DM n°6 – TS1 2011
Décharge d'un condensateur & technétium

Exercice I – Étude de la décharge d'un condensateur

Le but de cet exercice est d'étudier la décharge d'un condensateur dans une résistance R, puis dans une inductance pure L, et enfin dans un circuit RL. On procède tout d'abord à une étude expérimentale, puis on mène dans un second temps une étude théorique permettant d'interpréter les résultats expérimentaux.

Les différentes parties de cet exercice sont largement indépendantes.

Cet exercice comporte deux annexes, notées ANNEXES 1 et 2, pages 3 et 4

1. Étude du circuit RC

Pour l'étude de la réponse à un échelon de tension d'un dipôle RC, on utilise le montage de la figure 1 de l'annexe 1, page 3 (à rendre avec la copie). Les deux flèches disposées aux nœuds A et B du circuit sont reliées aux entrées d'un système d'acquisition par ordinateur, ainsi que la masse M qui est commune au générateur et au système d'acquisition.

Pour ce montage, on a utilisé $R = 9,1$ kΩ et $C = 220$ μF.

On obtient les enregistrements reproduits sur la figure 2 de l'annexe 1.

1.a. On considère tout d'abord que l'interrupteur à deux voies (K) est positionné sur (1). Sur le schéma de la figure 1, indiquer par des flèches les tensions u_C et u_R aux bornes du condensateur et de la résistance, ainsi que l'intensité i dans ces composants.

1.b. Avant de lancer une acquisition, on veut être certain que le condensateur C est bien déchargé. Comment peut-on procéder pour le décharger complètement ?

2. Étude de la charge du condensateur

2.a. On lance une acquisition. Expliquer quelle(s) opération(s) il faut effectuer sur l'interrupteur (K) pour obtenir les tensions représentées sur la figure 2. Quelle est la tension détectée par la voie marquée Y_1 ? Par la voie Y_2 ? Compléter alors les pointillés (...) au niveau des flèches indiquant les branchements du système d'acquisition sur la figure 1.

2.b. Quelle est la valeur de la tension délivrée par le générateur en fin de charge ? Même question pour la tension aux bornes du condensateur.

2.c. Effectuer une détermination graphique de la constante de temps τ_1. Le tracé effectué doit être apparent sur la figure 2.

2.d. Donner la relation liant τ_1 à R et C. Effectuer l'application numérique et comparer cette valeur théorique avec la valeur expérimentale obtenue par lecture graphique sur l'enregistrement.

3. Étude de la décharge du condensateur

Le condensateur étant chargé sous la tension maximale, on bascule l'interrupteur (K) en position (2).

3.a. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C aux bornes du condensateur.

3.b. Montrer que :

$$u_C(t) = K\,\mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau_2}}$$

est solution de l'équation différentielle, K et τ_2 étant des constantes dont on donnera l'expression.

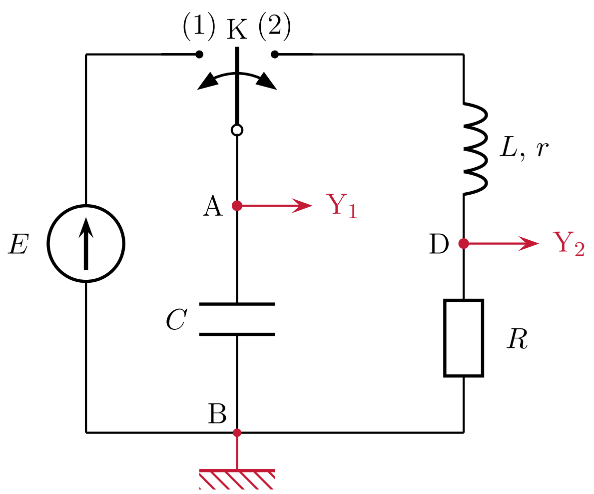
Pour terminer, comparer la constante de temps τ_2 de décharge à la constante de temps τ_1 de charge.

3.c. Au bout de combien de temps peut-on admettre que le condensateur est déchargé ? Justifier.

4. Décharge du condensateur dans une bobine

Pour l'étude des oscillations libres d'un circuit RLC, on utilise le montage représenté ci-dessous.

Un système d'acquisition par ordinateur est connecté aux nœuds A et D du circuit, ainsi qu'à la masse B qui est commune au générateur et au système d'acquisition. On enregistre l'évolution des tensions aux bornes du condensateur C et de la résistance R.



Le condensateur C est préalablement chargé sous la tension E, en plaçant l'interrupteur (K) en position (1). L'interrupteur est alors basculé en position (2) ; c'est à cet instant que commence l'acquisition des données.

4.a. On se place dans le cas où la résistance de la résistance totale de la branche comportant la bobine est nulle (donc $R + r = 0$). Établir l'équation différentielle vérifiée par q, q étant la charge portée par l'armature A du condensateur.

