

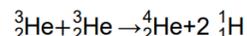
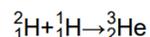
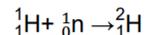
Eléments chimiques – Exercices – Devoirs

Exercice 1 corrigé disponible

Partie 1 - La formation de la Terre dans l'Univers

Document 1a. La nucléosynthèse primordiale

La nucléosynthèse primordiale a lieu lors des premières minutes de l'existence de l'Univers. Les protons et les neutrons apparaissent puis s'assemblent pour former les premiers noyaux d'hydrogène et d'hélium, suivant les réactions suivantes :

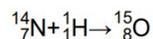
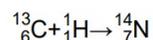
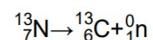
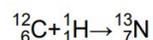


Puis rapidement, l'espace se dilate, entraînant la chute de la température et l'éloignement des noyaux formés. La formation de noyaux plus lourds devient impossible. L'Univers est alors formé de 90% de noyaux d'hydrogène et de 10% de noyaux d'hélium, cette composition reste figée pendant quelques centaines de millions d'années, jusqu'à ce que les premières étoiles apparaissent.

Document 1b. La nucléosynthèse stellaire

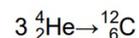
Les travaux menés par Hans Bethe vers 1935 expliquèrent comment l'oxygène pouvait se former dans les étoiles par le cycle dit « carbone-oxygène-azote »

Extrait du cycle « Carbone-Azote-Oxygène » :



Puis en 1951 Edwin Salpeter expliqua comment les étoiles pouvaient transformer l'hélium en carbone par la réaction dite « triple alpha »

Équation de la réaction triple alpha :



À la fin de sa vie, l'étoile explose et disperse ces noyaux dans l'Univers permettant la formation d'autres étoiles, de planètes et, au moins sur Terre, d'êtres vivants.

Document 2. Abondance relative des éléments chimiques dans le globe terrestre

Élément chimique	Part en pourcentage
Oxygène	48,8 %
Magnésium	16,5 %
Fer	14,3 %
Silicium	13,8 %
Soufre	3,7 %
Autres	2,9 %

- 1- Indiquer quel type de réaction (fusion ou fission) est à l'œuvre lors de la nucléosynthèse primordiale.
- 2- Expliquer comment les travaux de Salpeter ont complété ceux de Bethe.
- 3- Expliquer pourquoi la composition de l'Univers à la fin de la nucléosynthèse primordiale diffère de celle du globe terrestre.

Exercice 2 corrigé disponible

L'or, élément de numéro atomique $Z=79$, a de tout temps été un métal fort prisé notamment pour son caractère ductile et inoxydable. C'est une valeur refuge en économie et un métal précieux tant en orfèvrerie qu'en médecine ou dans l'industrie.

Partie 1 : Estimation de quelques masses d'or.

Le World Gold Council, union des principales compagnies mondiales de l'industrie aurifère, estime que si tout l'or extrait depuis le début de l'humanité – bijoux, lingots et masque de Toutankhamon inclus – était fondu en un seul bloc, il formerait un cube de 21 mètres de côté. Bien plus petit que l'Arc de triomphe de l'Étoile à Paris !

En 2016, 13% de l'extraction d'or au niveau mondial a été réalisée en Chine, ce qui représente 455 tonnes.

- 1- Sachant que la masse volumique de l'or est $19,3 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, calculer la masse totale de l'or extrait depuis le début de l'humanité. On exprimera le résultat en tonnes.
- 2- Calculer la masse de l'or extrait dans le monde en 2016.

Partie 2 : Peut-on transformer du plomb en or ?

La transmutation¹ de métaux non précieux en or était, dès le Moyen-Âge, l'objectif principal des alchimistes. Aucun n'a jamais atteint cet objectif.

Le développement de la science moderne a cependant permis de montrer qu'il est effectivement possible de réaliser cette transmutation, mais avec des méthodes bien différentes de ce que les alchimistes avaient pu proposer.

