

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

### Exercice 1 - Facteur de puissance - 15' - 4 pts

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

- 1 :  
2 :  
3 :  
4 :  
5 :

/2

DOC.  Plaque signalétique d'un moteur asynchrone.



* LEROY SOMER		MOT. 1~ LS 80 L T		N° 734570 BJ 002 kg 9	
IP 55		I cl.F		40°C S1	
V	Hz	min <sup>-1</sup>	kW	cos φ	A
220	50	2780	0,75	0,95	4,85
○ ① ○	○ ② ○		○ ③ ○	○ ④ ○	○ ⑤ ○
D 0165				IEC 34-1(B7)	
MOTEURS LEROY-SOMER					

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		F-59 320 Sequedin		S-1101
KSB  Ama®-Drainer N 301 SE				
230 V~	50 Hz	1.9 A	430 W	
Hmax = 6.7 m	Qmax = 10 m <sup>3</sup> /h		$\frac{V}{2 m}$	
Classe F	IP 68	T50 °C		
CE		MADE IN FRANCE	2011	31000070

Réponse :

/2

### 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

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  ${}^A_Z X$  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

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 :  ${}^{14}_7N + {}^1_0n \rightarrow {}^A_ZX + {}^1_1p$ . Vérifier, en rappelant les 2 lois de conservation, que  ${}^A_ZX$  est bien du carbone 14.

/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

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

/1

3.2.3 En déduire la valeur de  $\lambda$  pour le carbone 14 (avec son unité).

/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

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

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.

/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  ${}^1_1\text{H}$  (ou d'un proton) :  $m_p = 1,67265 \times 10^{-27} \text{ kg}$   
masse d'un positon :  $m_e = 9,10953 \times 10^{-31} \text{ kg}$   
masse d'un noyau d'hélium  ${}^4_2\text{He}$  :  $m_{\text{He}} = 6,64648 \times 10^{-27} \text{ kg}$   
célérité de la lumière :  $c = 299\,792\,458 \text{ m.s}^{-1}$ .

#### 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  ${}^4_2\text{He}$  et  ${}^3_2\text{He}$ .

	/1,5
--	------

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
--	------

#### 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  $10^7 \text{ K}$ . À cette température démarre la première réaction de fusion de l'hydrogène dont le bilan peut s'écrire :  $4 {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2 {}^0_1\text{e}$ .

Une étoile est née.

2.1. En notant  $m_{\text{He}}$  la masse d'un noyau d' "hélium 4", exprimer le défaut de masse  $\Delta m$  lié à la réaction de fusion de l'hydrogène écrite ci-dessus. Faire l'application numérique.

	/1,5
--	------

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  $|\Delta E| \approx 3,8 \times 10^{-12} \text{ J}$ .

	/1,5
--	------

#### 2.3. BONUS POUR LES PLUS MOTIVÉS : Cas du Soleil

À sa naissance on peut estimer que le Soleil avait une masse d'environ  $M_S \approx 2 \times 10^{30} \text{ kg}$ . 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  $E_T \approx 10^{44} \text{ J}$ .

	+1
--	----

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 :  $E_S \approx 10^{34} \text{ J.an}^{-1}$ .

En déduire la durée  $\Delta t$  nécessaire pour que le Soleil consomme toutes ses réserves d'hydrogène.

	+1
--	----

NOM :	Prénom :	Note :
-------	----------	--------