4.b. En déduire la période propre T_0 des oscillations. Solution proposée pour l'équation différentielle précédente :

$$q(t) = \mathbb{Q}_{\mathrm{m}} \cos\left(2\pi\frac{t}{T_0} + \varphi_0\right)$$

5. Décharge du condensateur dans un circuit RL

Dans la pratique, la résistance totale $R + r$ de la branche comportant la bobine n'est pas négligeable ($r = 14\ \Omega$ pour la résistance de la bobine et $R \neq 0\ \Omega$). On réalise trois expériences afin d'étudier l'influence des différents paramètres sur les oscillations. Les graphiques a, b et c de l'annexe 2 page 4 représentent les variations de la tension u_{AB} et de l'intensité du courant i dans le circuit, quand l'interrupteur (K) est sur la position (2).

Le tableau ci-dessous indique les paramètres utilisé lors des trois expériences. Le lien entre les trois graphiques (a-b-c) et les trois expériences ($\mathrm{E_1}$-$\mathrm{E_2}$-$\mathrm{E_3}$) fait l'objet d'une question ultérieure.

Expériences	R (Ω)	L (H)	C (μF)
$\mathrm{E_1}$	100	1,0	4,0
$\mathrm{E_2}$	300	0,2	4,0
$\mathrm{E_3}$	300	1,0	4,0

5.a. À l'aide des données du tableau, calculer les périodes propres T_{01}, T_{02} et T_{03} correspondant aux expériences $\mathrm{E_1}$, $\mathrm{E_2}$ et $\mathrm{E_3}$.

5.b. Mesurer graphiquement la pseudo-période T_{a}, T_{b} et T_{c} des oscillations sur chacun des graphiques a, b et c (laissez vos mesures apparentes sur les trois figures de l'annexe 1).

5.c. Dans les conditions de l'expérience, on suppose que l'on peut confondre la période propre avec la pseudo-période des oscillations amorties. Faire alors correspondre chaque graphique (a-b-c) à une des trois expériences ($\mathrm{E_1}$-$\mathrm{E_2}$-$\mathrm{E_3}$), en justifiant.

Exercice II – Utilisation du technétium en médecine nucléaire

La médecine nucléaire consiste à introduire des substances radioactives à l'intérieur d'un organisme vivant à des fins de diagnostic et de thérapeutique. L'histoire de la médecine nucléaire est étroitement liée à celle de la physique nucléaire. Dès 1903 fut reconnue l'action bénéfique des rayons du radium pour le traitement des tumeurs cancéreuses : c'était la naissance de la radiothérapie. Mais c'est principalement la découverte de la radioactivité artificielle en 1934 par Irène et Frédéric Joliot-Curie qui a mis à la disposition des médecins et des biologistes une grande variété d'isotopes radioactifs conduisant à l'établissement de diagnostics précis.

Actuellement, le technétium 99 est très utilisé en médecine nucléaire car il présente les avantages suivants :

- sa durée de vie est courte et réduit l'irradiation du patient tout en étant compatible avec la durée de l'examen ;
- il peut être associé à de nombreuses molécules, ce qui permet l'étude de nombreux organes ;
- il est moins coûteux que d'autres isotopes radioactifs ;
- et enfin il peut être facilement mis à la disposition des médecins.

1. Découverte du technétium

Le technétium est un élément chimique de numéro atomique 43. Son nom vient du grec « technetos » qui signifie « artificiel ». C'est en effet le premier élément chimique produit sans avoir été découvert dans la nature. Tous les isotopes connus du technétium sont radioactifs. En 1937, Carlo Perrier et Émilio Segré ont synthétisé l'isotope 97 du technétium en bombardant du molybdène 96 avec du deutérium.

1.1. À quelles conditions dit-on que deux noyaux sont isotopes ?

1.2. Énoncer les lois de conservation qui régissent les réactions nucléaires.

1.3. Écrire l'équation de la réaction nucléaire de synthèse du technétium 97 sachant qu'une particule est émise. Nommer cette particule.

2. Production actuelle du technétium 99

Actuellement pour fabriquer du technétium 99, il existe des générateurs molybdène/technétium à l'intérieur desquels le molybdène 99 se désintègre en technétium 99.

2.1. Écrire l'équation de la désintégration du molybdène 99. De quel type de radioactivité s'agit-il ?

2.2. Calculer en joules et en MeV l'énergie libérée lors de la désintégration d'un noyau de molybdène 99.

3. Scintigraphie osseuse au technétium 99

Un patient va subir une scintigraphie osseuse. Cet examen se déroule en deux temps :

- l'injection intraveineuse d'un produit appelé diphosphonate marqué au technétium 99, ce produit se fixe préférentiellement sur les lésions osseuses du squelette (sa captation est maximale au bout de trois heures) ;
- le technétium 99 produit est ensuite détecté par une gamma-caméra. Celle-ci fournit une image du

squelette appelée scintigraphie où peuvent apparaître des zones fortement colorées indiquant une inflammation, un abcès ou une métastase.

Un mardi à 14h, une infirmière injecte au patient une dose de technétium 99 d'activité $\mathcal{A} = 555$ MBq. Le temps de demi-vie du technétium 99 est $t_{1/2} = 6,0$ heures.