Voici un extrait du tableau établi par Dmitri Mendeleïev (1834 – 1907) donnant la classification périodique des éléments :

78 Pt Platine	195,078	79 Au Or	196,9665	80 Hg Mercure	200,59	81 Tl Thallium	204,3833	82 Pb Plomb	207,2
----------------------------	---------	-----------------------	----------	----------------------------	--------	-----------------------------	----------	--------------------------	-------

3 – Préciser le nombre de protons que l'on doit arracher à un noyau de mercure pour obtenir un noyau d'or. Préciser si ce type de transformation est une transformation chimique, physique ou nucléaire.

4 – En utilisant le tableau de Mendeleïev, indiquer pourquoi il semble *a priori* plus facile de transformer du mercure en or que du plomb en or.

Document 1 : Peut-on obtenir de l'or à partir d'un autre métal ?

Pour casser un noyau de plomb, on sait aujourd'hui qu'il faut fournir beaucoup d'énergie, de l'ordre de celle mise en jeu dans les réacteurs nucléaires et les accélérateurs de particules.

Du coup, réaliser la transformation coûte vraiment très cher et le prix de revient de l'or obtenu est infiniment plus élevé que celui du marché. L'obtention d'un gramme d'or se chiffrait en effet en centaines de millions d'euros. L'opération perd donc tout son intérêt et personne n'a tenté de la réaliser. Pourtant il arrive que de l'or soit créé en quantité infime dans les réacteurs nucléaires ou les accélérateurs de particules comme une conséquence collatérale de leur fonctionnement normal. [...]

Il existe, dans le Tennessee aux Etats Unis, un complexe du département de l'énergie américain, le laboratoire d'Oak Ridge, qui possède l'une des plus puissantes sources de neutrons dans le monde. Le principe de cet instrument est de bombarder une cible de mercure avec des neutrons afin d'extraire des protons de très haute énergie. Au cours des collisions entre les protons et les noyaux de mercure, il se passe beaucoup de choses : certains protons sont capturés par des noyaux, certains noyaux se cassent en émettant des protons et des neutrons, ... au final, un ou deux atomes de mercure sont transformés en atome d'or. Mais la quantité est bien trop infime pour être exploitable.

Inspiré de la vidéo KESAKO <https://www.youtube.com/watch?v=MHipsqUGUP8>

5-a) A partir du document 2, identifier l'affirmation exacte parmi les 4 affirmations suivantes. Recopier l'affirmation exacte sur la copie et justifier la réponse.

- (a) La masse d'or obtenue à partir du mercure par bombardement de neutrons est une fonction décroissante de la durée du bombardement.
- (b) La masse d'or obtenue à partir du mercure par bombardement de neutrons est proportionnelle à la durée du bombardement.

- (c) La masse d'or obtenue à partir du mercure par bombardement de neutrons est proportionnelle au carré de la durée du bombardement.
- (d) La masse d'or obtenue à partir du mercure par bombardement de neutrons ne dépend pas de la durée du bombardement.

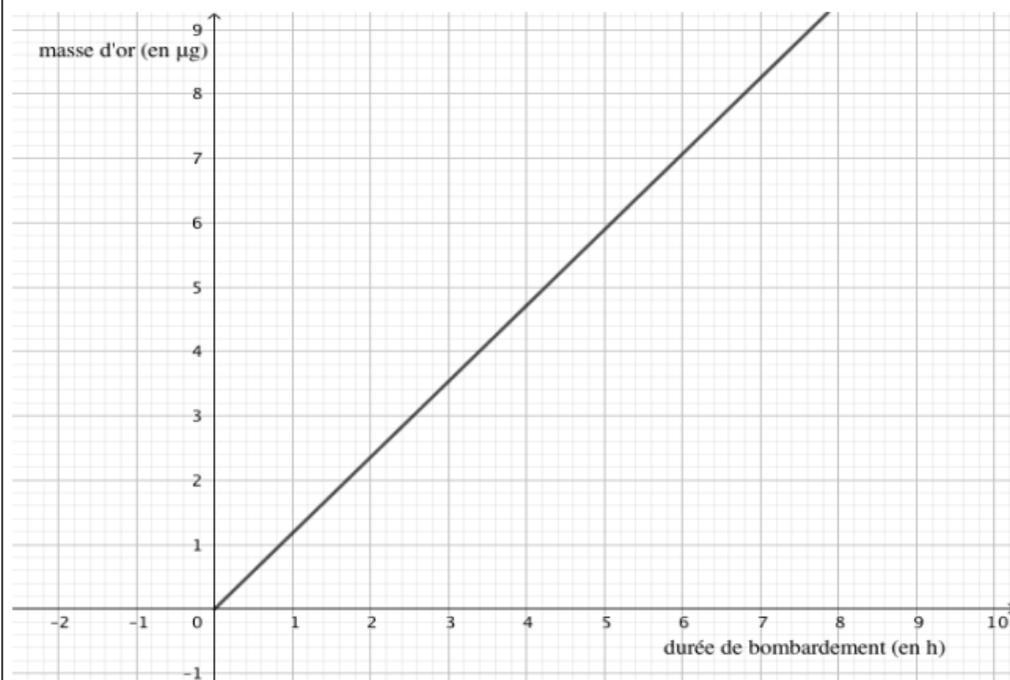
5-b) Avec la précision permise par le graphique, déterminer la durée du bombardement permettant d'obtenir 6 µg d'or, puis la masse d'or obtenue à l'issue de 3 heures de bombardement.

