

Chapitre 5 : Les yeux artificiels

Ce chapitre est en partie au programme. On y discute des techniques d'observation dont disposent les astronomes. Seules les sections 5.5 à 5.8 inclusivement sont à lire. Aucune question ne sera posée sur ces sections dans un test de lecture.

Chapitre 6 : Les caractéristiques des étoiles

Objectifs : Vous initier aux bases de la physique nucléaire afin de comprendre la source d'énergie des étoiles. Vous expliquer comment on peut comparer notre Soleil aux autres étoiles, et vous faire comprendre comment on détermine la masse des étoiles.

On vous suggère de lire et remplir le résumé au fur et à mesure que vous lisez le chapitre, car il y a des commentaires insérés dans le résumé qui vous guideront dans votre lecture.

RÉSUMÉ PARTICIPATIF :

6.1 Le paradoxe de l'âge du Soleil

Une _____ est un objet sphérique assez massif pour briller par lui-même. Du point de vue dynamique, il s'agit d'un système en équilibre entre _____ qui pousse à le contracter et _____ qui tend à le dilater.

Dans la 2^e moitié du 19^e siècle, Kelvin et von Helmholtz calculent que si le Soleil est fait du meilleur combustible connu à l'époque, _____, il peut briller à sa luminosité actuelle pendant environ _____. Cela concorde bien avec les estimés religieux de l'âge de l'Univers, mais c'est beaucoup trop court pour de nombreux scientifiques, surtout des _____ et des _____. En particulier, la théorie de l'évolution par sélection naturelle de Darwin nécessite une échelle de temps de l'ordre de plusieurs _____.

On imagine une source d'énergie plus intense que la combustion, la contraction de _____; en admettant que le Soleil ne pouvait être initialement plus gros que _____, on obtient assez d'énergie pour alimenter le Soleil pendant des dizaines de _____ ... mais c'est encore trop court!

Au début du 20^e siècle, Rutherford, travaillant à l'Université _____, développe une technique de datation radioactive et obtient un âge de _____ pour certaines roches.

Quelques années plus tard, _____ résout l'énigme de la source d'énergie du Soleil avec la célèbre équation _____. La transformation de _____ de tonnes de matière en énergie à chaque seconde alimente le Soleil, et à ce rythme, le Soleil peut briller pendant des _____ d'années.

Plusieurs années plus tard, on comprend que c'est en jouant avec le _____ des atomes que l'on peut faire disparaître de la masse et la transformer en énergie. On réalise ainsi que les étoiles brillent grâce à l'énergie _____.

6.2 L'énergie nucléaire

Le terme _____ désigne à la fois les protons et les neutrons. Deux isotopes du même élément ont le même nombre de _____ (Z) mais un nombre différent de _____ (N). Comme la masse du neutron et du proton vaut environ $1 m_p$, le nombre de masse (symbole : A) égal à $Z + N$ donne la masse du noyau en multiples de m_p .

Seulement un certain nombre de combinaisons de protons et de neutrons (_____ en tout) sont stables. Pour les petits noyaux, $N \approx Z$, mais pour les plus gros, $N \approx 1.5Z$.

Lorsqu'on nomme un noyau par son nom suivi d'un nombre (exemple : « bismuth 209 »), le nombre représente le nombre de _____.

Dans une réaction nucléaire de _____, deux noyaux entrent en collision pour n'en former qu'un seul, tandis que dans une réaction de _____, le noyau se brise pour en former de plus petits. La réaction libère de l'énergie lorsque la masse des noyaux avant la réaction est plus _____ que la masse après la réaction, ce qui se produit en pratique lorsque les produits finaux sont plus proches du _____ que les éléments initiaux.

La « vallée du _____ » est un graphique de _____ en fonction du _____. Le creux de la vallée correspond à $Z = \text{_____}$, ce qui correspond à l'élément chimique _____.

La section en bleu sur le modèle du volcan n'est pas au programme, mais vous pouvez la lire quand même.

6.3 La durée de vie du Soleil

La spectroscopie révèle que 75% de la masse de l'Univers est composé _____, et que le 25% restant est pratiquement exclusivement composé _____. Comme les étoiles ont une composition chimique semblable à celle de l'Univers, il n'est pas surprenant que la réaction nucléaire qui alimente le Soleil fasse intervenir ces éléments :

(écrivez l'équation de la réaction) _____

Le _____ de cette réaction est défini comme étant la quantité d'énergie libérée par la fusion de chaque _____ d'hydrogène.