3.1. Définir le terme « temps de demi-vie ».

Le nombre $N(t)$ de noyaux radioactifs de technétium 99 présents dans la dose injectée au patient suit une loi de décroissance :

$$N(t) = N_0 \mathrm{e}^{-\lambda t}$$

La relation entre la constante radioactive λ et le temps de demi-vie $t_{1/2}$ est :

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

On rappelle que l'activité $\mathcal{A}(t)$ d'un échantillon de noyaux radioactifs est définie par :

$$\mathcal{A}(t) = \left| \frac{\mathrm{d}N(t)}{\mathrm{d}t} \right|$$

3.2. Montrer que l'expression de l'activité peut se mettre sous la forme :

$$\mathcal{A}(t) = \mathcal{A}_0 \mathrm{e}^{-\lambda t}$$

3.3. Calculer le nombre de noyaux de technétium 99 reçus par le patient lors de l'injection.

3.4. À la fin de l'examen, l'activité du patient est égale à 63 % de sa valeur mesurée à 14h, juste après l'injection. À quelle heure se termine l'examen ?

Noyau	Technétium 97	Technétium 99	Molybdène 96	Molybdène 99	Deutérium
Symbole	${}^{97}_{43}\mathrm{Tc}$	${}^{99}_{43}\mathrm{Tc}$	${}^{96}_{42}\mathrm{Mo}$	${}^{99}_{42}\mathrm{Mo}$	${}^{2}_{1}\mathrm{H}$

Particule ou noyau	Technétium 99	Molybdène 99	Proton	Neutron	Électron
Masse en u	98,88235	98,88437	1,00728	1,00866	0,00055

Unité de masse atomique	$1 \text{ u} = 1,660\,54 \times 10^{-27}$ kg
Célérité de la lumière dans le vide	$c = 3,00 \times 10^{8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Électronvolt	$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19}$ J
Énergie de masse de l'unité de masse atomique	$E = 931,5$ MeV

