

Les éléments chimiques dans l'univers et leur origine

Comment la diversité des éléments chimiques est-elle apparue ?

Document 1 : Abondance des éléments chimiques

On recense une centaine d'éléments chimiques dans l'univers. Le tableau ci-dessous donne le pourcentage, en nombre d'atomes, des principaux éléments chimiques présents sur Terre, dans l'Univers et dans le corps humain :

	H	He	C	N	O	Mg	Si	S	Fe
Corps humain	63	0	9,4	1,4	25,4	0,01	0	0,05	0,010
Terre	0,20	0,0004	0,20	0,030	49	17	14	3,7	14
Univers	90	8,0	0,008	0,015	0,057	0,0020	0,0023	0,0010	0,0014

Remarque : les éléments chimiques sont classés par masse croissante

Questions :

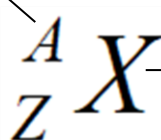
- En utilisant le un tableur-grapheur (EXCEL) Tracer les diagrammes suivants :
 - Diagramme secteur représentant l'abondance des éléments chimique dans le corps humain
 - Diagramme secteur représentant l'abondance des éléments chimique sur Terre
 - Diagramme secteur représentant l'abondance des éléments chimique dans l'univers
 - Histogramme représentant l'abondance des éléments dans le corps humain, sur Terre et dans l'Univers
- Comparer les éléments chimiques les plus présent dans l'Univers et sur la Terre.
- Comment expliquer la présence des 2 éléments chimiques les plus abondants dans les êtres vivants ?

Quelques éléments de connaissances :

- L'atome est formé d'un noyau et d'électrons qui gravitent autour.
- Le noyau est constitué de protons chargés positivement et de neutrons électriquement neutres. Protons et neutrons sont appelés nucléons
- Représentation d'un noyau :

A : Nombre de masse, correspond au nombre total de nucléons (protons + neutrons) contenus dans le noyau

Z : Numéro atomique, correspond au nombre de protons contenus dans le noyau



X : Symbole de l'élément chimique, défini par le nombre de portons : tous les noyaux qui comptent le même nombre de portons appartiennent au même élément chimique

- Les éléments chimiques sont classés par Z croissants dans un tableau établi par Mendeleïev à la fin du XIX^{ème} siècle, appelé classification périodique des éléments
- On appelle isotopes, des édifices dont les noyaux ont même Z mais qui diffèrent par leurs valeurs de A. Deux isotopes ont même nombre de protons, ils appartiennent au même élément chimique ; ils diffèrent par leurs nombres de neutrons.

Exemple : ${}^1_6\text{C}$ ${}^{13}_6\text{C}$ ${}^{14}_6\text{C}$

Questions :

- Décrire le noyau d'oxygène 16 dont la représentation est la suivante : $^{16}_8\text{O}$.
- En déduire la représentation du noyau d'oxygène 18.
- Représenter un noyau d'hélium 4, sachant que l'hélium occupe la 2^{ème} place dans la classification périodique
- Le deutérium est l'isotope le plus simple de l'hydrogène. Décrire ce noyau et donner sa représentation.
- Donner la représentation d'un proton (choisir « p » pour le symbole)
Donner la représentation d'un neutron (choisir « n » pour le symbole)
Donner la représentation d'un électron (choisir « e » pour le symbole)

Document 2 : Chronologie de la formation de l'univers – La théorie du Big Bang

<https://www.youtube.com/watch?v=OVDzfgxUm54>

Questions :

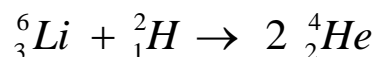
- Selon la théorie du Big Bang, quel est l'âge de notre univers ?
- Que s'est-il passé au premier instant du Big Bang ?
- Quels sont les constituants des protons et des neutrons ? Quelles sont les phénomènes qui permettent à ces particules de s'associer ?
- Quels sont les premiers noyaux qui se forment ? Au bout de combien de temps ?
- Au bout de combien de temps voit-on apparaître les premiers atomes ? Expliquer leur formation.
- Combien de temps faut-il attendre pour voir la formation des premières étoiles ? A quoi attribue-t-on leur formation ?
- En quoi le modèle du Big Bang permet-il d'expliquer l'abondance des éléments chimiques dans l'univers constatée dans l'exploitation du document 1 ?
- D'où proviennent les éléments chimiques qui abondent sur Terre ?
- Pour valider la théorie du Big Bang, qu'essaie-t-on de mettre en évidence dans notre univers ?

