connu, en médecine, sous le nom de " vache à technétium ". Aussi, la préparation journalière dans un service médical du technétium 99, de demi-vie T_1 = 6 heures, à partir de son " père " le molybdène de demi-vie T_2 = 67 heures, permet un approvisionnement hebdomadaire.

1) Pourquoi est-il préférable, dans un service médical utilisant le technétium 99, de disposer d'une réserve de molybdène 99 et non pas d'une réserve de technétium 99 ?
2) Déterminer le nombre des noyaux de technétium 99 obtenus à partir de 1g de molybdène 99 au bout de 24 heures. En déduire la masse de ces noyaux de technétium.

Données: Masses des noyaux et particule: $^{99}_{42}Mo$ = 98,88437 u; $^{99}_{43}Tc$ = 98,88235 u; $^{0}_{-1}e = 55\times10^{-5}\,u$.
1u = 931,5 MeV/c^2 = 1,66 $\times10^{-27}$ kg ;
constante de Planck: h = 6,63 $\times10^{-34}$ J.s ;
1eV = 1,6 10^{-19} J ;
c = 3 $\times10^{8}$ m/s .

Premier exercice. (7pts)

A- 1) a – le poids $\vec{P}$, la réaction de l'axe ½ t la force $\vec{F}$



b- $\mathcal{M}(\vec{P}) = \mathcal{M}(\vec{N}) = 0$ (ligne d'action rencontre l'axe)

$\mathcal{M}(\vec{F}) = M \Rightarrow \Sigma$ ½ M

c- $\frac{d\sigma}{dt} = I_0\ddot{\theta} = M \Rightarrow \ddot{\theta} = \frac{M}{I_0} = \text{cte}$ et $\dot{\theta}_0 = 0 \Rightarrow$ Mouvement c

uniformément a ¾ éré.

2) a- $\frac{d\sigma}{dt} = M \Rightarrow \sigma = Mt + \sigma_0 \qquad \sigma_0 = I_0\theta_0' = 0 \Rightarrow$ ¾ Mt

b- $I_0\theta' = Mt \Rightarrow I_0 = \frac{Mt}{\theta'} = \frac{0,2\times 5}{2\times\pi\times 80} = 2\times 10^{-3}\,Kg$ ½

B- 1) $E_m = \frac{1}{2}I\theta'^2 -$ n 1 $\cos\theta$

2) $\frac{dE_m}{dt} = 0 \Rightarrow I\,\theta'\theta'' + mg\,R\theta'\sin\theta = 0$ or $\sin\theta = \theta$ 1 $\theta'' + mg\frac{R}{I}\theta = 0$

3) $\omega^2 = \frac{mgR}{I} \Rightarrow T = 2\,\pi\sqrt{\frac{I}{mgR}}$ ½

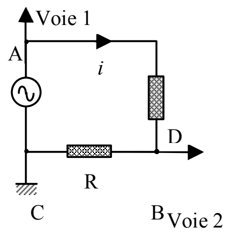
4) $T = \frac{7,7}{10} = 0,77$ s d'où :

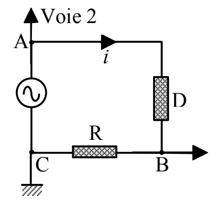
$I = \frac{T^2 mgR}{4\pi^2} = \frac{(0,77)^2\times 0,4\times 10\times 0,1\times(0,32)^2}{4} = 6,07\times 10\ ^3\,kgm^2$ 1

5) La relation $I = I_0 + mR^2$ donne $I_0 = 6 \times 10^{-3} - 0,$ ½ $)^2 = 2\times 10^{-3}$ kgm².

Deuxième exercice (7 pts)

1) Branchements ½





2) a- $\omega = 100\pi = \dfrac{2\pi}{T} \Rightarrow T = 2\times10^{-2}\,s = 20ms$ ½

b- T correspond à 4 div ; d'où 4 div $\Rightarrow 2\times10^{-2}\,s \Rightarrow$
1 div. correspond à 5 ms => S_h = 5 ms/div ¾

3) a- $i = \dfrac{u_{BC}}{R}$. Donc i est l'image de u_{BC} ½

b- (D) est un condensateur car le courant i est en avance de phase sur la tension u_{AC} ½

4) a- $|\varphi| = \dfrac{2\pi\times0{,}5}{4} = \dfrac{\pi}{4}$ rad ; u_{BC} est en avance de phase de $\dfrac{\pi}{4}$ rad sur u_{AC} ¾

b- U_{mR} = 2 div × 2 V/div = 4 V $\Rightarrow I_m = \dfrac{U_{mR}}{R} = \dfrac{4}{40} = 0{,}1$A ¾

c- $i = 0{,}1\cos(100\pi t + \dfrac{\pi}{4})$ ½

5) $i = C\dfrac{du_{AB}}{dt} \Rightarrow u_{AB} = \dfrac{1}{C}\displaystyle\int i\,dt = \dfrac{0{,}1}{100\pi C}\sin(100\pi t + \dfrac{\pi}{4})$ 1

6) $u_{AC} = u_{AB} + u_{BC} \Rightarrow$

$$4\sqrt{2}\,\cos(100\pi t) = \frac{0{,}1}{100\pi C}\sin(100\pi t + \frac{\pi}{4}) + 4\cos(100\pi t + \pi/4)$$ ¼