ANNEXE 1 — À rendre avec la copie

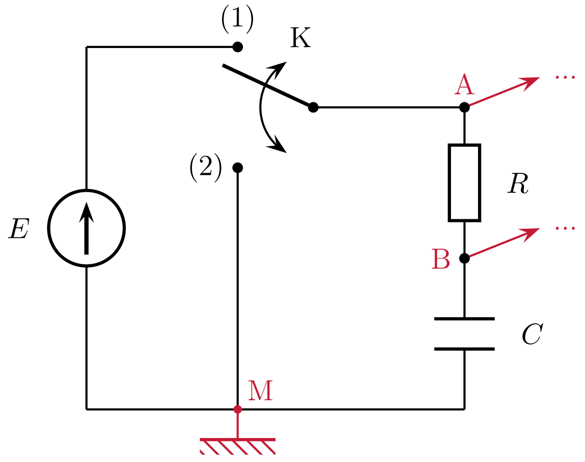


Figure 1 — Circuit *RC*

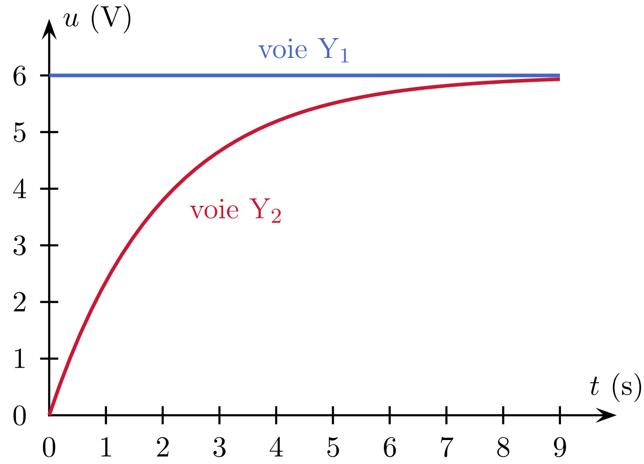
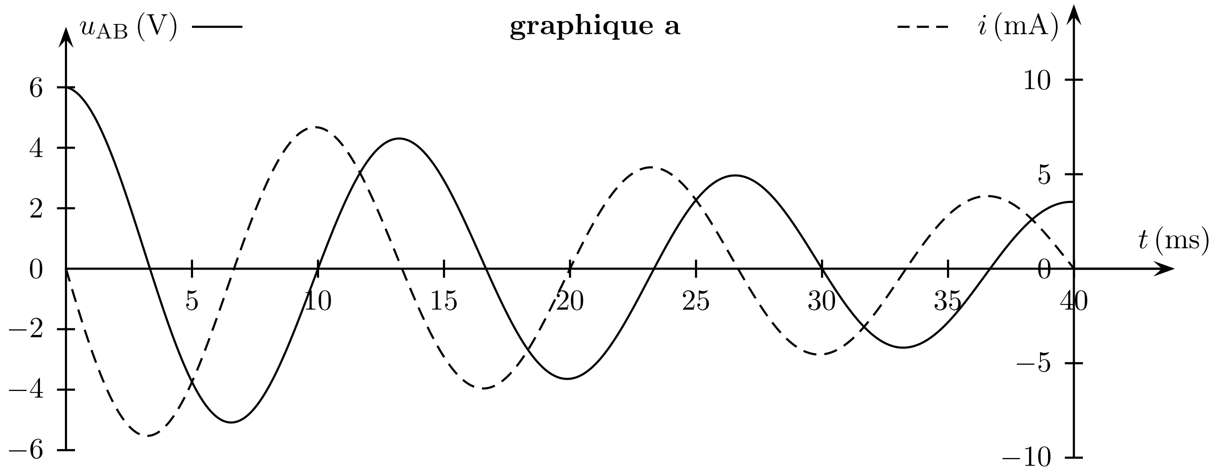
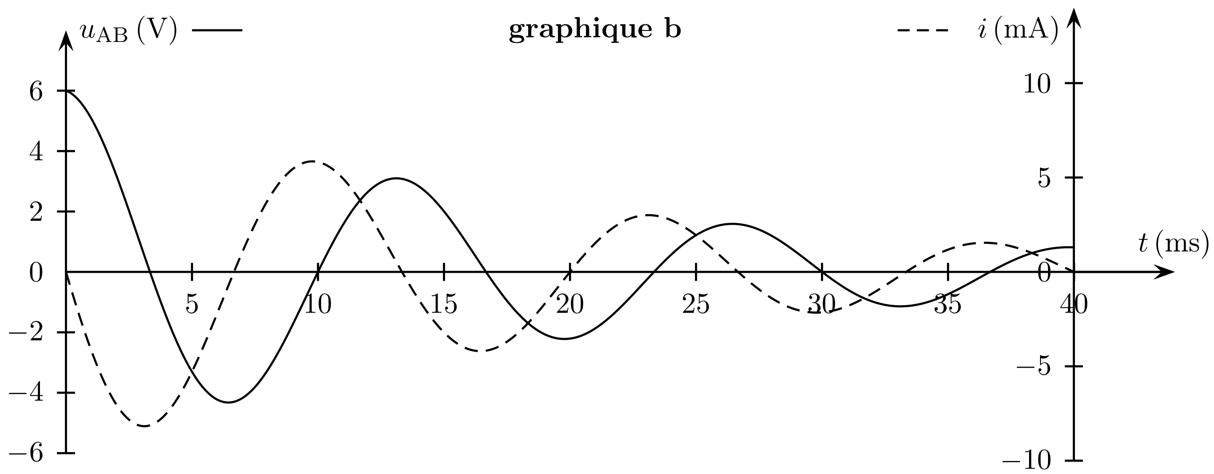
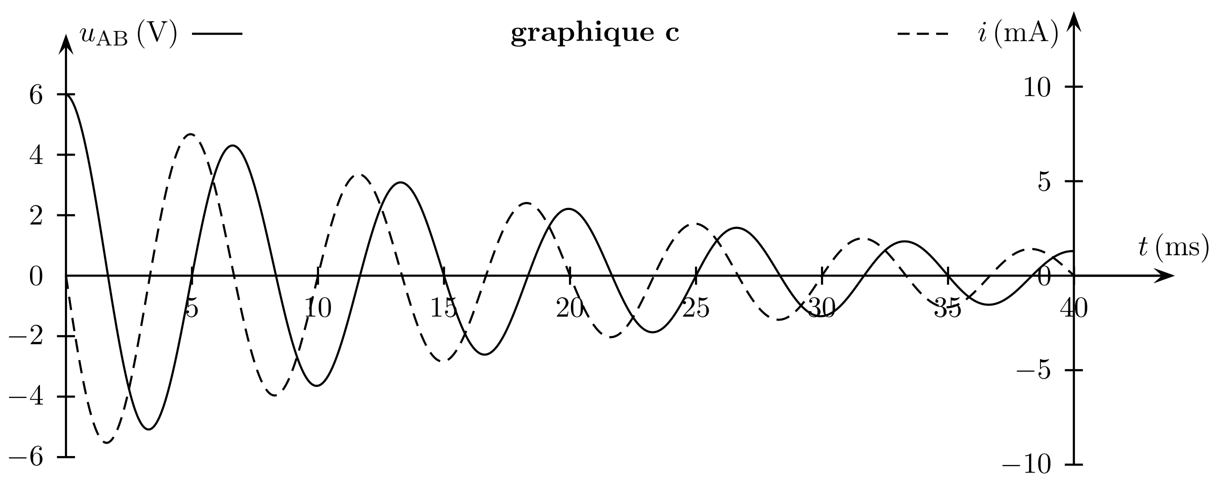


Figure 2 — Enregistrement effectué avec le circuit *RC*

ANNEXE 2 — À rendre avec la copie





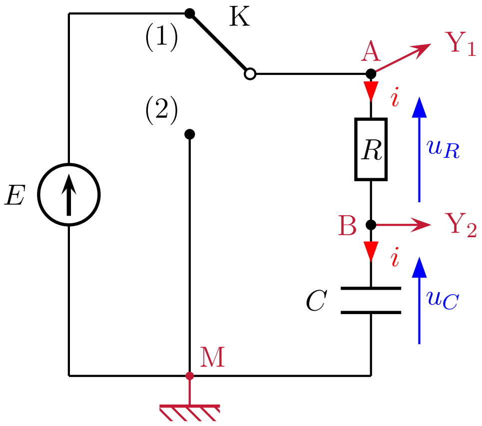


Corrigé du DM n°6 – TS1 2011
Décharge d'un condensateur & technétium

Exercice I – Étude de la décharge d'un condensateur

1. Étude du circuit RC

1.a. u_C aux bornes de C, u_R aux bornes de R, toutes deux en sens inverse de i (convention récepteur) :



1.b. On relie les deux bornes du condensateur par un fil, ou même on abaisse l'interrupteur (K) en position (2) pendant un temps *suffisamment* long.

