

# DEVOIR SURVEILLE – SCIENCES PHYSIQUES

***Énoncé à remettre complété avec votre copie***



Toutes vos réponses doivent être correctement rédigées et justifiées.

points

## Nucléosynthèse stellaire

La nucléosynthèse stellaire est le terme qu'on emploie en astrophysique pour désigner l'ensemble des réactions nucléaires qui se produisent à l'intérieur des étoiles (nucléosynthèse calme) ou pendant leur destruction explosive (nucléosynthèse explosive) et dont le résultat est la synthèse de la plupart des noyaux atomiques.

Lors de la nucléosynthèse calme dans les étoiles, se succèdent des phases de fusion et de contraction. Ces fusions successives vont produire tous les éléments que l'on connaît, jusqu'au fer.

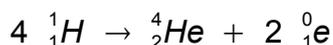
Au début de la vie d'une étoile se trouve un nuage de gaz (principalement de l'hydrogène), qui, pour une raison ou une autre, va commencer à se contracter. Avec la contraction, la température augmente progressivement. Quand elle dépasse 10 millions de kelvins la température est suffisante pour que les noyaux d'hydrogène aient assez d'énergie pour vaincre la barrière coulombienne et ainsi fusionner. L'énergie libérée va contrebalancer l'effet de la gravité, et l'étoile atteint un premier équilibre.

1. Citer les 4 interactions fondamentales existantes dans l'Univers. /2
2. Associer chacune de ces interactions fondamentales à un passage du texte précédent. /2

## Fusion de l'hydrogène

L'hydrogène est le carburant majeur des étoiles et sa fusion est le premier maillon de la chaîne de nucléosynthèse.

Globalement, la réaction de fusion de l'hydrogène peut s'écrire de la manière suivante :



3. Quel est le nom de la particule  $\text{}^0_1\text{e}$  et quelles sont ses propriétés ? /2

Cette réaction de fusion de l'hydrogène est la plus exothermique de toutes les réactions qui vont se produire au cœur des étoiles.

Au bout d'un temps dépendant de la masse de l'étoile, la quantité d'hydrogène dans le cœur de l'étoile finit par ne plus être suffisante pour entretenir un taux de réaction assez élevé pour contrebalancer l'effet de la gravitation. Le cœur de l'étoile va alors se contracter. Lors de cette contraction, sa température va augmenter (comme n'importe quel gaz que l'on comprime) de même que sa densité. Quand la température atteint quelques  $10^8$  Kelvins, la fusion de l'hélium peut s'amorcer.

**Fusion de l'hélium**

Deux réactions permettent la transformation d'hélium en éléments plus lourds :



Ce carbone va pouvoir réagir lui aussi avec les atomes d'hélium présents selon la réaction suivante :



- 4. Calculer l'énergie dégagée en MeV par la réaction de fusion d'un noyau d'hélium et d'un noyau de béryllium. /2
- 5. Comparer cette énergie à celle dégagée par la fusion de 4 noyaux d'hydrogène. /4

À la fin de la phase de fusion de l'hélium, le cœur de l'étoile est donc composé majoritairement de carbone <sup>12</sup>C et d'oxygène <sup>16</sup>O. Comme pour la fin de la fusion de l'hydrogène, ce qui se passe ensuite ne dépend que de la masse de l'étoile. Si celle-ci est suffisante, alors le cœur de l'étoile peut se contracter de nouveau. La température et la densité peuvent elles aussi augmenter, et atteindre des valeurs qui permettent successivement les fusions du carbone et du néon.

**Fusions du carbone et du néon**

La fusion du carbone s'amorce quand la température au cœur de l'étoile dépasse le milliard de kelvins. Trois réactions principales se produisent. A chaque fois, deux noyaux de carbone 12 forment soit du sodium 23, soit du néon 20 ou soit du magnésium 23.

