

Activité 1. Comment déterminer la composition des étoiles à partir de la lumière reçue ?**Document 1 – Spectre d'absorption**

En utilisant un prisme ou un réseau, on peut décomposer la lumière blanche. Le spectre obtenu est composé d'une multitude de rayons colorés (rayons polychromatiques) et il est continu. C'est un spectre d'émission d'origine thermique.

Lorsque la lumière blanche traverse un gaz, on constate qu'il y a des raies noires dans son spectre, qui dépendent de la nature des atomes constituant le gaz. C'est un spectre de raies d'absorption.



Figure 1– Réseau

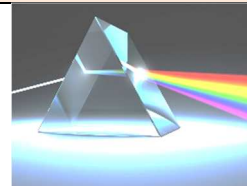
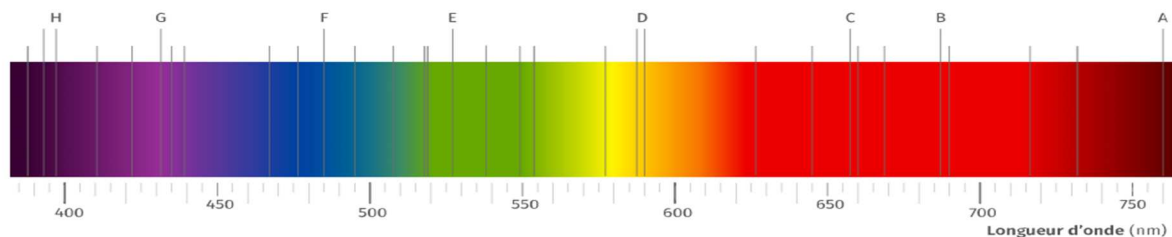


Figure 2– Prisme

Document 2 – Spectre du Soleil

Le spectre d'une étoile est la superposition d'un spectre d'émission d'origine thermique (fond coloré) et de raies d'absorption (spectre d'absorption). La longueur d'onde de ces raies permet d'identifier les éléments chimiques présents dans l'étoile. Dans le cas du Soleil, ces raies sont appelées « raies de Fraunhofer B », du nom du physicien et opticien allemand qui les a observées pour la première fois au XIX^e siècle. Les raies notées de A à H sont celles qu'il a identifiées en 1814

Document 3 – Les éléments chimiques dans les étoiles

Une étoile est un objet céleste en rotation, de forme sphérique, constitué essentiellement de plasma¹. Lors de sa formation, une étoile est essentiellement composée d'hydrogène et d'hélium. Par la suite sa composition évolue.

Élément	Hydrogène (Z=1)	Hélium (Z=2)	Oxygène (Z=8)	Carbone (Z=6)	Fer (Z=26)	Néon (Z=10)
Composition (en masse)	73,46%	24,85%	0,77%	0,29%	0,16%	0,12%

¹ L'état plasma est un état de la matière. Un exemple de plasma est la foudre.

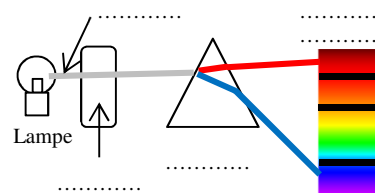
Document 4 – Longueurs d'ondes des principales raies d'absorption

Les longueurs d'ondes sont en nanomètre :

Hélium : 389 ; 588 ; 668 ; 706 ; 728

Hydrogène : 383 ; 389 ; 397 ; 410 ; 434 ; 486 ; 656

- 1) À l'aide de vos connaissances et du document 1, compléter le schéma ci-contre permettant d'obtenir un spectre de raies d'absorption.
- 2) L'atome d'hydrogène est caractérisé par plusieurs raies de longueurs d'onde 383 nm ; 389 nm ; 397 nm ; 410 nm ; 434 nm ; 486 nm ; 656 nm. Ces raies sont-elles identifiables sur le spectre du Soleil ?
- 3) Synthèse : Expliquer comment déterminer la composition d'une étoile ?

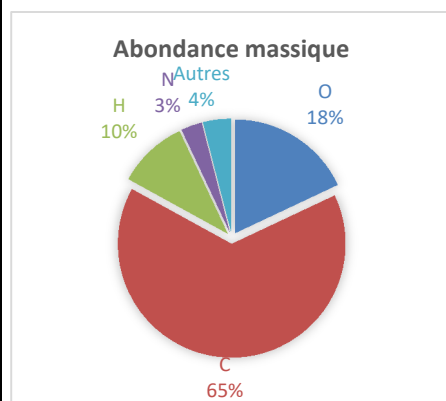
**Activité 2. Comment sont répartis les éléments chimiques ?****Document 5 – Dans la voie lactée**

