RÉPUBLIQUE TUNISIENNE MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION EXAMEN DU BACCALAURÉAT SESSION 2020	Session de contrôle	
	Épreuve : **Sciences physiques**	Section : **Mathématiques**
	Durée : **3h**	Coefficient de l'épreuve: **4**

Le sujet comporte 5 pages numérotées de 1/5 à 5/5.
La page 5/5 est à rendre avec la copie.

Chimie : (7 points)

Exercice 1 (3 points) — Étude d'un document scientifique

Procédé de Haber-Bosch pour la synthèse de l'ammoniac

En 1909, le chimiste allemand Fritz Haber, chercheur à l'Université de Karlsruhe, réussit au laboratoire la synthèse de l'ammoniac à partir du diazote de l'air et du dihydrogène. La réaction mise en jeu est symbolisée par :

$$N_2(g) \; + \; 3\,H_2(g) \rightleftarrows 2\,NH_3(g)$$

Fritz Haber (1868 – 1934)
Prix Nobel de chimie en 1918

Cette réaction présente un rendement (taux d'avancement final) assez faible. Afin d'avoir un bon rendement, il faut la réaliser à basse température et à haute pression. Mais à basse température la réaction est très lente. Il s'agit alors de trouver le catalyseur adéquat pour l'accélérer. Après un nombre considérable d'essais, un catalyseur à base de fer est mis au point, mais il n'est efficace qu'au-delà de 400 °C. Haber arrive alors à réaliser un compromis en choisissant une haute pression d'environ 200 bar et une température proche de 500 °C.

Le chimiste Carl Bosch industrialise la découverte de Haber et, avec la société BASF, le procédé industriel Haber-Bosch voit le jour en 1913 : en partant d'un mélange stœchiométrique de diazote et de dihydrogène, on a pu produire 30 tonnes d'ammoniac par jour ; le rendement de la réaction était de 11 %.

De nos jours, les conditions de réalisation de cette réaction sont optimisées. Elle se fait sous pression d'environ 300 bar, à 500 °C et en présence d'un catalyseur fortement riche en fer.

D'après le site : www.mediachimie.org

1- En se référant au texte :
   a- dégager deux caractères de la réaction de synthèse de l'ammoniac. Justifier ;
   b- préciser le ou les facteur(s) cinétique(s) mis en jeu dans la réaction étudiée, en opérant :
      b_1 - à une température proche de **500 °C** ;
      b_2 - à une température proche de **300 °C**.
2- En faisant appel à la loi de modération, justifier que le choix d'une haute pression, améliore le rendement de la réaction de synthèse de l'ammoniac.
3- Déterminer la masse de diazote nécessaire à la production de 30 tonnes d'ammoniac.
   On donne : $M(N) = 14\ g.mol^{-1}$; $M(H) = 1\ g.mol^{-1}$

Exercice 2 (4 points)

Toutes les solutions sont prises à **25 °C**, température à laquelle le produit ionique de l'eau est : $K_e = 10^{-14}$.
L'acide fluorhydrique **HF** est l'un des rares liquides connus capables de dissoudre le verre. En conséquence, il doit être stocké dans des récipients en plastique. Cet acide a la propriété de pouvoir dissoudre presque tous les oxydes inorganiques, ainsi que la plupart des métaux.
On se propose dans cet exercice, d'étudier le comportement de cet acide en solution aqueuse. Pour ce faire, on prépare une solution aqueuse (S_1) d'acide fluorhydrique de concentration molaire $C_1 = 4.10^{-2}\ mol.L^{-1}$. La mesure du pH de la solution donne : $pH_1 = 2,33$.

On néglige dans ce qui suit, les concentrations des ions provenant de l'ionisation propre de l'eau devant celles des autres espèces présentes dans les solutions d'acide fluorhydrique étudiées.

1- a- Rappeler l'expression du **pH** d'une solution aqueuse d'un monoacide fort de concentration molaire **C**.

b- Déduire que l'acide fluorhydrique est un acide faible.

c- Écrire l'équation de sa réaction avec l'eau.

2- a- Calculer, dans (S_1), la valeur du taux d'avancement final τ_{f_1} de cette réaction.

b- Montrer que la constante d'acidité du couple associé à l'acide fluorhydrique s'exprime par : $K_a = \dfrac{C_1.\tau_{f_1}^2}{1 - \tau_{f_1}}$. Calculer sa valeur.