5-c) Calculer la masse d'or obtenue au bout d'un jour. Montrer qu'en une année, on peut ainsi produire environ 10 mg d'or.

6- Estimer le prix (en euro) d'un gramme d'or acheté sur le marché.

7- Justifier l'affirmation du document 1 « L'opération perd donc tout son intérêt ».

Document 2 : Représentation graphique de la fonction donnant la masse d'or obtenue par bombardement de neutrons d'un échantillon de mercure en fonction de la durée du bombardement :



Document 3 : Cours de l'or

Sur les marchés, l'or est coté à la bourse. La cotation se fait en USD²/once (une once correspond à environ 31 g d'or). Au 31 mai 2019, le cours était 1 305,80 USD/once, soit 1 166,05 EUR/once.

Exercice 3 corrigé disponible

L'Union Européenne a interdit le commerce de l'ivoire depuis 1989, à l'exception de celui des antiquités acquises avant 1947. Selon un rapport remis à la Commission européenne en juillet 2018, l'ivoire vendu en Europe proviendrait pourtant essentiellement de défenses d'éléphants abattus récemment. Ce rapport s'appuie sur des résultats obtenus par datation au carbone ^{14}C de l'ivoire saisi par les autorités. Les trafiquants contournent la loi en faisant passer l'ivoire récent pour de l'ivoire ancien.

1- Expliquer le principe d'une datation utilisant un isotope radioactif.

2- Parmi les propositions suivantes, indiquer sur votre copie celle qui correspond à la désintégration du carbone 14.

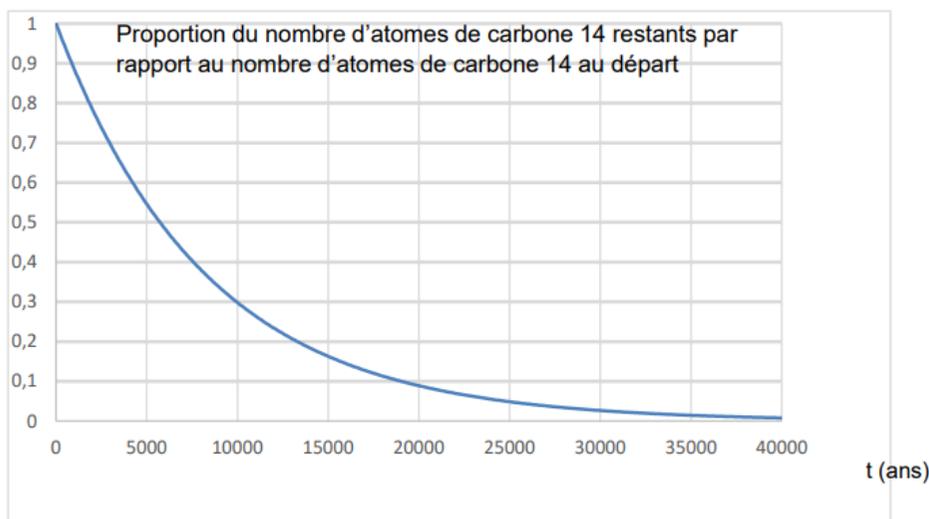
- a) $^{18}_8\text{O} \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ^4_2\text{He}$
- b) $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + ^0_{-1}\text{e}$
- c) $^6_2\text{He} + ^8_4\text{Be} \rightarrow ^{14}_6\text{C}$

3- Le document 1 indique que la demi-vie du carbone 14 est de 5730 ans. Expliquer le terme « demi-vie ».