- 6. Ecrire les équations de réaction de ces trois réactions. /4

**Tableau récapitulatif des durées de fusion**

	Température (K)	Etoile de 0,3 masse solaire	Etoile de 1 masse solaire	Etoile de 25 masses solaires
Fusion de l'hydrogène	10 <sup>7</sup>	800 milliards d'années	10-12 milliards d'années	7 millions d'années
Fusion de l'hélium	10 <sup>8</sup>	<i>S'arrête avant d'atteindre ce stade</i>	200 millions d'années	500 000 ans
Fusion du carbone	10 <sup>9</sup>		<i>S'arrête avant d'atteindre ce stade</i>	200 ans
Fusion du néon	1,2.10 <sup>9</sup>			1 an

- 7. Décrire l'évolution des différentes grandeurs de ce tableau et expliquer ces évolutions de manière qualitative. /4



## Données pour l'ensemble du DS

### Célérité de la lumière dans le vide

$$c = 299\,792\,458 \text{ m.s}^{-1}$$

### Unités

$$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

### Numéros atomiques

Noyau	Ne	Na	Mg
Numéro atomique	10	11	12

### Masses des noyaux ou particules

Noyau ou particule	Masse (kg)
Électron	$9,1 \cdot 10^{-31}$
Proton	$1,67262 \cdot 10^{-27}$
Neutron	$1,67493 \cdot 10^{-27}$
Hélium ${}^4_2\text{He}$	$6,64465 \cdot 10^{-27}$
Béryllium ${}^8_4\text{Be}$	$13,28946 \cdot 10^{-27}$
Carbone ${}^{12}_6\text{C}$	$19,92099 \cdot 10^{-27}$

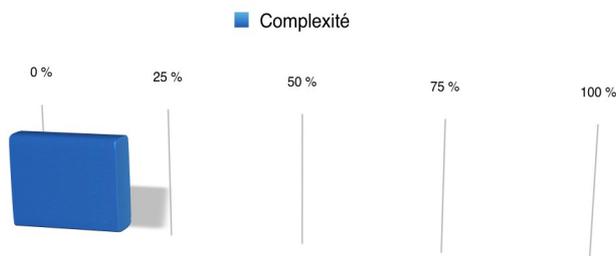
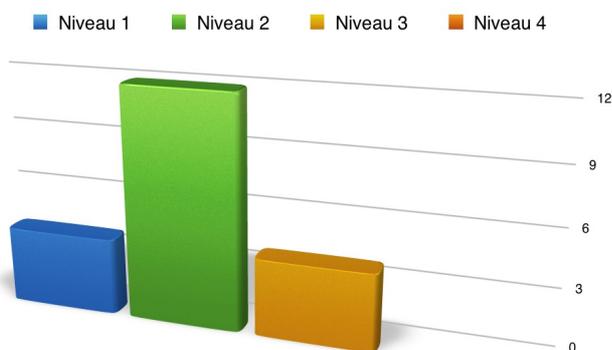
## Niveau du DS

Part des différents niveaux de difficulté

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Moyenne
4	12	4	0	2,0

Part de la complexité

Complexité
20 %



## Bilan personnel

NOM :

Prénom :

### Préparation du DS (à remplir par l'élève) :

*Cocher les cases correspondante à ce que vous avez réalisé pour réviser ce DS.*

J'ai relu les diverses ressources documentaires et appris ce qu'il y avait à savoir.

J'ai essayé de refaire les exercices pour lesquels j'avais eu des difficultés et :

- J'y suis arrivé du premier coup.
- J'y suis arrivé après avoir regardé une ou plusieurs fois la correction.
- Je n'y suis pas arrivé.

J'ai essayé de faire un ou des exercices supplémentaires du livre et :

- J'y suis arrivé du premier coup.
- J'y suis arrivé après avoir regardé une ou plusieurs fois la correction.
- Je n'y suis pas arrivé.

### Compétences évaluées (à remplir par le professeur) :

	A	B	C	D
Restituer ses connaissances				
S'approprier				
Analyser				
Réaliser				
Valider				
Communiquer				

● RCO ● APP ● ANA ● REA ● VAL ● COM