3- À partir de la solution (S_1), on prépare par dilution avec de l'eau distillée, un volume V_2 = 1 L d'une solution (S_2) de concentration molaire $C_2 = 8.10^{-4}$ mol.L^{-1}.

a- Indiquer le protocole expérimental à suivre pour préparer la solution (S_2).
On donne la liste du matériel disponible : béchers et erlenmeyers de diverses capacités, pipettes jaugées de **10 mL** et de **20 mL**, fioles jaugées de **50 mL**, de **100 mL** et de **1000 mL**.

b- Montrer que dans la solution (S_2), la valeur du taux d'avancement final de la réaction de l'acide fluorhydrique avec l'eau est : τ_{f_2} = **0,57**.

c- Indiquer alors, l'effet de la dilution sur l'ionisation de cet acide dans l'eau.

Physique (13 points)
Exercice 1 (3,25 points)

On dispose au laboratoire de deux dipôles D_1 et D_2. L'un des deux dipôles est une bobine d'inductance **L = 1 H** et de résistance **r** et l'autre est un conducteur ohmique de résistance **R**. Pour identifier les deux dipôles et déterminer les valeurs de **E**, **R** et **r**, on réalise le circuit de la **figure 1**. Il comporte, montés en série, les dipôles D_1 et D_2, un générateur de tension idéal de fem **E** et un interrupteur **(K)**. À un instant pris comme origine des temps, on ferme l'interrupteur **(K)** et à l'aide d'un oscilloscope à mémoire numérique, on enregistre l'évolution au cours du temps des tensions $u_{D_1}(t)$ et $u_{D_2}(t)$. Les courbes obtenues sont représentées sur la **figure 2**.

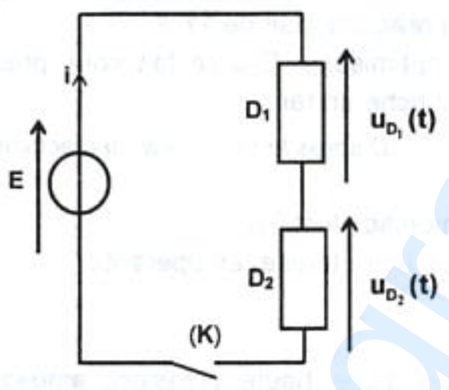

figure 1

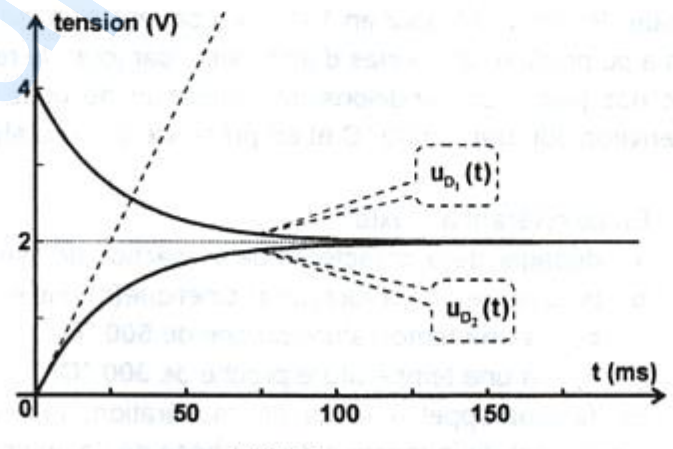

figure 2

L'équation différentielle régissant l'évolution de l'intensité **i(t)** du courant traversant le circuit est :

$\dfrac{di(t)}{dt} + \dfrac{1}{\tau}\,i(t) = \dfrac{E}{L}$; où τ est la constante de temps du circuit. Cette équation admet une solution de la forme : $i(t) = I_0\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$; où I_0 est l'intensité du courant traversant le circuit en régime permanent.

1- Les courbes de la **figure 2** montrent que l'établissement d'un courant continu dans le circuit n'est pas instantané.

a- Nommer le phénomène physique mis en évidence par cette expérience.

b- Préciser l'élément du circuit responsable de ce phénomène.

2- a- Donner l'expression de la tension $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique en fonction de **R**, I_0, τ et **t**.

b- Vérifier, qu'à tout instant, la tension $u_b(t)$ aux bornes de la bobine s'exprime par :

$$u_b(t) = E\,e^{-\frac{t}{\tau}} + r\,I_0\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right).$$

c- Identifier, parmi les deux dipôles D_1 et D_2, celui qui correspond au conducteur ohmique. Justifier.

3- En exploitant les courbes de la **figure 2**, déterminer :

a- la valeur de **E** ;

b- la valeur de τ.

4- Déduire les valeurs de **R** et **r**.