2. Étude de la charge du condensateur

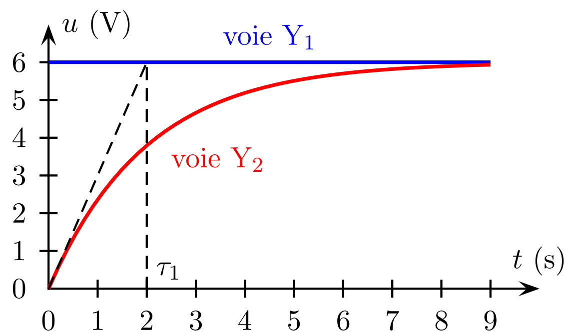
2.a. Il faut lancer l'acquisition puis positionner l'interrupteur (K) en position (1).

La voie Y_1 est branchée au nœud A, où on a la tension aux bornes du dipôle RC par rapport à la masse. La voie Y_2 est branchée sur le nœud B, où on a la tension aux bornes du condensateur C.

2.b. Le générateur étant supposé parfait, la tension E à ses bornes vaut toujours 6 V, quelque soit l'intensité demandée;

Lorsque le condensateur est chargé, l'intensité du courant dans le circuit s'annule : $i = 0$ A donc $u_R = Ri = 0$ V, et $E = u_R + u_C$ donc $u_C = E = 6$ V. Alternativement on peut lire cette valeur sur la figure 2 de l'annexe 2, pour $t \to \infty$.

2.c. Tracé de la tangente à l'origine : $\tau_1 = 2{,}0$ s.



2.d. Application numérique :

$$\tau_1 = RC = 9{,}1 \times 10^3 \times 220 \times 10^{-6} = 2{,}0 \text{ s}$$

Il y a accord parfait.

3. Étude de la décharge du condensateur

3.a. On utilise les relations connues :

$$q = Cu_C \quad ; \quad i = \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} \quad ; \quad u_R = Ri$$

$$\Rightarrow \quad i = C\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$$

Loi d'additivité des tensions :

$$0 = u_R + u_C \quad \Rightarrow \quad 0 = RC\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + u_C$$

D'où l'équation différentielle demandée :

$$\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{RC}u_C = 0$$

3.b. En remplaçant la forme proposée dans l'équation différentielle :

$$\left(-\frac{K}{\tau_2} + \frac{K}{RC}\right)\mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau_2}} \quad \overset{\forall t}{\Rightarrow} \quad \tau_2 = RC$$

$\tau_2 = RC$, égale à τ_1.

3.c. Décharge quasi-complète du condensateur pour $t = 5\tau$. À cette date, u_C a 1 % de sa valeur initiale, puisque :

$$\mathrm{e}^{-5} \simeq 0{,}01$$

4. Décharge du condensateur dans une bobine

4.a. On utilise les relations connues :

$$u_C = \frac{q}{C} \quad ; \quad i = \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} \quad ; \quad u_L = L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$$

$$\Rightarrow \quad u_L = L\frac{\mathrm{d}^2q}{\mathrm{d}t^2}$$

Loi d'additivité des tensions :

$$u_C + u_L = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{q}{C} + L\frac{\mathrm{d}^2q}{\mathrm{d}t^2} = 0$$

D'où l'équation différentielle demandée :

$$\frac{\mathrm{d}^2q}{\mathrm{d}t^2} + \frac{1}{LC}q = 0$$

4.b. Vérifions que la charge :

$$q = \mathbb{Q}_\mathrm{m}\cos\left(2\pi\frac{t}{T_0} + \varphi_0\right)$$

est solution de l'équation différentielle, $\mathbb{Q}_\mathrm{m}$ étant l'amplitude, T_0 la période propre et φ_0 la phase à l'origine. On dérive deux fois cette tension par rapport au temps :

$$\frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} = -\frac{2\pi}{T_0}\mathbb{Q}_\mathrm{m}\sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t+\varphi_0\right)$$

$$\frac{\mathrm{d}^2q}{\mathrm{d}t^2} = -\frac{4\pi^2}{T_0^2}\mathbb{Q}_\mathrm{m}\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t+\varphi_0\right)$$

Dans cette dernière formule, on reconnaît la charge q elle-même :

$$\frac{\mathrm{d}^2q}{\mathrm{d}t^2} = -\frac{4\pi^2}{T_0^2}q$$

On remplace cette dernière forme dans l'équation différentielle trouvée précédemment :

$$-\frac{4\pi^2}{T_0^2}q+\frac{1}{LC}q=0$$

En multipliant tout par LC et en factorisant par q :

$$\Leftrightarrow \quad \left(-\frac{4\pi^2}{T_0^2}LC+1\right)q=0$$

On remplace q par la solution proposée dans cette dernière équation :

$$\Rightarrow \quad \left(-\frac{4\pi^2}{T_0^2}LC+1\right)Q_\mathrm{m}\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t+\varphi_0\right)=0$$

