

Electrocinétique, atomes

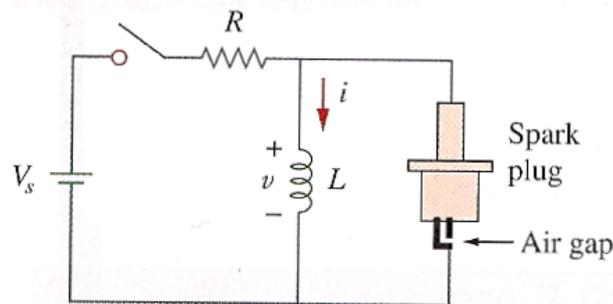
Extrait de l'entête des sujets de la banque PT :

« La **présentation**, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la rédaction, la **clarté et la précision** des raisonnements entreront pour une **part importante** dans l'**appréciation des copies**. En particulier, les résultats non justifiés ne seront pas pris en compte. Les candidats sont invités à encadrer les résultats de leurs calculs. »

Problème 1: Circuit d'allumage automobile (ultra simplifié ☺)**Partie 1**

La possibilité d'une inductance (bobine) à s'opposer à une variation brutale du courant fait qu'elle est souvent employée pour la génération d'une étincelle. Les inductances sont donc très utilisées dans les systèmes d'allumage des automobiles.

Le moteur à essence des automobiles nécessite que le mélange air-essence de chaque cylindre soit « allumé » à un instant précis. C'est le rôle des bougies d'allumage (spark plug). Elles sont constituées essentiellement de deux électrodes séparées par une tranche d'air (air gap). En créant une grande différence de potentiel (une tension) de quelques centaines de volts entre les deux électrodes, une étincelle apparaît dans l'air séparant les deux électrodes. Cette étincelle va déclencher la combustion du mélange air-essence (réaction d'oxydoréduction). Mais comment une tension si importante peut-elle être générée par une batterie d'automobile qui ne peut pas fournir une tension de plus de 12 V ? Cela est réalisé grâce à l'inductance.



Une bobine d'inductance $L = 6 \text{ mH}$ et de résistance $R = 4 \Omega$ est utilisée dans le système d'allumage d'une automobile comme indiqué sur le schéma ci-dessus. Cette bobine est alimentée par une batterie de 12 V.

1-1) L'interrupteur est fermé depuis très longtemps. La tranche d'air de la bougie constitue une très grande résistance ainsi l'essentiel du courant passe dans la bobine, la bougie est donc considérée comme un interrupteur ouvert.

Déterminer la valeur du courant i qui passe dans la bobine et la valeur de l'énergie stockée dans cette dernière.

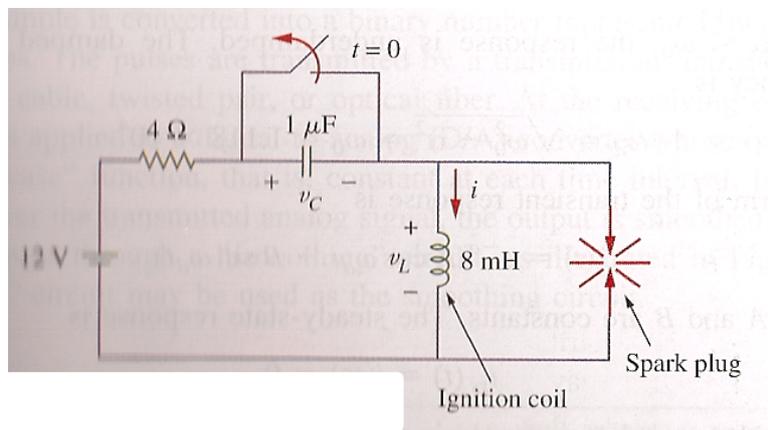
1-2) L'interrupteur s'ouvre, un courant peut circuler à travers la bougie (l'arc électrique correspond à un déplacement d'électrons libres dans l'air qui ionisent cette dernière). Déterminer la tension aux bornes de la tranche d'air si l'interrupteur met $1 \mu\text{s}$ pour s'ouvrir. Conclusion.

Partie 2

A présent, on considère une autre partie du système d'allumage du moteur modélisée par le circuit de la page ci-contre avec : tension fournie par la batterie $E = 12 \text{ V}$, $R = 4 \Omega$, $L = 8 \text{ mH}$ et $C = 1 \mu\text{F}$.

On considère la bougie d'allumage comme une très grosse résistance donc comme un interrupteur ouvert en première approximation.

L'interrupteur est fermé depuis très longtemps et à l'instant $t = 0$ il s'ouvre.



- 2-1)** Déterminer $i(t \rightarrow \infty)$ ou i est le courant qui traverse la bobine.
- 2-2)** Déterminer $i(0^+)$ et $\left. \frac{di}{dt} \right|_{0^+}$.
- 2-3)** Trouver $i(t)$ pour $t \geq 0$ et en déduire $v_L(t)$ la tension aux bornes de la bobine.
- 2-4)** Déterminer l'instant t_0 où $v_L(t)$ atteint son maximum et la valeur de ce maximum

Problème 2: Le cuivre (Extrait Banque PT, 2017)

Le cuivre est un des rares métaux qui existent à l'état natif (nombre d'oxydation zéro).

C'est pour cette raison qu'il fut avec l'or l'un des premiers utilisés par l'homme.

Ce sujet comporte trois parties indépendantes :

- A : Etude des propriétés atomiques du cuivre
- B : Etude du passage du minerai au métal
- C : Dosage du cuivre dans un alliage.