Exercice 2 (6,75 points)

Les parties I et II peuvent être traitées indépendamment l'une de l'autre.

Un Mobile **(M)** de centre d'inertie **G** et de masse **m** peut glisser sans frottements sur un banc à coussin d'air horizontal. Le mobile est accroché à l'une des extrémités d'un ressort **(R)** à spires non jointives, de masse négligeable et de raideur **k**. L'autre extrémité du ressort est attachée à un support fixe comme l'indique la **figure 3**. Le mobile est équipé d'une palette de masse négligeable qui plonge dans une cuve contenant un liquide visqueux. Au cours de son mouvement, le mobile est soumis à des frottements dont la résultante est $\vec{f} = -h\vec{v}$; où $\vec{v}$ est la vitesse instantanée du centre d'inertie **G** de **(M)** et **h** est le coefficient de frottement.

Le centre d'inertie **G** de **(M)** est repéré par son abscisse **x** dans le repère $(O, \vec{i})$. L'origine **O** correspond à la position de **G** lorsque **(M)** est au repos.

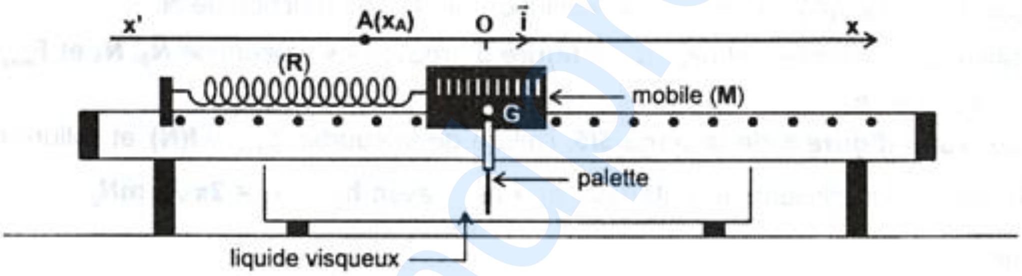

figure 3

On réalise avec le dispositif de la **figure 3**, les deux expériences suivantes :

I- Expérience 1 :

On déplace le mobile **(M)** vers la gauche jusqu'à ce que son centre d'inertie **G** coïncide avec le point **A** d'abscisse x_A **= - 5 cm**, puis on le lâche sans vitesse initiale à l'instant **t = 0**. Un dispositif approprié, non représenté sur la **figure 3**, permet d'enregistrer l'évolution au cours du temps de la tension du ressort **T(t)** et de la force de frottement **f(t)**. Pour une valeur h_0 du coefficient de frottement, on obtient les courbes $(\mathscr{C}_1)$ et $(\mathscr{C}_2)$ représentées sur la **figure 4 de la page 5/5**.

1- a- Donner l'expression de la tension **T(t)** en fonction de **k** et **x(t)**.

b- Justifier que la courbe $(\mathscr{C}_2)$ correspond à **f(t)**.

2- En exploitant les courbes de la **figure 4**, déterminer :

a- la valeur de la raideur **k** du ressort ;

b- la valeur de la pseudo-période des oscillations de **G**.

3- En admettant que la pseudo-période est égale à la période propre de l'oscillateur, déterminer la valeur de la masse **m** du mobile **(M)**.

4- a- Montrer qu'à tout instant, l'énergie mécanique **E** du système {**(M)** + **(R)**} peut s'écrire sous la forme :

$$E(t) = \frac{1}{2k}T^2(t) + \frac{m}{2h_0^2}f^2(t).$$

b- Calculer l'énergie perdue par le système {**(M)** + **(R)**} entre les instants **t = 0** et t_1**= 1,7 s**.

II- Expérience 2 :

On prendra dans ce qui suit **m = 80 g** et on règlera la valeur du coefficient de frottement à une valeur h_1.

À l'aide d'un dispositif approprié, on applique sur le mobile **(M)** une force excitatrice $\vec{F}(t) = F_{max}\sin(2\pi Nt)\,\vec{i}$ d'amplitude F_{max} constante et de fréquence **N** réglable. Le centre d'inertie **G** de **(M)** effectue alors des oscillations forcées régies par l'équation différentielle suivante : $m\dfrac{d^2x(t)}{dt^2} + h_1\dfrac{dx(t)}{dt} + kx(t) = F(t)$.