Pour que ce produit soit nul quelque soit le temps t, il faut qu'au moins l'un des deux termes soit nul, en l'occurence le terme constant :

$$\Rightarrow \quad -\frac{4\pi^2}{T_0^2}LC+1=0$$

$$\Leftrightarrow \quad T_0=2\pi\sqrt{LC}$$

5. Décharge du condensateur dans un circuit RL

a. On applique la formule précédente : $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$, ce qui donne :

$$\begin{cases} T_{01} = 13 \text{ ms} \\ T_{02} = 5,6 \text{ ms} \\ T_{03} = 13 \text{ ms} \end{cases}$$

b. Il faut être habile pour les mesures des périodes. Si l'on se focalise sur la sinusoïde en pointillés correspondant au courant i (partant de zéro à $t=0$), on compte exactement trois périodes pour a et b, et six pour c, dans l'intervalle de 40 ms montré par l'acquisition. D'où les valeurs :

$$\begin{cases} T_\mathrm{a} = 13 \text{ ms} \\ T_\mathrm{b} = 13 \text{ ms} \\ T_\mathrm{c} = 6,7 \text{ ms} \end{cases}$$

c. Les acquisitions b et c correspondent à une atténuation plus forte que l'acquisition a (comparer les maximums locaux de u_C à $t = 40$ ms) : elles doivent donc correspondre à une résistance R plus forte : expériences E_2 et E_3 (il y avait une erreur d'énoncé : $R = 300\ \Omega$ pour l'expérience 2 et pas $100\ \Omega$).
Les acquisitions a et b ont la même pseudopériode : expériences E_1 et E_3.
D'ou les correspondances :

a $\leftrightarrow \mathrm{E}_1$ b $\leftrightarrow \mathrm{E}_3$ c $\leftrightarrow \mathrm{E}_2$

Exercice II - Utilisation du technétium en médecine nucléaire

1. Découverte du technétium

1.1. Deux noyaux sont isotopes si ils ont même nombre de protons (même nombre de charge Z), mais un nombre de neutrons différents (nombre de masse A différent, avec $N = A - Z$ le nombre de neutrons).

1.2. Lors d'une réaction nucléaire, on a :
- conservation du nombre de charges Z ;
- conservation du nombre de masses A.

Ces lois de conservation sont aussi appelées lois de Soddy.

1.3. Équation de la réaction nucléaire de synthèse :

$${}^{96}_{42}\mathrm{Mo} \;+\; {}^{2}_{1}\mathrm{H} \;\rightarrow\; {}^{97}_{43}\mathrm{Tc} \;+\; {}^{A}_{Z}\mathrm{X}$$

Écriture des lois de conservation :

$$\begin{cases} 96+2 = 97+A \\ 42+1 = 43+Z \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A=-1 \\ Z=0 \end{cases}$$

La particule restante est donc un neutron :

$${}^{96}_{42}\mathrm{Mo} \;+\; {}^{2}_{1}\mathrm{H} \;\rightarrow\; {}^{97}_{43}\mathrm{Tc} \;+\; {}^{1}_{0}\mathrm{n}$$

2. Production actuelle du technétium

2.1. Équation de la désintégration du molybdène 99 :

$${}^{99}_{42}\mathrm{Mo} \;\rightarrow\; {}^{99}_{43}\mathrm{Tc} \;+\; {}^{A}_{Z}\mathrm{X}$$

Écriture des lois de conservation :

$$\begin{cases} 99 = 99+A \\ 42 = 43+Z \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A=0 \\ Z=-1 \end{cases}$$

La particule émise est donc un electron, il s'agit d'une radioactivité β^- :

$${}^{99}_{42}\mathrm{Mo} \;\rightarrow\; {}^{99}_{43}\mathrm{Tc} \;+\; {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$$

2.2. Calcul de la différence d'énergie de masse entre les réactifs et les produits :

$$E = \left[m\left({}^{99}_{43}\mathrm{Tc}\right)+m\left({}^{0}_{-1}\mathrm{e}\right)-m\left({}^{99}_{42}\mathrm{Mo}\right)\right]\cdot c^2$$

Pour l'application numérique, on peut laisser toutes les masses en unité de masse atomique (conversion en kilogrammes inutile), et utiliser directement la valeur de l'énergie de l'unité de masse atomique 931,5 MeV :

$$\begin{aligned} E &= [98,882\,35 + 0,000\,55 - 98,88437] \times 931,5 \\ &= -1,369 \text{ MeV} \end{aligned}$$

Cette énergie est négative car elle est dégagée, perdue par le système (convention thermodynamique ou convention « du banquier »). Conversion des MeV en joules :

$$E = -1,369 \times 10^6 \times 1,60 \times 10^{-19} = -2,19 \times 10^{-13} \text{ J}$$

3. Scintigraphie osseuse à l'aide du technétium

3.1. Le temps de demi-vie est le temps au bout duquel la moitié des noyaux radioactifs d'un échantillon donné se sont désintégrés :

$$N\left(t_{1/2}\right) = \frac{N_0}{2} \quad \text{ou} \quad N\left(t + t_{1/2}\right) = \frac{N(t)}{2}$$