N° atomique	Élément	Pourcentage en masse
1	Hydrogène	74%
2	Hélium	24%
8	Oxygène	1%
6	Carbone	0,5%
10	Néon	0,1%
26	Fer	0,1%
7	Azote	0,1%
14	Silicium	0,07%

Document 6 – Globe terrestre

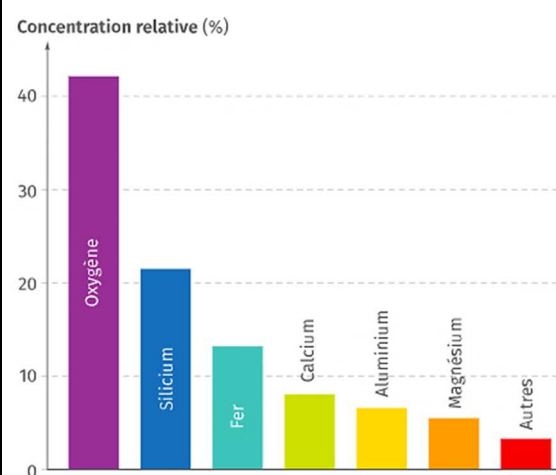
N° atomique	Élément	Pourcentage en masse
8	Oxygène	46%
12	Magnésium	16%
14	Silicium	14%
26	Fer	14%
13	Aluminium	16%
	Autres	8,4%

Document 7 – Chez les êtres vivants



Oxygène O
Carbone C
Hydrogène H
Azote N

Document 8 – Sur le sol Lunaire



- Réaliser les diagrammes circulaires de l'abondance des éléments dans l'Univers (prendre H, He et « autres »).
- Réaliser un diagramme bâton de l'abondance des éléments dans la croûte terrestre.
- Réaliser un diagramme bâton de l'abondance des éléments chez les êtres vivants.
- Donner les 2 principaux éléments constituant l'Univers, les 5 principaux éléments constituant la Terre, et les 4 principaux éléments constituant les êtres vivants.

Les attendus

- # Savoir comment déterminer la composition d'une étoile.
- # Savoir quels sont les éléments principaux constituant l'Univers, la Terre, les êtres vivants.

Réaliser des représentations graphiques.

Analyser différentes représentations graphiques.

Activité 3.

Document 9 – La nucléosynthèse stellaire

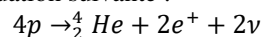
Quelques secondes après le Big Bang, les particules élémentaires fusionnent pour former les premiers noyaux d'atomes d'hydrogène, d'hélium et de lithium.

Ces noyaux fusionnent ensuite pour former les deux isotopes de l'hydrogène (deutérium et tritium), l'hélium 3 et 4, le lithium 6 et 7, ainsi que le béryllium 7.

Environ 300 secondes après le Big Bang, la température et la densité deviennent trop faibles pour que les réactions de fusion continuent.

Après la nucléosynthèse primordiale, les éléments plus lourds sont formés au sein des étoiles : c'est la nucléosynthèse stellaire. La fusion des atomes d'hydrogène peut s'expliquer selon deux mécanismes :

- la chaîne « proton-proton » au cours de laquelle des protons (noyaux d'hydrogène) fusionnent pour former des noyaux d'hélium 4, les « particules alpha (α) ». On peut résumer cette chaîne par l'équation suivante :

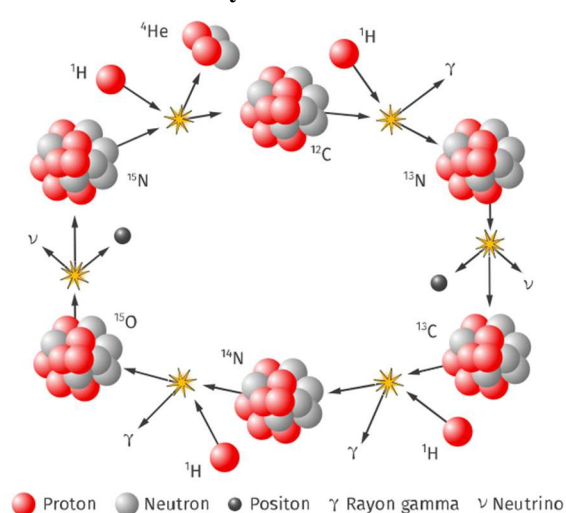


La réaction libère deux positons e^+ et deux neutrinos ν , ainsi que de l'énergie E . Cette réaction va se produire pendant la « séquence principale », la quasi-totalité de la vie de l'étoile.

- le cycle CNO.

D'autres réactions ont lieu, et les éléments chimiques plus lourds (jusqu'à $Z=26$, le fer) sont formés.

Document 10 – Le cycle CNO



Rappel : ${}^A_Z\text{X}$ représente le noyau de l'élément « X » composé de Z protons et A nucléons.