Environ _____ % de la masse totale d'une étoile comme le Soleil peut être transformée en hélium avant que le réacteur nucléaire ne subissent des transformations importantes qui mènent rapidement à la fin de l'étoile.

La section en bleu page 225 et l'équation 6.1 sont au programme, vous pouvez les lire mais vous n'avez pas à vous en préoccuper pour le test de lecture.

Le rendement de la fusion de l'hydrogène en hélium correspond à quelques dizaines de _____ de fois le rendement de la combustion du charbon.

Cela permet au Soleil de briller à sa luminosité actuelle pendant _____ d'années.

6.4 La nucléosynthèse stellaire

L'Univers primordial ne contenait essentiellement que de _____ et de _____. Les autres éléments ont été produits dans les étoiles par le processus de _____.

Historiquement, les électrons ont d'abord reçu le nom de rayons _____. Le processus qui transforme les neutrons en protons implique l'émission d'un électron, et on l'appelle donc processus _____.

Il existe deux versions du processus :

- Dans un noyau qui comporte trop de neutrons pour être stable, un neutron se transforme en proton et émet un _____ chargé négativement, d'où le nom de processus _____.
- Dans un noyau qui comporte trop de protons pour être stable, un proton se transforme en neutron et émet un _____, l'anti-particule de l'électron, qui a les mêmes propriétés sauf

pour sa charge qui est _____, d'où le nom de processus _____.

Il arrive qu'un noyau trop gros pour être stable émette en bloc un noyau _____, ce que l'on nomme processus _____.

La fusion de l'hydrogène en hélium ne se produit pas en une seule étape. Le processus commence par la fusion de deux noyaux d'hydrogène (protons), et se nomme ainsi chaîne _____.

Les détails du processus (section en bleu) ne sont pas au programme.

Ce processus est la source principale d'énergie du Soleil, et nécessite une température d'au moins _____ K.

L'hydrogène peut aussi fusionner en hélium en se servant des rares noyaux de carbone déjà présents dans l'étoile. Le processus porte le nom de _____, car le carbone devient de l'azote puis de l'oxygène avant d'être restitué intact à la fin du cycle.

Vrai ou faux? Ce processus a un rendement énergétique supérieur à celui de la chaîne proton-proton. _____

Vrai ou faux? Ce processus nécessite une température plus élevée que la chaîne proton-proton. _____

Vrai ou faux? Ce processus est complètement absent dans le Soleil. _____

Les détails du processus (section en bleu) ne sont pas au programme.

Dans une étoile âgée, le cœur peut devenir suffisamment chaud pour fusionner l'hélium en carbone, selon un processus que l'on nomme _____. Cela nécessite une température plus élevée que la fusion de l'hélium, car plus les noyaux que l'on veut fusionner sont gros, plus ils contiennent de _____ et plus _____. Il faut donc une température plus élevée pour vaincre cette _____.

À des températures légèrement plus élevées, le carbone fusionne avec l'hélium pour former _____. Notre Soleil n'ira jamais plus loin que cette étape, mais les étoiles plus massives peuvent aller plus loin : dans les plus grosses étoiles, la fusion du silicium mène éventuellement au _____ (l'élément chimique dans le fond de la « vallée »).

Le processus qui permet de former des noyaux encore plus gros se nomme _____.

Les neutrons n'étant pas chargés, il peuvent pénétrer sans problème dans les gros noyaux. À la fin de leur vie, les grosses étoiles explosent (un phénomène que l'on nomme _____) et viennent enrichir l'espace interstellaire des noyaux qu'elles ont formés au cours de leurs vies, ce qui permet la formation de nouvelles générations d'étoiles, de planètes et d'êtres vivants.

6.5 La structure interne des étoiles

Grâce aux modèles théoriques décrivant l'intérieur du Soleil, on sait que la densité au centre du Soleil vaut _____ fois celle de l'eau, tandis que dans la zone périphérique correspondant à _____% du rayon, elle est inférieure à celle de l'atmosphère terrestre. La température passe d'environ _____ millions de kelvins au centre du Soleil à _____ K à la surface. La production d'énergie est concentrée dans le _____, la sphère centrale ayant pour rayon _____ du rayon solaire. Un mécanisme qui agit comme une _____ automatique stabilise la production d'énergie d'une étoile :

Si la production d'énergie diminue trop, le noyau se contracte, la température _____ et la production d'énergie _____.