Document 3a : Réactions de fusion dans les étoiles

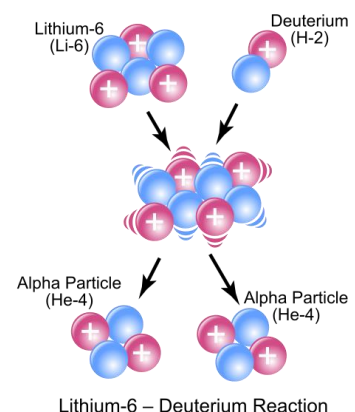
Dans les étoiles, ce ne sont pas les réactions chimiques qui sont à l'origine de l'énergie dégagée par l'étoile, mais des réactions de « fusion nucléaire ».

Au cours d'une fusion nucléaire, deux noyaux atomiques entrent en collision pour former un noyau plus gros et produisent des produits différents des particules originelles.

Par exemple, La réaction de fusion nucléaire représentée ci-contre est modélisée par l'équation suivante :



Remarque : les réactions nucléaires s'accompagnent souvent d'une émission d'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques, les rayons γ (qu'on ne notera pas dans l'équation de la réaction nucléaire).



Questions :

- A partir de l'exemple donné, que remarquez-vous au sujet de la somme des numéros atomiques Z et de la somme des nombres de masse A ? En déduire une règle pour équilibrer les réactions nucléaires.

19. Quelles sont les différences entre les réactions nucléaires et les réactions chimiques ?

Document 3b : Nucléosynthèse stellaire

La matière qui nous entoure et nous constitue est faite d'une centaine d'éléments chimiques que nous retrouvons jusqu'aux confins de l'Univers. L'astrophysique nucléaire explique l'origine de ces éléments chimiques par la nucléosynthèse, c'est-à-dire la synthèse des noyaux d'atomes dans différents sites astrophysiques comme les étoiles.

Les étoiles enchaînent des cycles de réactions nucléaires. La nucléosynthèse dans les étoiles permet ainsi d'expliquer l'origine et l'abondance des éléments indispensables à la vie comme le carbone, l'oxygène, l'azote et le fer.

CEA : <https://www.youtube.com/watch?v=WHSIzHtT9yQ>

Le Monde (5'18'') : https://www.lemonde.fr/sciences/video/2019/08/18/comment-les-etoiles-creent-la-matiere-en-jouant-aux-lego_5500464_1650684.html

Données : représentation de quelques noyaux et particules :

Hydrogène (ou proton) : ${}_1^1\text{H}$ (ou ${}_1^1\text{p}$) Deutérium : ${}_1^2\text{H}$ Hélium 3 : ${}_2^3\text{He}$ Hélium 4 : ${}_2^4\text{He}$

Electron : ${}_{-1}^0\text{e}$ Positon : ${}_{+1}^0\text{e}$

20. Compléter les équations des réactions nucléaires ci-dessous par la représentation complète du noyau de l'atome manquant. Préciser pour chaque réaction s'il s'agit d'une fusion ou d'une désintégration spontanée

Réactions	Durée du cycle de fusion pour une étoile en fonction de la masse M de l'étoile		
	M < 0,3xM _{Soleil}	M ≈ M _{Soleil}	M > 25xM _{Soleil}
..... de l'hydrogène $4 {}_1^1\text{H} \rightarrow \quad + 2 {}_1^0\text{e}$	~800 milliards d'années	10-12 milliards d'années	7 millions d'années
..... de l'hélium : $2 {}_2^4\text{He} \rightarrow$ ${}_2^4\text{He} + \quad \rightarrow {}_6^{12}\text{C}$	S'arrête avant d'atteindre ce stade	~200 millions d'années	500 000 ans
..... du carbone : $2 {}_6^{12}\text{C} \rightarrow \quad + {}_2^4\text{He}$		S'arrête avant d'atteindre ce stade	200 ans
..... du néon : ${}_{10}^{20}\text{Ne} \rightarrow {}_8^{16}\text{O} +$			1 an
..... de l'oxygène : $2 {}_8^{16}\text{O} \rightarrow \quad + {}_2^4\text{He}$			5 mois
..... du silicium : $2 {}_{14}^{28}\text{Si} \rightarrow \quad + {}_2^4\text{He}$			~1 jour

Les explosions d'étoiles, sous la forme de supernovae, diffusent les noyaux formés par la nucléosynthèse dans l'espace et expliquent la formation des éléments chimiques les plus lourds comme l'or, le platine ou le plomb.