4- On considère un échantillon d'ivoire d'éléphant contenant à un instant donné 16 milliards de noyaux de carbone 14. Calculer le nombre de noyaux de carbone 14 restants au bout de :

- 4-a- 5 730 ans.
- 4-b- 11 460 ans.
- 4-c- 17190 ans.

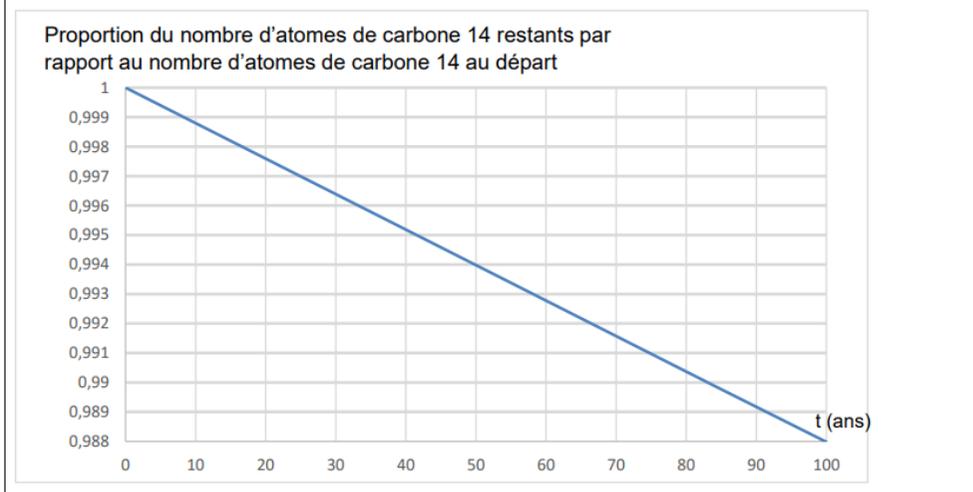
Document 2. Courbe de décroissance du carbone 14 sur 40 000 ans



5- Estimer le nombre de noyaux de carbone 14 restants après 25 000 ans.

On s'intéresse désormais à la datation au carbone 14 d'échantillons d'ivoire plus récents. Sur une période de 100 ans, on peut approcher la portion de courbe du document 2 par un segment de droite représenté dans le document 3.

Document 3. Décroissance radioactive du carbone 14 sur 100 ans



6- En 2019, l'analyse d'un échantillon d'ivoire d'éléphant a permis d'estimer à 0,994 la proportion d'atomes de carbone 14 restants par rapport au nombre initial d'atomes de carbone 14.

6-a- En utilisant le document 3, dater la mort de l'éléphant.

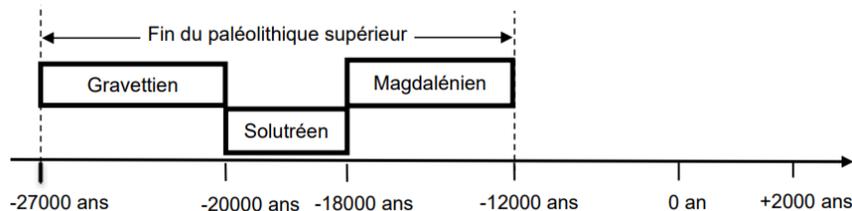
6-b- Cet ivoire provient-il d'un éléphant abattu illégalement ? Justifier la réponse.

Exercice 4 corrigé disponible

Les analyses stylistiques des peintures et des objets ornant une grotte d'Europe de l'ouest ont permis aux paléanthropologues de dater son occupation par *Homo sapiens* à la fin du Paléolithique supérieur.

Un désaccord persiste cependant entre les scientifiques lorsqu'il s'agit de préciser si les peintures et objets ont été réalisés au Gravettien, au Solutréen ou au Magdalénien, les trois dernières périodes géologiques du Paléolithique supérieur comme l'indique le document ci-dessous.