Si la production d'énergie augmente trop, le noyau se dilate, la température _____ et la production d'énergie _____.

*La matière présentée à partir de la sous-section « **Le transport de l'énergie** » (p. 233) jusqu'à la fin de la section 6.6 (p. 239) est au programme, mais il n'y a pas de résumé pour cette partie. Toutefois, le professeur fera un survol rapide de cette matière pendant le cours.*

6.7 La classification des étoiles

Un diagramme HR (les initiales des deux inventeurs) est un graphique de _____ des étoiles en fonction de leur _____.

Pour des raisons historiques, les valeurs numériques sur l'axe horizontal _____ lorsqu'on se déplace de gauche à droite!

Environ _____% des étoiles se situent sur une diagonale appelée _____ . Sur

cette diagonale, lorsque la température de surface augmente, la luminosité _____ , ce qui est fort logique.

Une étoile *géante* est située _____ de la série principale car elle a beaucoup _____ de surface qu'une étoile de série principale de même température.

Une *naine blanche* est située _____ de la série principale car elle a beaucoup _____ de surface qu'une étoile de série principale de même température.

Pour déterminer la _____ d'une étoile, les astronomes utilisent un raccourci basé sur l'aspect visuel du spectre : en effet, l'intensité relative des raies spectrales dépend de _____ . Historiquement, l'aspect visuel du spectre a d'abord été indiqué par une lettre. Avec le temps, certaines lettres ont été éliminées et l'ordre a été modifié, ce qui fait qu'aujourd'hui l'axe horizontal du diagramme HR correspond à la série de lettres (de gauche à droite) : _____, _____, _____, _____, _____, _____, ce qu'on peut retenir à l'aide de la phrase aide-mémoire : « _____ ».

Le _____ d'une étoile correspond à une lettre suivie d'une subdivision (chiffre de 0 à 9) : par exemple, le Soleil est de type _____.

Récemment, on a rajouté les lettres _____ et _____ pour identifier des « étoiles ratées » de faible température que l'on nomme _____.

*La sous-section « **Comment placer une étoile sur l'axe de luminosité** » n'est pas au programme.*

6.8 Le Soleil en perspective

80% des étoiles se trouvent sur la série principale, et _____% de celles-ci sont moins lumineuses que le Soleil. Les étoiles les plus nombreuses sont des étoiles de couleur _____ (de type _____). Comme les étoiles géantes ne représentent même pas _____% de toutes les étoiles, on peut dire qu'environ _____% des étoiles de la Galaxie sont plus lumineuses que le Soleil. (Ces pourcentages ne tiennent pas compte des naines brunes.)

*Vous devez lire la sous-section « **Le rayon des étoiles** » et la section en bleu qui l'accompagne.*

Les étoiles géantes peuvent avoir des rayons qui se comparent à la taille de _____.

6.9 La masse des étoiles

La masse des étoiles est la valeur la plus importante pour comprendre sa structure et son évolution. On peut déterminer la masse des étoiles lorsqu'elles se trouvent dans un système double à l'aide de la

_____ légèrement modifiée.

La section en bleu page 247 n'est pas au programme.

La section 6.10 est au programme, mais il n'y a pas de résumé pour cette partie. Toutefois, le professeur fera un survol rapide de cette section pendant le cours.

* * *

Une fois le résumé complété, vous pouvez tester votre maîtrise de la matière à partir de la liste des termes importants et des questions de révision de la fin du chapitre 6.

*Vous devriez être en mesure de définir les termes importants suivants : **capture des neutrons, contraction de Kelvin-von Helmholtz, chaîne proton-proton, cycle CNO, diagramme HR, énergie nucléaire, étoile, fission, fusion, géante, hélium, hydrogène, isotope, naine blanche, naine brune, nombre de masse, noyau (d'une étoile), nucléon, nucléosynthèse, position, processus α , processus β , processus β^- , processus β^+ , processus triple alpha, rendement énergétique, série principale, soupape de sûreté, type spectral, vallée du fer.***

Vous devriez aussi être en mesure de répondre aux questions de révision suivantes :

1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 52, 53