

**1.** Remontons l'écoulement du temps jusqu'à l'instant le plus originel de l'histoire universelle. Au début était la lumière ! Inconsistance du monde contenant une incroyable, une fantastique quantité d'énergie. Tout ce que l'univers compte actuellement de galaxies, d'étoiles, de planètes, d'êtres ou d'objets étaient là en germe sous forme d'énergie immatérielle.

La théorie du Big Bang sans cesse réaffirmée explique que, durant le premier quart d'heure, de ce chaos énergétique très agité sont nées les particules de matière fondamentales : protons, neutrons, électrons...

Après les particules de base, mais bien plus tard, des galaxies prennent forme, puis des étoiles apparaissent dans les galaxies. Par le truchement de la nucléosynthèse, la variété des éléments chimiques voit enfin le jour dans les étoiles...

Ainsi, l'Univers s'est développé transformant son capital initial énergie en capital matière...

- 1.1.** Donner la relation à laquelle il est fait allusion à la fin du texte, entre la masse et l'énergie. Préciser la signification de chaque terme employé dans cette relation ainsi que son unité dans le système international.

/1,5

**2.** La température de l'univers qui diminue au cours du temps, va régler durant le premier quart d'heure la création de tel ou tel type de particule... Mais créer une particule implique nécessairement de créer simultanément son antiparticule, toutes deux de masse identique...

A partir de la relation précédente, calculer l'énergie de masse nécessaire à la création de la paire positon-électron (particule-antiparticule) de masse totale  $2 m_e$ . L'exprimer en J, puis en MeV.

On donne : célérité de la lumière :  $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

masse du positon appelé aussi positron = masse de l'électron =  $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

l'électron volt :  $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

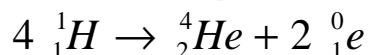
/1,5

**3.** Au bout du premier quart d'heure, lorsque la température a chuté jusqu'à 300 millions de degrés environ, les protons et les neutrons, rescapés de l'annihilation matière-antimatière, s'associent en noyaux légers, essentiellement en noyaux d'hydrogène, de deutérium et d'hélium...

Donner la composition du noyau de deutérium  ${}^2_1\text{H}$

/1

**4.** 30 millions d'années plus tard, c'est au cœur même des étoiles que la nature va poursuivre son œuvre. Cela commence par la [ ... ] thermonucléaire de l'hydrogène en hélium. Cette transformation occupe l'essentiel de la vie des étoiles et ne nécessite pour ainsi dire, qu'une température de 10 millions de degrés. Son bilan s'écrit :



**4.1.** Que représente  ${}^0_1\text{e}$  ?

/0,5

**4.2.** Dans la deuxième ligne du texte ci-dessus, le nom de la réaction nucléaire mise en jeu a été effacé.

Quel est son nom ?

/0,5

**4.3. a)** Calculer en Joules l'énergie libérée lors de cette réaction nucléaire. **Justifiez que ce soit de l'énergie libérée.**

On donne : masse d'un noyau d'hydrogène  ${}^1_1\text{H}$  :  $m_{\text{H}}=1,6726\times 10^{-27}$  kg  
 masse d'un noyau d'hélium  ${}^4_2\text{He}$  :  $m_{\text{He}}=6,6447\times 10^{-27}$  kg  
 masse de la particule  ${}^0_1e$  :  $m_e=9,11\times 10^{-31}$  kg

/2  
/0,5

4.3. b) Démontrez que la quantité de noyaux d'hélium  ${}^4_2\text{He}$  dans 1,0 kg d'hélium est  $1,5\times 10^{26}$ .  
 Vous utiliserez la masse d'un noyau ( $m_{\text{He}}=6,6447\times 10^{-27}$  kg).

/1

4.3. c) En déduire l'énergie libérée par la formation d'1 kg de noyaux d'hélium.

/1

4.3. d) Calculez la quantité de pétrole qui fournirait la même quantité d'énergie.  
 Le pouvoir calorifique du pétrole est 42 MJ/kg (la combustion d'1 kg de pétrole libère 42 MJ).

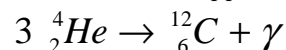
/1,5

Conclure :

/0,5

5. Sur la fin de leur existence (stade de dilatation de l'enveloppe extérieure ou géante rouge), une contraction brutale du cœur des étoiles, accompagnée d'une forte élévation de température (jusqu'à 100 millions de degrés) permet la formation d'éléments plus lourds.

Le processus qui conduit au carbone par fusion de l'hélium est appelé triple alpha et son bilan s'écrit :



Qu'est-ce qu'une particule alpha ? Justifier le nom du processus : triple alpha.

/1

6. ...Seules les étoiles de masse supérieure ou égale à trois masses solaires, atteignant des températures plus élevées, ont le privilège de créer des éléments encore plus lourds. A 800 millions de degrés, le carbone fusionne en magnésium ( $Z = 12$ ), à 1 milliard de degrés, l'oxygène ( $Z=8$ ) fusionne en silicium ( $Z = 14$ ) et à 4 milliards de degrés, le silicium fusionne en fer ( $Z = 26$ ) ...

On donne : énergie de liaison d'un noyau de carbone  ${}^{12}_6\text{C}$  :  $E_l=92,2$  MeV

6.1. Définir l'énergie de liaison.

/1

6.2. Calculer l'énergie moyenne de liaison par nucléon d'un noyau de carbone 12.

/1

Le tableau suivant donne les énergies moyennes de liaison par nucléon de quelques noyaux :

	${}^4_2\text{He}$	${}^{56}_{26}\text{Fe}$	${}^{238}_{92}\text{U}$
$\frac{E_l}{A}$ en MeV/nucléon	7,1	8,8	7,6

6.3. Parmi ces trois noyaux, lequel est le plus stable ? Justifier.

/0,5

6.4. En utilisant la courbe d'Aston donnée en annexe, répondre aux questions suivantes :

6.4.1. Comment évolue la stabilité d'un noyau quand son nombre de nucléons augmente ? Distinguer trois domaines sur la courbe d'Aston.

/1

6.4.2. Quels sont les deux types de réactions nucléaires qui permettent d'accéder au maximum de stabilité ? Dessinez sur la courbe d'Aston ces deux réactions par des flèches.

Donnez les définitions de chacune.

/0,5

/1

/2

6.4.3. Justifier pourquoi la synthèse des éléments chimiques au cœur des étoiles s'arrête à l'élément fer.

/0,5