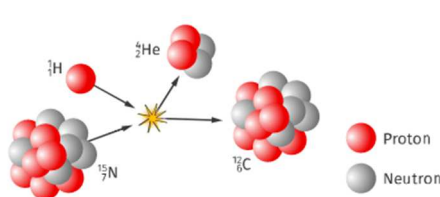
- Comparé par exemple au fer, que peut-on dire des premiers éléments formés juste après le big-bang ?
- Combien de neutron possède le noyau ${}^1_1\text{H}$? ${}^4_2\text{He}$?
- Pourquoi la fusion des noyaux s'est-elle arrêtée rapidement après le big-bang ?
- Les éléments tels que le fer, se sont-ils formés lors de la nucléosynthèse primordiale ?
- D'après la chaîne proton-proton,

Physique - Chimie

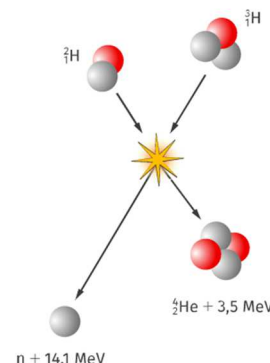
- Combien de protons faut-il pour former un noyau d'hélium 4 ?
- Combien de proton possède le noyau d'hélium 4 ?
- D'après-vous, que sont devenus les 2 autres protons ?

Activité 4.**Document 11 – Fusion nucléaire et fission nucléaire**

Au cours d'une réaction de fusion, des noyaux légers forment un noyau plus lourd en éjectant une particule et en libérant de l'énergie. L'équation de la fusion du deutérium avec le tritium s'écrit : ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$. La réaction libère une énergie de 17,6 MeV.



Au cours d'une réaction de fission, des noyaux lourds se cassent en deux noyaux plus légers sous l'impact d'un neutron. La réaction s'accompagne de l'éjection d'une particule et libère de l'énergie. L'équation de la fission de l'azote bombardé par un proton s'écrit : ${}^{15}_7\text{N} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^4_2\text{He}$. La réaction libère une énergie de 4,96 MeV.



13) Sur le document 11, identifier le schéma correspondant à la fusion et celui correspondant à la fission.

14) Quel est le point commun des deux réactions ?

15) Calculer l'énergie libérée lors de la fusion du deutérium et du tritium. $1\text{MeV} = 1,602 \times 10^{-13}\text{J}$.

- # Connaître l'origine des éléments légers et l'origine des noyaux lourds
- # Définir la fusion et la fission
- # Reconnaître une réaction de fusion ou de fission d'après l'équation

Activité 5.**Document 12 – Sur la piste de la radioactivité**

À l'automne 1895, Wilhem Röntgen étudie le passage du courant électrique à travers un gaz emprisonné dans un tube en verre. Il observe qu'un carton recouvert de baryum platino-cyanide devient fluorescent lorsqu'il est frappé par les rayons émis par le tube. Il nomme ces mystérieux rayons « rayons X ». Ces rayons traversent une feuille de papier opaque, font scintiller un écran fluorescent mais sont arrêtés par les os.

À la suite de cette découverte Henri Poincaré écrivait dans un article de la *Revue générale des Sciences*, paru le 30 janvier 1896 : « Ainsi c'est le verre qui émet les rayons Röntgen et il les émet en devenant fluorescent. Ne peut-on alors se demander si tous les corps dont la fluorescence est suffisamment intense n'émettent pas, outre les rayons lumineux, des rayons X de Röntgen, quelle que soit la cause de leur fluorescence ? ».

Becquerel, qui travaillait sur la fluorescence, veut savoir, tout comme Poincaré, s'il y a ou non un lien entre les rayons X et la fluorescence.

D'après <http://www.bibnum.education.fr>

Document 13 – Découverte de la radioactivité

Le 24 février 1896 Becquerel écrit que pour qu'un corps devienne luminescent, on doit l'exposer à la lumière. Il faut exposer au soleil l'uranium, mais pas la plaque photographique qui doit détecter les rayons X. Becquerel enveloppe, par conséquent, ses plaques photographiques dans du carton noir, et met les cristaux de sels d'uranium dessus. Après exposition, il constate que les plaques ont été impressionnées, alors que des plaques témoins, sans sels, ne le sont pas. Tout semble confirmer l'idée que les sels d'uranium émettent effectivement des rayons X pendant leur fluorescence.