3.2. Remplaçons la loi de décroissance exponentielle $N(t)$ dans la définition de l'activité, et dérivons cette expression par rapport au temps :

$$A(t) = \left| -\lambda N_0 \, \mathrm{e}^{-\lambda t} \right|$$

Posons $A_0 = \lambda N_0$, activité des N_0 noyaux initiaux :

$$\Rightarrow \quad A(t) = \left| -A_0 \, \mathrm{e}^{-\lambda t} \right|$$

On élimine le signe moins avec la valeur absolue, la constante A_0 et l'exponentielle étant toutes deux positives :

$$\Rightarrow \quad A(t) = A_0 \, \mathrm{e}^{-\lambda t} \qquad \text{c. q. f. d.}$$

3.3. Le nombre de noyaux radioactifs à l'état initial est :

$$A_0 = \lambda N_0 \quad \Leftrightarrow \quad N_0 = \frac{A_0}{\lambda}$$

L'activité initiale vaut $A_0 = 555$ MBq $= 5,55 \times 10^8$ Bq ; le technétium ayant une demi-vie de $t_{1/2} = 6,0$ heures, on peut déterminer sa constante radioactive λ :

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad \Leftrightarrow \quad \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

Pour l'application numérique, il faut convertir les heures en secondes :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{6,0 \times 3\,600} = 3,2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

Application numérique pour le nombre de noyaux :

$$N_0 = \frac{5,55 \times 10^8}{3,2 \times 10^{-5}} = 1,7 \times 10^{13} \text{ noyaux}$$

3.4. D'après l'énoncé, l'activité du patient à la fin de l'examen vaut :

$$A = \frac{63}{100} A_0 = \frac{63}{100} \times 555 = 350 \text{ MBq}$$

Utilisons la loi de décroissance exponentielle pour trouver la date t de la fin de l'examen, connaissant les activités initiale $\mathcal{A}_0$ et finale $\mathcal{A}$:

$$A = A_0 \, \mathrm{e}^{-\lambda t} \quad \Leftrightarrow \quad t = -\frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{A}{A_0}\right)$$

Application numérique :

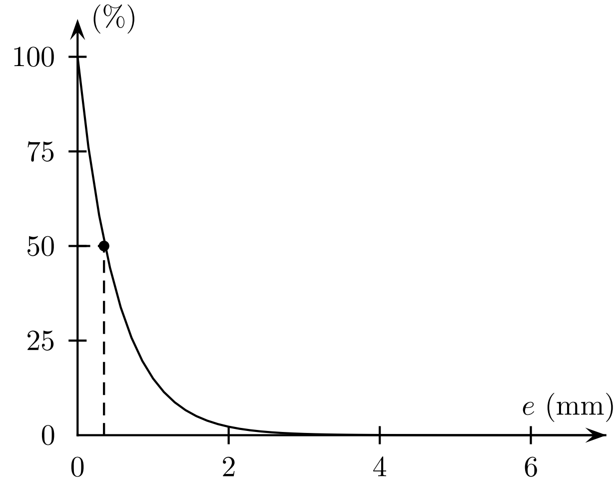
$$t = -\frac{1}{3,2 \times 10^{-5}} \ln\left(\frac{555}{350}\right) = 1,4 \times 10^4 \text{ s}$$

Conversion en heures (en gardant les chiffres non-significatifs dans la calculatrice, sinon la conversion ne tombe pas « juste ») :

$$t = \frac{1,4 \times 10^4}{3\,600} = 4,0 \text{ heures}$$

La dose ayant été injectée à 14 heures, l'examen s'est donc terminé à 18 heures.

3.5. On utilise la courbe pour effectuer une lecture graphique de l'épaisseur à 50 % d'atténuation : $e = 0,35$ mm.



Ainsi, avec 5 mm de plomb, l'infirmière est bien protégée.

Grille DM6 TS1 2011

Exo I – Condensateur **.../25**

- ❑ Schéma u_C, u_R, i (figure 1)
- ❑ Décharge C
- ❑ (K) en (1), Y_1 en A, Y_2 en B
- ❑ 6 V pour les 2, expliqué
- ❑ $\tau_1 = 2,0$ s (figure 2)
- ❑ $\tau_1 = RC = 2,0$ s, accord
- ❑ Démonstration équa. diff. u_C
- ❑ Démonstration équa. diff. u_C
- ❑ Démo $\tau_2 = RC$ par remplacement
- ❑ Démo $\tau_2 = RC$ par remplacement
- ❑ 5τ
- ❑ Charge à 99 %
- ❑ Démonstration équa. diff. q
- ❑ Démonstration équa. diff. q
- ❑ $\frac{\mathrm{d}^2q}{\mathrm{d}t^2} + \frac{1}{LC}q = 0$
- ❑ $\frac{\mathrm{d}^2q}{\mathrm{d}t^2} + \frac{1}{LC}q = 0$
- ❑ Remplac$^{\text{mt}}$ de la solution
- ❑ Remplac$^{\text{mt}}$ de la solution
- ❑ $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$
- ❑ $T_{01,2,3} = 13\,;\ 5,6\,;\ 13$ ms
- ❑ T sur plusieurs périodes
- ❑ $T_{\mathrm{a,b,c}} = 13\,;\ 13\,;\ 6,7$ ms, tt/rien
- ❑ 1 et 3 $\hat{\mathrm{m}}$ T_0 car $\hat{\mathrm{m}}$ LC, donc a ou b
- ❑ 2 et 3 att. + forte car R + grd donc b ou c
- ❑ 1 $\leftrightarrow$ a ; 2 $\leftrightarrow$ c ; 3 $\leftrightarrow$ b, tt/rien