Les périodes géologiques de la fin du Paléolithique supérieur



D'après <https://multimedia.inrap.fr/archeologie-preventive/chronologie-generale>

Remarque : la proportionnalité sur l'échelle des temps n'est pas respectée.

1. Préciser ce qui distingue un noyau stable d'un noyau radioactif. Définir la demi-vie d'un isotope radioactif. Préciser si, pour un échantillon macroscopique contenant cet isotope, la demi-vie dépend de la quantité d'isotopes présente initialement.
2. L'élément carbone présent dans le bois d'un végétal provient de l'air et a été assimilé dans le végétal grâce à la photosynthèse au niveau des feuilles. En analysant le document ci-après, justifier l'utilisation de la méthode de datation au carbone 14 pour dater les peintures ornant la paroi de cette grotte.
3. Compléter la courbe en annexe représentant la décroissance radioactive du nombre d'atomes de ^{14}C au cours du temps (*annexe à rendre avec la copie – les coordonnées des points calculés doivent être précisées*).
4. En s'appuyant sur les documents ci-après, expliquer, sous la forme d'une courte rédaction argumentée, comment la datation au ^{14}C permet de faire évoluer le désaccord entre les scientifiques sur la période de réalisation des peintures.

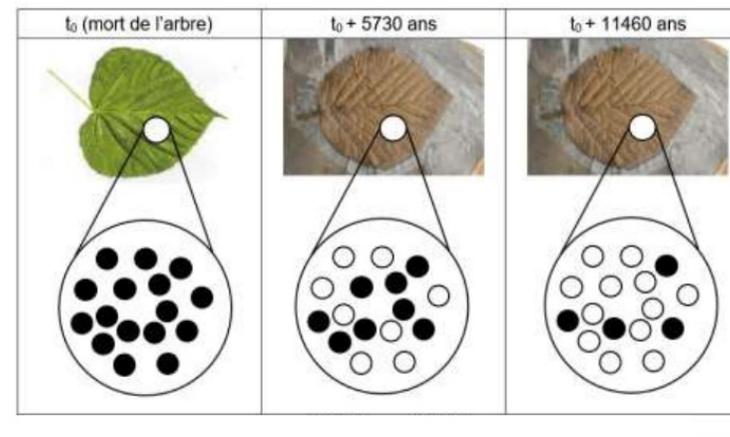
Document.

Principe de la datation au carbone 14

Le carbone 14 (^{14}C) est un noyau radioactif en proportion constante dans l'atmosphère. Les êtres vivants, formant la biosphère, échangent entre eux ainsi qu'avec l'atmosphère du dioxyde de carbone (CO_2) dont une fraction connue comprend du carbone 14. Tout être vivant contient donc dans son organisme du ^{14}C en même proportion que l'atmosphère. À sa mort, un être vivant cesse d'absorber du dioxyde de carbone, par contre le carbone 14 qu'il contient continue à se désintégrer. En 5730 ans la moitié des atomes de carbone 14 aura disparu d'un échantillon macroscopique de cet être vivant. C'est la demi-vie ($t_{1/2}$) de ce noyau radioactif. Au-delà de 8 demi-vie, la quantité de ^{14}C présente dans l'échantillon, inférieure à 1 %, est trop faible pour que la méthode puisse être utilisée pour dater un évènement.

Document.

Décroissance du nombre d'atomes de ^{14}C dans une feuille fossilisée après sa mort.