La semaine d'après, il veut répéter son expérience le 26 et le 27 février. Hélas ! Paris est recouvert de nuages. Becquerel abandonne ses échantillons dans un tiroir, remettant son expérience à plus tard. « Le soleil ne s'étant pas montré de nouveau les jours suivants, j'ai développé les plaques photographiques le 1er mars, en m'attendant à trouver des images très faibles. Les silhouettes apparurent, au contraire, avec une grande intensité. »

Avant de reprendre ses travaux, le dimanche 1er mars, il développe par acquit de conscience ses plaques photographique, dont tout laisse à penser qu'elles sont vierges puisque l'uranium était à l'abri du soleil. À sa stupéfaction, elles sont, au contraire, fortement impressionnées.

D'après *Sur les radiations invisibles émises par les corps phosphorescents* Henri Becquerel

Document 14 – La découverte du radium

Marie Curie, qui cherche alors un sujet de thèse de doctorat, choisit de se consacrer à l'étude des rayons de Becquerel. Elle commence en 1897 ses travaux de thèse sur l'étude des rayonnements produits par l'uranium, à ce moment-là encore appelés rayons uraniques car on les croit spécifiques à cet élément jusqu'à ce qu'elle découvre la radioactivité du thorium.

En 1898, Pierre Curie rejoint son épouse sur son étude de la radioactivité. Leur but est d'isoler des roches radioactives les éléments à l'origine du rayonnement inconnu.

Le raffinage du minerai, appelé pechblende (riche en uranium), procédé dangereux, est réalisé dans un hangar qui se trouve à côté de l'atelier, séparé uniquement par une cour. Ils découvrent effectivement deux nouveaux éléments. Le 18 juillet 1898, Marie Curie annonce la découverte du polonium, quatre cents fois plus radioactif que l'uranium, nommé ainsi par

l'Académie des sciences en référence à son pays d'origine, la Pologne. Le 26 décembre, avec Gustave Bémont qui les a rejoints, elle annonce la découverte du radium, neuf cents fois plus rayonnant que l'uranium ; il aura fallu traiter plusieurs tonnes de pechblende pour obtenir moins d'un gramme de cet élément.

En juillet 1902, elle obtient un décigramme de chlorure de radium, qui lui permet d'identifier la position de cet élément dans le tableau de Mendeleïev. Elle soutient sa thèse de doctorat en sciences physiques, intitulée Recherches sur les substances radioactives, le 25 juin 1903 devant la faculté des sciences de l'université de Paris ; elle obtient la mention « très honorable ».

Le 10 décembre 1903, Marie Curie reçoit avec son mari Pierre Curie et Henri Becquerel, le prix Nobel de physique « en reconnaissance de leurs services rendus, par leur recherche commune sur le phénomène des radiations découvert par le professeur Henri Becquerel.

D'après wikipedia



Photographie aux rayons X de la main d'Anna, l'épouse de Röntgen prise le 22 décembre 1895.



Henri Becquerel



Pierre et Marie Curie dans leur laboratoire vers 1906.

- 16) Quel phénomène physique a été découvert par Röntgen ?
- 17) Quelle question se sont posés Becquerel et Poincaré ?
- 18) Quel est l'hypothèse de travail de Becquerel ?
- 19) Que peut-on dire de l'impression des plaques photographiques ? Dépend-elle de la fluorescence de l'uranium ?
- 20) L'hypothèse de Becquerel était-elle vraie ?

Activité 6.

Document 15 – Demi-vie

La demi-vie (ou période) d'un isotope radioactif est le temps au bout duquel la moitié des noyaux de cet isotope initialement présents se sont désintégrés. Chose remarquable, pour un isotope radioactif donné, quel que soit la quantité initiale et l'instants initial, **au bout d'une demi-vie, le nombre de noyau sera divisé par deux.**

On considère un échantillon de cobalt 60 de $N = 80$ noyaux radioactifs. La demi-vie du cobalt 60 est d'environ 5 ans.

- 21) Trace un repère avec en abscisse le temps (1 cm \leftrightarrow 5 ans) et en ordonnée le nombre de noyau (1 cm \leftrightarrow 10 noyaux).
- 22) Placer le nombre de noyaux restant tous les 5 ans en vous aidant du document 15. Relier les points.
- 23) Au bout de combien de temps restera-t-il 10 noyaux ?
- 24) Au bout de 4 demi-vies, combien restera-t-il de noyau ?

Exercice 1.

Un morceau de charbon a été retrouvé à l'entrée d'une grotte et on le soumet à une datation au carbone 14. Cet élément radioactif est présent dans tout être vivant à un taux constant. À leur mort, les échanges de matière avec le milieu n'ayant plus lieu, le taux de carbone 14 diminue car il se désintègre. La mesure de ce taux dans un échantillon permet donc de dater approximativement sa mort.

Données :

La demi-vie du carbone 14 est de $t_{1/2} = 5\,734$ ans.

Question

Déterminez l'âge du morceau de charbon sachant que l'activité de l'échantillon testé montre que le nombre d'atomes de carbone 14 est 16 fois plus faible qu'à sa formation.