Exo II – Technétium **.../15**

- ❑ Définition isotopes
- ❑ Énoncé lois de conservation
- ❑ ${}^{96}_{42}\mathrm{Mo} + {}^{2}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{97}_{43}\mathrm{Tc} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}$
- ❑ ${}^{99}_{42}\mathrm{Mo} \rightarrow {}^{99}_{43}\mathrm{Tc} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$
- ❑ Désintégration β^-
- ❑ $E = \Delta m \cdot c^2$ ou équivalent, en littéral
- ❑ $E = -1,369$ MeV $= -2,2 \times 10^{-13}$ J
- ❑ Définition temps de demi-vie
- ❑ Démonstration $\mathcal{A} = \mathcal{A}_0 \mathrm{e}^{-\lambda t}$
- ❑ Démonstration $\mathcal{A} = \mathcal{A}_0 \mathrm{e}^{-\lambda t}$
- ❑ $N_0 = \frac{\mathcal{A}_0 t_{1/2}}{\ln 2}$ ou équivalent
- ❑ $N_0 = 1,7 \times 10^{13}$ noyaux
- ❑ $t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{\mathcal{A}_0}{\mathcal{A}}$ ou équivalent
- ❑ $t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{\mathcal{A}_0}{\mathcal{A}}$ ou équivalent
- ❑ $t = 4,0$ h donc fin à 18 heures

Total .../40

Note **.../20**

Grille DM6 TS1 2011

Exo I – Condensateur **.../25**

- ❑ Schéma u_C, u_R, i (figure 1)
- ❑ Décharge C
- ❑ (K) en (1), Y_1 en A, Y_2 en B
- ❑ 6 V pour les 2, expliqué
- ❑ $\tau_1 = 2,0$ s (figure 2)
- ❑ $\tau_1 = RC = 2,0$ s, accord
- ❑ Démonstration équa. diff. u_C
- ❑ Démonstration équa. diff. u_C
- ❑ Démo $\tau_2 = RC$ par remplacement
- ❑ Démo $\tau_2 = RC$ par remplacement
- ❑ 5τ
- ❑ Charge à 99 %
- ❑ Démonstration équa. diff. q
- ❑ Démonstration équa. diff. q
- ❑ $\frac{\mathrm{d}^2q}{\mathrm{d}t^2} + \frac{1}{LC}q = 0$
- ❑ $\frac{\mathrm{d}^2q}{\mathrm{d}t^2} + \frac{1}{LC}q = 0$
- ❑ Remplac$^{\text{mt}}$ de la solution
- ❑ Remplac$^{\text{mt}}$ de la solution
- ❑ $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$
- ❑ $T_{01,2,3} = 13\,;\ 5,6\,;\ 13$ ms
- ❑ T sur plusieurs périodes
- ❑ $T_{\mathrm{a,b,c}} = 13\,;\ 13\,;\ 6,7$ ms, tt/rien
- ❑ 1 et 3 $\hat{\mathrm{m}}$ T_0 car $\hat{\mathrm{m}}$ LC, donc a ou b
- ❑ 2 et 3 att. + forte car R + grd donc b ou c
- ❑ 1 $\leftrightarrow$ a ; 2 $\leftrightarrow$ c ; 3 $\leftrightarrow$ b, tt/rien

Exo II – Technétium **.../15**

- ❑ Définition isotopes
- ❑ Énoncé lois de conservation
- ❑ ${}^{96}_{42}\mathrm{Mo} + {}^{2}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{97}_{43}\mathrm{Tc} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}$
- ❑ ${}^{99}_{42}\mathrm{Mo} \rightarrow {}^{99}_{43}\mathrm{Tc} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$
- ❑ Désintégration β^-
- ❑ $E = \Delta m \cdot c^2$ ou équivalent, en littéral
- ❑ $E = -1,369$ MeV $= -2,2 \times 10^{-13}$ J
- ❑ Définition temps de demi-vie
- ❑ Démonstration $\mathcal{A} = \mathcal{A}_0 \mathrm{e}^{-\lambda t}$
- ❑ Démonstration $\mathcal{A} = \mathcal{A}_0 \mathrm{e}^{-\lambda t}$
- ❑ $N_0 = \frac{\mathcal{A}_0 t_{1/2}}{\ln 2}$ ou équivalent
- ❑ $N_0 = 1,7 \times 10^{13}$ noyaux
- ❑ $t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{\mathcal{A}_0}{\mathcal{A}}$ ou équivalent
- ❑ $t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{\mathcal{A}_0}{\mathcal{A}}$ ou équivalent
- ❑ $t = 4,0$ h donc fin à 18 heures

Total .../40

Note **.../20**