DS n°6	Signaux électriques - Nucléaire - 50'	TSTI2D

*REPONDRE DIRECTEMENT SUR LE SUJET - **Calculatrice autorisée en mode examen.***

Exercice 1 - Facteur de puissance - 10' - 4 pts

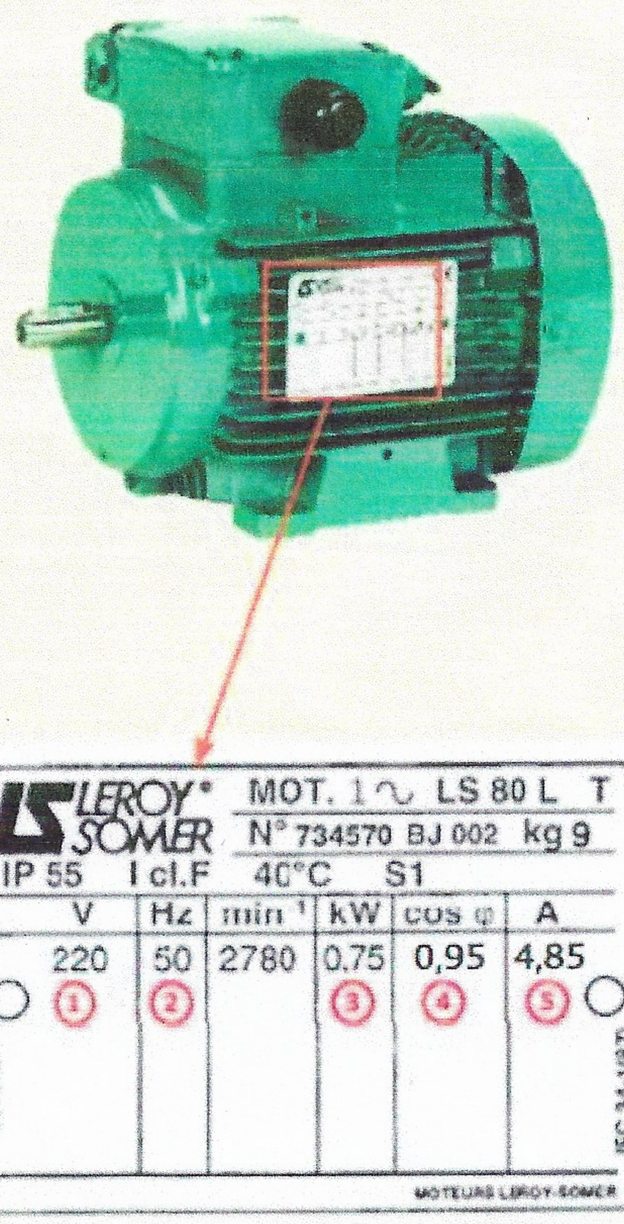
a. Indiquer le nom des grandeurs repérées sur la plaque signalétique par un numéro.

1 : tension efficace
2 : fréquence
3 : puissance utile
4 : facteur de puissance
5 : intensité efficace

valeurs (nominales)

/2

DOC Plaque signalétique d'un moteur asynchrone.



b. Après avoir acheté une pompe sur un site étranger, Bob cherche à savoir si le facteur de puissance est bien aux normes françaises. En effet, EDF impose une valeur minimum du facteur de puissance de 0,93 (si cette limite est franchie, en particulier pour les installations industrielles, l'entreprise facture des amendes relativement importantes).

Le facteur de puissance de la pompe respecte-t-il les normes EDF ?

DOC. Plaque signalétique de la pompe.

KSB SAS
KSB F-59 320 Sequedin 5-1101
Ama©-Drainer N 301 SE
230 V~. 50 Hz 1.9 A 430 W
Hmax = 6.7 m Qmax = 10 m³/h V / 2 m
Classe F IP 68 T50 °C
CE MADE IN FRANCE 2011

/2

Réponse :

$k = \frac{P}{S}$ – puissance active
– puissance apparente

or $P = 430\,W$ (sur la plaque)

et $S = U \times I = 230 \times 1,9 = 437\,V.A$

donc $k = \frac{430}{437} \approx 0,98.$

$k > 0,93$: il respecte les normes.

Exercice 2 - Radioactivité et datation au carbone - 25' - 11 pts

1. Citer les 3 types de radioactivité étudiés en classe de terminale. Donner la composition de la particule émise lors de chaque radioactivité.

/1,5

α : particule ^4_2He (noyau d'hélium avec 2 protons et 2 neutrons)
β : électron e^- ou positon e^+
γ : rayonnement électromagnétique

De toutes les méthodes radiochronologiques (basées sur loi de décroissance radioactive), celle de la datation du carbone 14 est la plus connue. Dans la haute atmosphère, soumis au RCG (rayonnement cosmique galactique constitué de protons), des neutrons secondaires interagissent avec des noyaux d'azote 14. Cette réaction forme un isotope ^A_ZX du carbone : le fameux carbone 14.