Cette équation admet une solution de la forme : $x(t) = X_{max}\sin(2\pi Nt + \varphi_x)$; avec

$$X_{max} = \frac{F_{max}}{\sqrt{(2\pi h_1 N)^2 + (k - 4\pi^2N^2m)^2}}.$$

L'amplitude X_{max} des oscillations de G prend une valeur maximale pour une valeur N_1 de la fréquence **N** de la force excitatrice donnée par : $N_1 = \sqrt{N_0^2 - \dfrac{h_1^2}{8\pi^2m^2}}$; N_0 étant la fréquence propre de l'oscillateur.

1- Nommer le phénomène dont l'oscillateur est le siège pour $N = N_1$.

2- a- Montrer que la valeur maximale V_{max} de la vitesse **v(t)** du centre d'inertie **G** de **(M)** s'exprime par :

$$V_{max} = \frac{F_{max}}{\sqrt{h_1^2 + \left(\dfrac{k}{2\pi N} - 2\pi Nm\right)^2}}.$$

b- En déduire que V_{max} prend une valeur maximale pour $N = N_0$.

3- Les courbes ($\mathscr{C}_3$) et ($\mathscr{C}_4$) de la **figure 5 de la page 5/5**, traduisent l'évolution de T_{max} et f_{max} en fonction de la fréquence **N** de la force excitatrice ; T_{max} et f_{max} désignent respectivement les amplitudes de la tension **T(t)** et de la force de frottement **f(t)**.

a- Justifier que la courbe ($\mathscr{C}_3$) correspond à l'évolution de T_{max} en fonction de **N**.

b- En exploitant les courbes ($\mathscr{C}_3$) et ($\mathscr{C}_4$) de la **figure 5**, trouver les valeurs de N_0, N_1 et F_{max}.

c- Déduire la valeur de h_1.

d- Représenter sur la **figure 5 de la page 5/5**, l'allure de la courbe $T_{max} = f(N)$ et l'allure de la courbe $f_{max} = f(N)$ pour un coefficient de frottement $h_2 > h_1$; avec $h_2 < h_\ell = 2\pi\sqrt{2}\,mN_0$.

<u>**Exercice 3**</u> **(3 points)**

L'iode $^{131}_{53}I$ constitue un produit de fission particulièrement redouté quand il est relâché dans l'atmosphère à la suite d'explosions de bombes atomiques ou d'un accident comme celui de Tchernobyl. Le danger provient du fait qu'il est aisément volatil et extrêmement radioactif. Respiré, il se concentre dans la thyroïde et pouvant être à l'origine de cancers de cette glande sensible qui fixe l'iode.

1- Définir un noyau radioactif.

2- L'iode 131, de période radioactive **T = 8 jours**, est émetteur β^-. Il se désintègre en un noyau de xénon selon l'équation : $^{131}_{53}I \rightarrow {}^{A}_{Z}Xe + \beta^- + \gamma$

a- Déterminer la composition du noyau de xénon **Xe**.

b- Déterminer l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau d'iode 131.

c- On suppose que le noyau de xénon formé est au repos. Déduire l'énergie emportée par la particule β^- sachant que l'énergie du rayonnement γ émis lors du retour du noyau de xénon à son état fondamental est $E_\gamma = 0{,}268$ MeV.

3- L'activité de l'iode 131 rejeté lors de l'explosion de Tchernobyl est évaluée à : $A_0 = 1{,}76.10^{18}$ Bq. Déterminer le nombre de noyaux d'iode 131 rejetés lors de cette explosion.

On donne : $m(^{131}_{53}I) = 130{,}906126$ u ; $m(^{A}_{Z}Xe) = 130{,}905084$ u ; $m(\beta^-) = 0{,}000549$ u ;
$1\text{ u} = 931{,}5\text{ MeV.c}^{-2}$.

Section : . . . . N° d'inscription : . . . . Série : . . . .

Nom et Prénom : . . . .

Date et lieu de naissance : . . . .

Signatures des surveillants

. . . .

. . . .

Épreuve: Sciences physiques - Section : Mathématiques

Session de contrôle (2020)