On donne quelques documents relatifs à l'élément cuivre :

Document n°1 : Unité de masse atomique unifiée

L'unité de masse atomique unifiée de symbole « u » est une unité de mesure standard, utilisée pour exprimer la masse des atomes et des molécules. Elle est définie comme un douzième de la masse d'un atome du nucléide ^{12}C (carbone), non lié, au repos et dans son état fondamental. Un atome de ^{12}C a une masse d'exactement 12 u.

Une mole d'atomes de ^{12}C (N_A atomes, où N_A désigne le nombre d'Avogadro) a une masse d'exactement 12 g. 1 u vaut approximativement $1,660538921 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

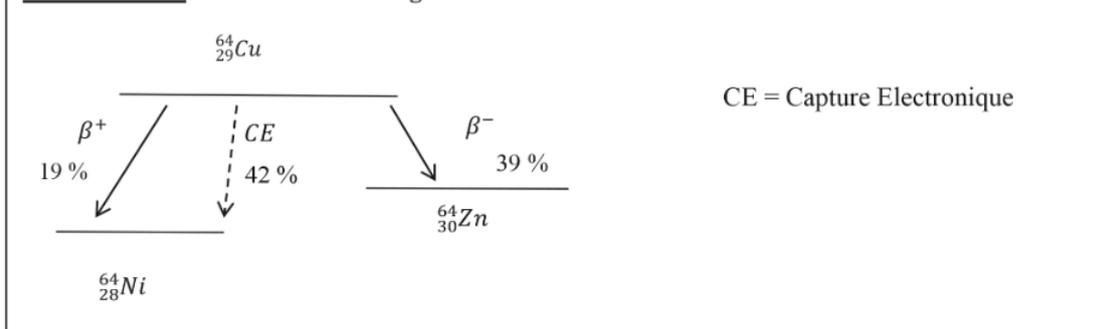
La masse moyenne d'un nucléon dépend du nombre total de nucléons dans le noyau atomique, en raison du défaut de masse. C'est pourquoi la masse d'un proton ou d'un neutron pris séparément est strictement supérieure à 1 u.

Document n°2 : Isotopes du cuivre

Le cuivre, de numéro atomique 29, possède 29 isotopes connus, de nombre de masse variant de 52 à 80. Parmi ces isotopes, deux sont stables, ^{63}Cu et ^{65}Cu . Ces deux isotopes constituent l'ensemble du cuivre naturel dans une proportion d'environ 70/30.

Les 27 autres isotopes sont radioactifs et ne sont produits qu'artificiellement. Parmi eux, le plus stable est ^{67}Cu avec une demi-vie de 61,83 heures. Le moins stable est ^{54}Cu avec une demi-vie d'environ 75 ns. La plupart des autres isotopes ont une demi-vie inférieure à une minute

Document n°3 : Schéma de désintégration du cuivre



A-1 L'élément cuivre :

- Quel est le numéro atomique du cuivre ? Quels sont les nombres de neutrons et protons du noyau de cuivre de l'isotope majoritairement présent dans le cuivre naturel ?
- Donner la configuration électronique fondamentale du zinc, situé à droite du cuivre dans la même période. Expliciter les règles appliquées.
- Estimer une valeur du nombre d'Avogadro à partir des données.

A-2 Isotopes naturels :

- Quels sont les isotopes naturels du cuivre ?
- Estimer leur masse atomique en fonction de l'unité de masse atomique.
- Estimer la masse molaire du cuivre naturel.

Problème 3: L'atome d'hydrogène (Extrait concours ATS, 2015)

1.1 Ionisation de l'atome d'hydrogène

Les niveaux d'énergie de cet atome sont donnés par la relation :

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2} \quad (1)$$

où n représente un entier strictement positif et $E_0 = 13,6 \text{ eV}$. Le niveau d'énergie le plus bas, $n = 1$, correspond à l'état fondamental de l'atome d'hydrogène, son état de repos. Les niveaux $n = 2, n = 3, \dots$ correspondent aux états excités de l'atome.

1.2 Transitions entre niveaux d'énergie

- Quelle est la position de l'atome d'hydrogène dans la classification périodique des éléments ? Justifier.
- Donner la représentation de Lewis de l'atome d'hydrogène puis de la molécule de dihydrogène.
- Identifier les 4 premiers niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sur le diagramme énergétique du document réponse n°1. Calculer en eV : $\Delta E_{12} = E_2 - E_1$, $\Delta E_{13} = E_3 - E_1$, $\Delta E_{14} = E_4 - E_1$.

Un atome d'hydrogène, initialement dans son état fondamental, absorbe un photon de fréquence $\nu = 2,92 \times 10^{15} \text{ Hz}$.

- Calculer l'énergie du photon absorbé $E = h\nu$ en joules et en électron-volts.
- En déduire la valeur du nombre n qui caractérise le niveau d'énergie de l'atome après absorption du photon par un atome d'hydrogène dans son état fondamental.
- Sur le document réponse n°1, représenter par une flèche, la transition correspondant à l'absorption du photon.

Constantes physiques

Masse du proton	$m_p \simeq 1,6.10^{-27} \text{ kg}$
Masse de l'électron	$m_e = 9,11.10^{-31} \text{ kg}$
Charge électrique élémentaire	$e = 1,60.10^{-19} \text{ C}$
Célérité de la lumière dans le vide	$c \simeq 3,00.10^8 \text{ m.s}^{-1}$
Constante d'Avogadro	$N_A = 6,02.10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Permittivité diélectrique du vide	$\epsilon_0 = 8,85.10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$
Constante des gaz parfaits	$R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$
Constante de Planck	$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

Unités

Énergie	$1,00 \text{ eV} = 1,60.10^{-19} \text{ J}$
	$1\text{TeV} = 10^{12} \text{ eV}$

Document réponse n°1 pour les questions 3) et 6)

Transitions entre niveaux d'énergie