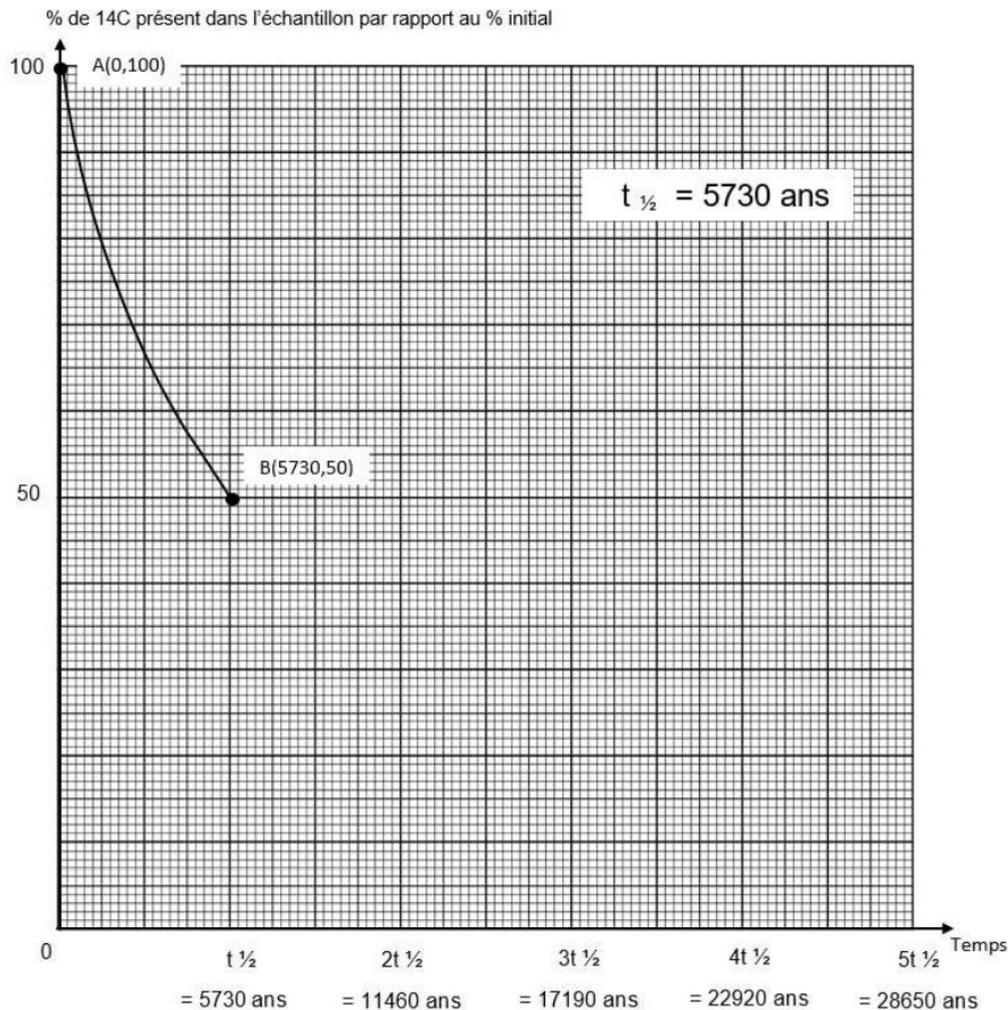


- Grand nombre d'atomes de ^{14}C
- Grand nombre d'atomes de ^{14}N

Source : illustration de l'auteur

Résultats des mesures effectuées sur un fragment de charbon de bois prélevé dans la grotte

Pour réaliser les peintures ornant les parois de la grotte, les êtres humains du Paléolithique supérieur ont utilisé du charbon de bois. Les mesures, réalisées sur un prélèvement de ce charbon de bois par les scientifiques, montrent que la quantité de ^{14}C mesurée en l'an 2000 n'est plus égale qu'à 8,0 % de la quantité de ^{14}C initialement présent dans l'échantillon.



Exercice 5 corrigé disponible

1. Les deux éléments chimiques les plus abondants dans l'Univers a. sont le carbone et le silicium. b. sont le carbone et l'oxygène. c. sont l'hydrogène et l'hélium.	2. Les réactions à l'origine de la formation des atomes dans les étoiles * a. sont des fusions nucléaires. b. sont des fissions nucléaires. c. sont des réactions chimiques.	*
4. Les premiers noyaux d'hydrogène ont été formés a. dans les premières secondes après le Big Bang. b. quelques heures après le Big Bang. c. pendant le Big Bang.	3. Les éléments chimiques plus lourds que le fer * a. sont créés dans le cœur des étoiles massives. b. sont créés lors de l'explosion d'une supernova. c. sont créés sur les planètes.	*
5. L'élément chimique le plus abondant sur Terre a. est l'oxygène. b. est l'hydrogène. c. est le carbone.	6. La radioactivité * a. peut exister dans la nature. b. est toujours dangereuse. c. est toujours artificielle.	*