Annexe à rendre avec la copie

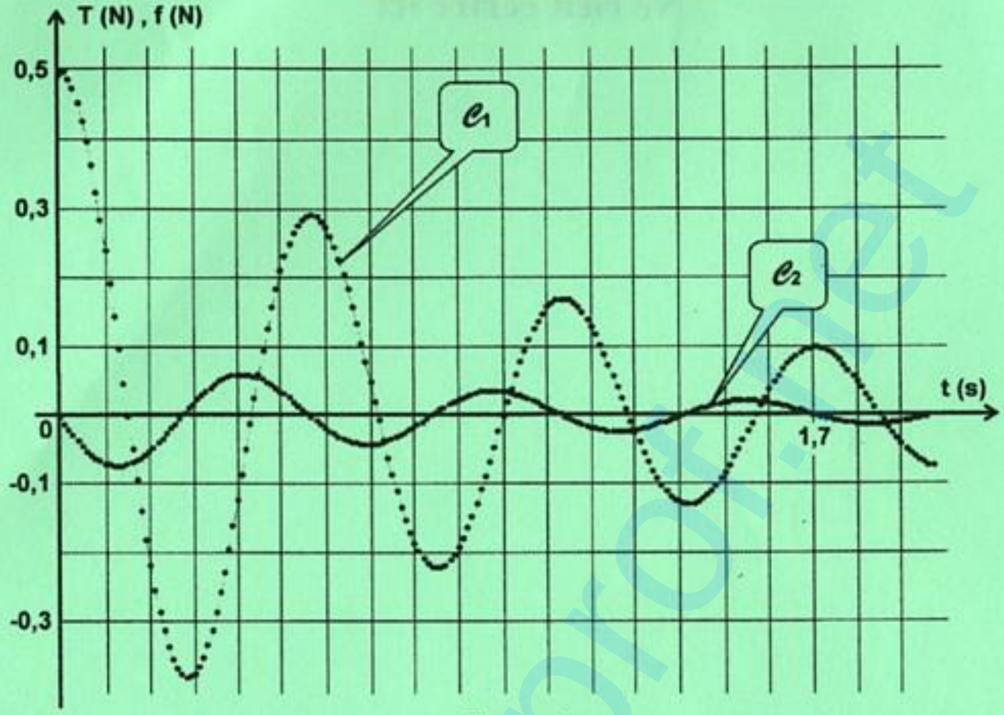

figure 4

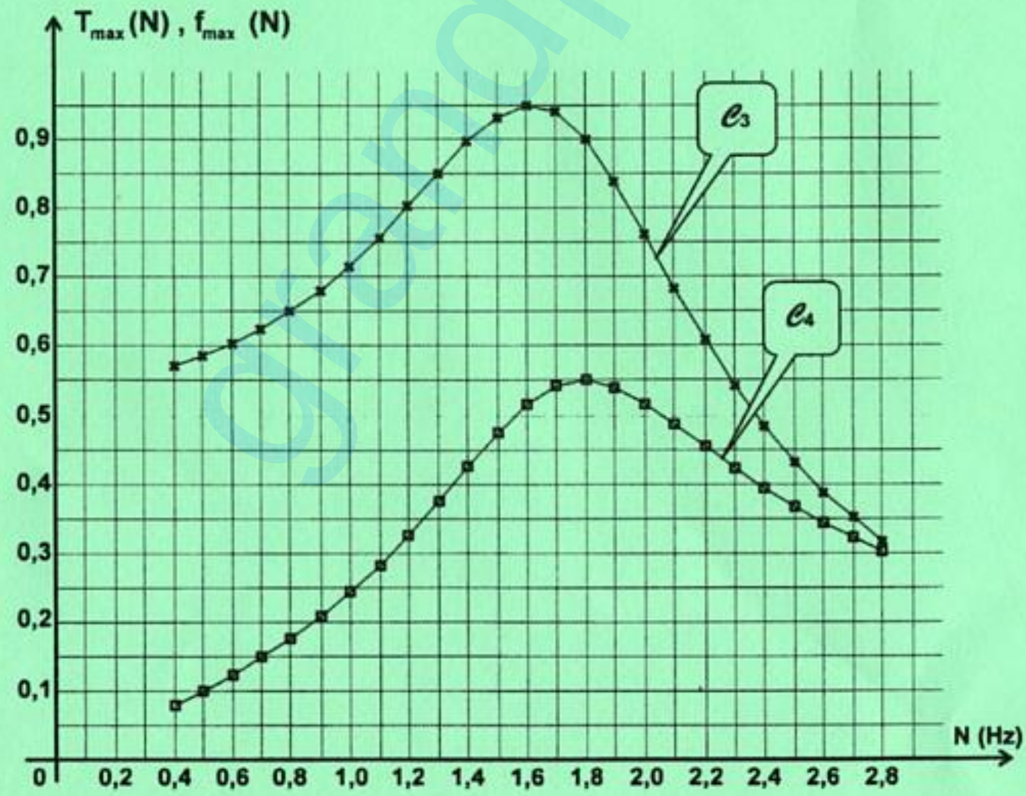

figure 5