*Immédiatement formé, le carbone 14 s'oxyde en se combinant à l'oxygène pour former du dioxyde de carbone qui se mélange avec le reste de l'atmosphère. Or le carbone 14 est radioactif. Williard Franck Libby (physicien et chimiste américain 1908 - 1980) a montré que **la teneur en carbone 14 est constante dans le monde (dans l'atmosphère comme dans chaque organisme vivant)**. Cela est dû à un équilibre entre la désintégration et la production de carbone 14. Chaque gramme de carbone contient des atomes de carbone 14.*

On enregistre en moyenne 13500 désintégrations par minute et par kilogramme de carbone. Lorsqu'un arbre, par exemple, est abattu, le bois cesse de vivre, le processus de photosynthèse s'arrête et il n'y a plus absorption de dioxyde de carbone. Le carbone 14 est alors libre de se désintégrer sans compensation. On peut alors dater l'âge de la mort de l'organisme (au moment où cesse tout échange de CO_2 avec l'atmosphère).

Données *: numéro atomique : Z (C) = 6 ; Z (N) = 7.*

2.1 L'azote 14 et le carbone 14 sont-ils isotopes ? Justifier en rappelant la définition de ce terme. /1,5

Ils ne sont pas isotopes : ils n'ont pas le même numéro atomique
isotopes : noyaux qui ont le même nombre de protons mais pas de neutrons.

2.2 Dans la haute atmosphère, l'équation de la réaction qui a lieu entre un neutron secondaire et un noyau d'azote 14 s'écrit : ${}^{14}_{7}N + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{1}_{1}p$. Vérifier, en rappelant les 2 lois de conservation, que ${}^{A}_{Z}X$ est bien du carbone 14.

Conservation - du nombre de nucléons
- du numéro atomique Z

$14+1 = A+1$ donc $A = 14$ c'est bien du ${}^{14}_{6}C$.
$7+0 = Z+1$ $Z = 6$

/1,5

L'étude de l'évolution de la population moyenne d'un ensemble de noyaux radioactifs conduit à la loi de décroissance radioactive : $N(t) = N_0 \times e^{-\lambda t}$ dans laquelle N_0 est le nombre de noyaux à la date t = 0.

D'après les travaux de Libby, la demi-vie $t_{1/2}$ du carbone 14 est $t_{1/2}$ = 5730 ans.

3.2.1 Donner la définition de la demi-vie $t_{1/2}$ du carbone 14. /1

$t_{1/2}$ correspond à la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux radioactifs présents à t=0 s'est désintégrée.

3.2.2 Démontrer que λ est liée à la demi-vie $t_{1/2}$ par la relation $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$. [MATHS] /1

à $t = t_{1/2}$: $N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2} = N_0 \times e^{-\lambda \times t_{1/2}}$

donc $\frac{1}{2} = e^{-\lambda \times t_{1/2}}$ donc $\ln \frac{1}{2} = -\lambda \times t_{1/2}$ donc $\lambda = \frac{+\ln 2}{+t_{1/2}}$

3.2.3 En déduire la valeur de λ pour le carbone 14 (avec son unité). /1

$\lambda = \frac{\ln 2}{5730} = 1{,}210 \times 10^{-4}\ an^{-1}$

La loi de décroissance radioactive concernant le carbone 14 peut également s'écrire : $A = A_0 \times e^{-\lambda t}$ avec $A_0 = A_{t=0}$ l'activité initiale du carbone 14 (par exemple au moment de la mort d'un organisme) et A l'activité du carbone 14 mesurée à l'instant t.

Le prélèvement d'une poutre (en bois) dans la tombe du vizir Hemada à Sakara fournit une activité au moment de la mesure telle que A = 6680 désintégrations par minute et par kilogramme de carbone alors que A_0 = 13500 désintégrations par minute et par gramme de carbone.

4.1 Rappeler la définition de l'activité A d'un échantillon radioactif et son unité. /1,5

A correspond au nombre de désintégrations par seconde.
A s'exprime en Bq : becquerel.

4.2 Démontrer que l'expression qui permet de donner l'âge t de la mort d'un organisme s'écrit : $t = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \times \ln\left(\frac{A_0}{A}\right)$.[MATHS] /1

$A = A_0 \times e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times t}$ donc $\frac{A}{A_0} = e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times t}$ donc $\ln \frac{A}{A_0} = -\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times t$

donc $t = -\frac{t_{1/2}}{\ln 2} \ln \frac{A}{A_0} = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \ln \frac{A_0}{A}$

4.3 En déduire, en faisant apparaître l'application numérique, l'âge t de la tombe de ce vizir de la première dynastie des pharaons.