Exercice 6 corrigé disponible

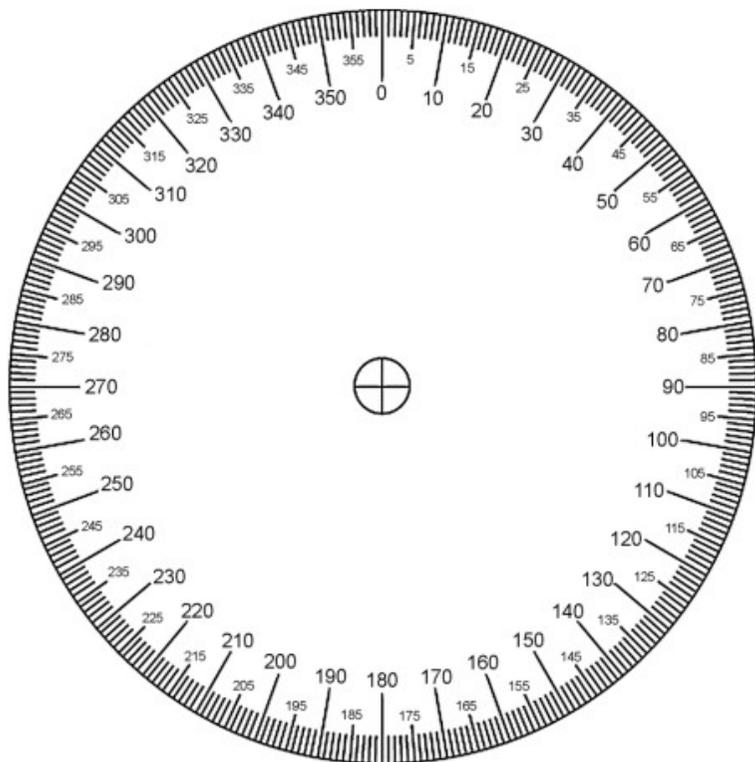
- Pour construire le diagramme circulaire qui représente l'abondance en nombre des éléments dans le corps humain, on a saisi les données suivantes dans un tableur.

	A	B	C
1	Elément chimique (symbole)	Pourcentage en nombre	Angle de représentation
2	Oxygène (O)	24	86
3	Hydrogène (H)	61	
4	Carbone (C)	13	
5	Azote (N)	2	

Diagramme circulaire

- Quelle sera la formule dans la cellule C2 ?
- Compléter la colonne C dans le tableau ci-dessus. (Arrondir l'angle au degré près).
- Construire, page suivante, le diagramme circulaire à partir des valeurs obtenues précédemment dans le tableau. Légendez votre diagramme circulaire.

Abondance en nombre d'atomes des éléments les plus abondants dans le corps humain



Exercice 7 corrigé disponible

- 1) Une fusion nucléaire a lieu :
 Dans les étoiles ; Dans les centrales nucléaires ; Dans les moteurs à explosion
- 2) Cocher la (ou les réactions) qui n'est ni une réaction de fusion nucléaire, ni une réaction de fission nucléaire :
 ${}_{15}^{30}\text{P} \rightarrow {}_{14}^{30}\text{Si} + {}_0^1\text{e}$; ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$; ${}_{94}^{239}\text{Pu} \rightarrow {}_{46}^{112}\text{Pd} + {}_{48}^{124}\text{Cd} + 3 {}^1_0\text{n}$; $\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- 3) Pour la réaction nucléaire suivante, ${}^3_1\text{H} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^6_3\text{Li} + {}^1_0\text{n}$
 C'est une fission ; C'est une fusion ; Une particule est éjectée ; De l'énergie est libérée
- 4) La désintégration radioactive est un phénomène :
 constant ; qui concerne tous les noyaux ; aléatoire ; certain.
- 5) D'un échantillon de départ contenant 10 000 noyaux radioactifs, il reste au bout de deux demi-vies :
 Aucun noyau ; 5 000 noyaux ; 2 500 noyaux ; 20 000 noyaux ; Aucune des réponses proposées.