Pour t = 0 : $4\sqrt{2} = \dfrac{0{,}1}{100\pi C}\dfrac{\sqrt{2}}{2} + 4\dfrac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow C = 80\mu F$ 1

Troisième Exercice (6 ½ pts)

A- 1) Les deux sources sont synchrones ¼

2) La cohérence ¼

3) Car les fentes sources sont synchrones et cohérentes (ou cohérentes) ¼

B-I- 1-a) **B-I – 1- a)**Tableau ¾

λ (ennm)	470	496	520	580	610
5 i (en mm)	11,75	12,40	13,00	14,50	15,25
i (en mm)	2,35	2,48	2,60	2,90	3,05

b) i- $\frac{i}{\lambda} = \frac{2{,}35\times10^6}{470} = \frac{3{,}05\times10^6}{610} =$ …………..= 5000 = cte positive ½

ii- $\frac{i}{\lambda}\ \alpha = 5000$ ¼

iii- $i = \frac{\lambda D}{a} \Rightarrow \frac{i}{\lambda} = \alpha = 5000$ ¾

2) La relation $i = \frac{\lambda D}{a}$ permet d'écrire : $\frac{i_1}{i_2} = \frac{D_1}{D_2}$. Ainsi $\frac{2{,}48}{3{,}72} = \frac{D}{D+0{,}5} \Rightarrow D = 1$ m **1**

3) $b = 5000 = \frac{D}{a} = \frac{1}{a} \Rightarrow a = 0{,}2$ mm ½

II- 1) $\lambda_{air} = \frac{c}{f}$ **;** $\lambda_{eau} = \frac{V}{f} \Rightarrow \frac{\lambda_{eau}}{\lambda_{air}} = \frac{V}{c} = \frac{1}{n} \Rightarrow \lambda_{eau} < \lambda_{air}$. ½

2) i est proportionnelle à λ ; en passant de l'air dans l'eau, la longueur d'onde ½
diminue, ce qui entraîne une diminution de l'interfrange i et le système de frange parait plus serré

3) $i_{eau} = 1{,}95$ mm ; $\frac{i_{eau}}{i_{air}} = \frac{\lambda_{eau}}{\lambda_{air}} = \frac{1}{n}$; ainsi $\frac{1{,}95}{2{,}6} = \frac{1}{n}$, **1**

d'où : n = 1,33

Quatrième exercice (7 pts)

A- Conservation du nombre de masse: $98 + A = 99 + 1 \Rightarrow A = 2$ ½
Conservation du nombre de charge: $42 + Z = 43 \Rightarrow Z = 1$. ½

B- 1) ${}^{98}_{42}\text{Mo} \longrightarrow {}^{99}_{43}\text{Tc} + {}^{0}_{1}\text{e} + {}^{0}_{0}\bar{\upsilon}$

2) $\Delta m = m_{avant} - m_{après} = 98{,}88437 - 98{,}88235 - 55 \times 10^{-5} = 1{,}47 \times 10^{-3}$ u ½

$E = \Delta m\, c^2 = 1{,}47 \times 10^{-3} \times 931.5\text{MeV}/c^2 \times c^2 = 1{,}37$ MeV ¾

3) a- i) ${}^{99}_{43}\text{Tc}^* \longrightarrow {}^{99}_{43}\text{Tc} + \gamma$ ½

ii) Onde électromagnétique ¼

b- i) La conservation de l'énergie totale donne :

$$m({}^{99}_{43}\text{Tc}^*)c^2 + E^*c = m({}^{99}_{43}\text{Tc})\, c^2 + Ec + E(\gamma) \Rightarrow m({}^{99}_{43}\text{Tc}^*)c^2 = m({}^{99}_{43}\text{Tc})\, c^2 + E(\gamma)$$

$$\Rightarrow m({}^{99}_{43}\text{Tc}^*) = m({}^{99}_{43}\text{Tc}) + \frac{E(\gamma)}{c^2} = 98{,}88235\text{ u} + \frac{0{,}14\text{MeV}/c^2}{931{,}5}\text{ u} = 98{,}88250\text{ u}$$ 1½

ii) $E_1 = \dfrac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \dfrac{hc}{E_1} = \dfrac{6{,}63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{0{,}14 \times 1{,}60 \times 10^{-13}} = 8{,}88 \times 10^{-12}\, m$ ½

C- 1) Le molybdène 99 a une demi-vie 10 fois plus grande que celle du technétium99, il constitue alors une réserve plus durable ½

2) Le nombre des noyaux de ${}^{99}_{42}\text{Mo}$ à la date $t_0 = 0$ est :

$$N_o = \frac{10^{24}}{1{,}66 \times 98{,}88437} = 6{,}09 \times 10^{21}\text{ noyaux.}$$ ½

Le nombre des noyaux de ${}^{99}_{42}\text{Mo}$ à la date t=24 h est

$$N = N_o e^{-\lambda t} = 6{,}09 \times 10^{21}\, e^{-\frac{0{,}693 \times 24}{67}} = 4{,}75 \times 10^{21}\text{noyaux.}$$ ½

Le nombre des noyaux de technétium obtenus au bout de 24 heures est : $N_0 - N = 1{,}34 \times 10^{21}$ noyaux
la masse de Tc est : $1{,}34 \times 10^{21} \times 98{,}88235 \times 1{,}66\ 10^{-27} = 0{,}22$ g ½