$t = \frac{5730}{\ln 2} \ln \frac{13500}{6680} \simeq 5816$ ans. /1

Exercice 3 – Nucléosynthèse des éléments chimiques - 15' - 5 pts

Le but de cet exercice est d'étudier les réactions nucléaires qui se produisent dans l'univers, notamment dans les étoiles, et qui engendrent la synthèse des éléments chimiques.

Données : masse d'un noyau d'hydrogène $^{1}_{1}H$ (ou d'un proton) : $m_p = 1{,}67 \times 10^{-27}$ kg

masse d'un positon : $m_e = 9{,}11 \times 10^{-31}$ kg

$1\ eV = 1{,}60 \times 10^{-19}$ J

1. Les premiers éléments présents dans l'univers

Selon le modèle du big-bang, quelques secondes après l'explosion originelle, les seuls éléments chimiques présents étaient l'hydrogène (90%), l'hélium et le lithium, ce dernier en quantité très faible.
Les physiciens ont cherché à comprendre d'où provenaient les autres éléments existant dans l'univers.

1.1. Déterminer la composition des noyaux des atomes d'hélium $^{4}_{2}He$ et $^{3}_{2}He$. /1,5

$^{4}_{2}He$: 2 protons et 2 neutrons ; $^{3}_{2}He$: 2 protons et 1 neutron.

1.2. *La synthèse des éléments chimiques plus lourds se fait par des réactions nucléaires.*
Pourquoi cette synthèse ne peut-elle pas se faire par des réactions chimiques ? /0,5

La chimie n'a accès qu'aux électrons. Pour fabriquer des éléments chimiques avec un Z spécifique, il faut avoir accès au noyau.

2. Fusion de l'hydrogène

Sous l'action de la force gravitationnelle les premiers éléments (hydrogène, hélium...) se rassemblent, formant des nuages gazeux en certains endroits de l'univers. Puis le nuage s'effondre sur lui-même, la température centrale atteint 10^7 K. À cette température démarre la première réaction de fusion de l'hydrogène dont le bilan peut s'écrire : $4\ ^{1}_{1}H \rightarrow\ ^{4}_{2}He + 2\ ^{0}_{1}e$.

Une étoile est née.

2.1. En notant m_{He} la masse d'un noyau d' "hélium 4", exprimer le défaut de masse Δm lié à la réaction du fusion de l'hydrogène écrite ci-dessus. /1,5

$\Delta m = m_{He} + 2m_e - 4m_p = 6{,}64648 \times 10^{-27} + 2 \times 9{,}10853 \times 10^{-31} - 4 \times 1{,}67265 \times 10^{-27}$
$= -4{,}22981 \times 10^{-29}$ kg

2.2. En déduire l'expression littérale de l'énergie $|\Delta E|$ libérée lors de cette réaction de fusion des 4 noyaux d'hydrogène.
Montrer que $|\Delta E| \approx 4 \times 10^{-12}$ J. /1,5

$|\Delta E| = |\Delta m| \times c^2$
$|\Delta E| = |-4{,}22981 \times 10^{-29}| \times (299792458)^2 \approx 3{,}8 \times 10^{-12}$ J.

2.3. **BONUS POUR LES PLUS MOTIVES : Cas du Soleil**

À sa naissance on peut estimer que le Soleil avait une masse d'environ $M_S = 2 \times 10^{30}$ kg. Seul un dixième de cette masse est constituée d'hydrogène suffisamment chaud pour être le siège de réactions de fusion. On considère que l'essentiel de l'énergie produite vient de la réaction de fusion précédente.
Montrer que l'énergie totale E_T pouvant être produite par ces réactions de fusion est voisine de $E_T \approx 10^{44}$ J. /1

4 noyaux d' $^{1}_{1}H = 4 \times m_p = 6{,}6906 \times 10^{-27}$ kg produit $3{,}8 \times 10^{-12}$ J
$1/10 \times M_S = 2 \times 10^{+29}$ kg produit donc $1{,}13 \times 10^{44}$ J.

Des physiciens ont mesuré la quantité d'énergie reçue par la Terre et en ont déduit l'énergie E_S libérée par le Soleil en une année : $E_S \approx 10^{34}\ J.an^{-1}$.
En déduire la durée Δt nécessaire pour que le Soleil consomme toutes ses réserves d'hydrogène. /1

10^{34} J en 1 an
10^{44} J en x an
$x \simeq 10^{10}$ ans. (environ 10 milliards d'années)

NOM :	Prénom :	Note :