Extrait de la classification :

Classification périodique des éléments

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	← colonnes	
1	1 H Hydrogène 1,0																		2 He Hélium 4,0	4
2	3 Li Lithium 6,9	4 Be Béryllium 9,0											5 B Bore 10,8	6 C Carbone 12,0	7 N Azote 14,0	8 O Oxygène 16,0	9 F Fluor 19,0	10 Ne Néon 20,2		
3	11 Na Sodium 23,0	12 Mg Magnésium 24,3											13 Al Aluminium 27,0	14 Si Silicium 28,1	15 P Phosphore 31,0	16 S Soufre 32,1	17 Cl Chlore 35,5	18 Ar Argon 39,9		
4	19 K Potassium 39,1	20 Ca Calcium 40,1	21 Sc Scandium 45,0	22 Ti Titane 47,9	23 V Vanadium 50,9	24 Cr Chrome 52,0	25 Mn Manganèse 54,9	26 Fe Fer 55,8	27 Co Cobalt 58,9	28 Ni Nickel 58,7	29 Cu Cuivre 63,5	30 Zn Zinc 65,4	31 Ga Gallium 69,7	32 Ge Germanium 72,6	33 As Arsenic 74,9	34 Se Sélénium 79,0	35 Br Brome 79,9	36 Kr Krypton 83,8		
5	37 Rb Rubidium 85,5	38 Sr Strontium 87,6	39 Y Yttrium 88,9	40 Zr Zirconium 91,2	41 Nb Niobium 92,9	42 Mo Molybdène 95,9	43 Tc Technétium 98,9	44 Ru Ruthénium 101,1	45 Rh Rhodium 102,9	46 Pd Palladium 106,4	47 Ag Argent 107,9	48 Cd Cadmium 112,4	49 In Indium 114,8	50 Sn Étain 118,7	51 Sb Antimoine 121,7	52 Te Tellure 127,6	53 I Iode 126,9	54 Xe Xénon 131,3		
6	55 Cs Césium 132,9	56 Ba Baryum 137,3	L	72 Hf Hafnium 178,5	73 Ta Tantale 180,9	74 W Tungstène 183,9	75 Re Rhénium 186,2	76 Os Osmium 190,2	77 Ir Iridium 192,2	78 Pt Platine 195,1	79 Au Or 197,0	80 Hg Mercure 200,6	81 Tl Thallium 204,4	82 Pb Plomb 207,2	83 Bi Bismuth 209,0	84 Po Polonium ≈ 209	85 At Astate ≈ 210	86 Rn Radon ≈ 222		
7	87 Fr Francium ≈ 223	88 Ra Radium ≈ 226	A	104 Rf Rutherfordium ≈ 267	105 Db Dubnium ≈ 268	106 Sg Seaborgium ≈ 269	107 Bh Bohrium ≈ 270	108 Hs Hassium ≈ 277	109 Mt Meitnérium ≈ 278	110 Ds Darmstadtium ≈ 281	111 Rg Roentgenium ≈ 282	112 Cn Copernicium ≈ 285	113 Nh Nihonium ≈ 286	114 Fl Flévorium ≈ 289	115 Mc Moscovium ≈ 289	116 Lv Livermorium ≈ 293	117 Ts Tennessine ≈ 294	118 Og Oganesson ≈ 294		
				57 La Lanthane 138,9	58 Ce Cérium 140,1	59 Pr Praséodyme 140,9	60 Nd Néodyme 144,2	61 Pm Prométhium ≈ 145	62 Sm Samarium 150,4	63 Eu Europium 152,0	64 Gd Gadolinium 157,2	65 Tb Terbium 158,9	66 Dy Dyprosium 162,5	67 Ho Holmium 164,9	68 Er Erbium 167,3	69 Tm Thulium 168,9	70 Yb Ytterbium 173,0	71 Lu Lutétiem 175,0		
				89 Ac Actinium ≈ 227	90 Th Thorium 232,0	91 Pa Protactinium 231,0	92 U Uranium 238,0	93 Np Neptunium ≈ 237	94 Pu Plutonium ≈ 244	95 Am Américium ≈ 243	96 Cm Curium ≈ 247	97 Bk Berkélium ≈ 247	98 Cf Californium ≈ 251	99 Es Einsteinium ≈ 254	100 Fm Fermium ≈ 257	101 Md Mendélévium ≈ 258	102 No Nobélium ≈ 259	103 Lr Lawrencium ≈ 260		

↑ périodes