

Séquence 4

Physique

Énergie et réactions nucléaires

Chimie

Propriétés physiques
des alcanes et des alcools

Sommaire

1. Physique : Cohésion de la matière et radioactivité

Résumé

Exercices

2. Chimie : Propriétés physiques des alcanes et des alcools

Résumé

Exercices

Devoir autocorrectif n°2



Énergie et réactions nucléaires

Objectifs

- ▶ Connaître la relation d'Einstein entre masse et énergie
- ▶ Savoir calculer l'énergie de liaison d'un noyau et l'énergie de liaison par nucléon
- ▶ Connaître les lois de conservation de la charge électrique, du nombre de nucléons et de l'énergie
- ▶ Savoir interpréter la courbe d'Aston
- ▶ Savoir calculer l'énergie libérée par une réaction nucléaire
- ▶ Connaître des exemples illustrant la libération d'énergie par une réaction nucléaire

A

Masse et énergie

1. La relation d'Einstein

Les physiciens du début du siècle précédent constataient la très grande valeur de l'énergie libérée dans les réactions nucléaires : lors des désintégrations radioactives étudiées, cette énergie libérée se retrouvait sous forme d'énergie cinétique des particules qui étaient émises à très grande vitesse ainsi que dans le rayonnement γ qui accompagnait souvent ces réactions (l'énergie cinétique est l'énergie que possède un corps en mouvement).

Mais ces mêmes physiciens butaient sur la question : » D'où les noyaux peuvent-ils tirer cette formidable énergie qu'ils libèrent en se désintégrant ? »

En bâtissant sa théorie de la relativité, Einstein apporta la réponse à cette question : masse et énergie ne sont en fait que deux manifestations apparemment différentes de la même grandeur.

Ainsi, lorsqu'un système libère de l'énergie, sa masse diminue et lorsqu'il absorbe de l'énergie, sa masse augmente.

Des mesures très précises ont confirmé que la libération d'énergie par les noyaux s'accompagnait d'une petite diminution de leur masse. L'équivalence entre masse et énergie s'étend à tous les phénomènes et pas seulement aux réactions nucléaires, mais la quantité d'énergie libérée par les réactions chimiques est trop faible pour qu'on puisse mettre en évidence la perte de masse (voir exercice 1).

Masse et énergie, étant la manifestation d'une même grandeur, elles pourraient s'exprimer dans la même unité, mais l'utilisation du système international (S.I) d'unités où la masse s'exprime en kilogramme et l'énergie en joule impose l'existence d'une relation de conversion de la masse (en kg) en énergie (en J).

Cette relation est appelée relation d'Einstein :

$$E = m c^2.$$

Le facteur de conversion entre l'énergie et la masse est le carré de la célérité de la lumière dans le vide. Comme celle-ci vaut : $c = 3,00.10^8 \text{ m.s}^{-1}$, on comprend qu'à une faible diminution de la masse exprimée en kg correspond une très grande valeur de l'énergie exprimée en J.

Activité 1 Même dans les réactions nucléaires, il n'y a qu'une petite fraction de la masse qui se trouve libérée sous forme d'énergie.

Imaginons toutefois que l'on sache transformer totalement la masse en énergie : quelle énergie, exprimée en unité S.I, obtiendrait-on avec 1,00 kg de matière ?

A quelle durée de fonctionnement d'une centrale électrique de 1000 MW (soit 10^9 W) correspond une telle énergie ?

2. Unités usuelles en physique nucléaire

Comme le kilogramme et le Joule sont d'un emploi peu pratique en physique nucléaire (elles sont adaptées pour l'étude de phénomènes macroscopiques à notre échelle), on exprime plus couramment, en physique nucléaire, les masses en unité de masse atomique (abréviation u) et les énergies en Méga-électronvolt (abréviation : MeV).

Comme la relation d'Einstein : $E = m c^2$ avec $c = 3,00.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ ne peut être utilisée qu'en unité S.I, il importe de savoir convertir des valeurs exprimées dans ces différentes unités.

Ainsi, $1 \text{ u} = 1,66.10^{-27} \text{ kg}$ (c'est par définition $\frac{1}{12}$ de la masse d'un atome de carbone du nucléide $^{12}_6\text{C}$, cette relation de conversion entre unité de masse atomique et kilogramme n'a pas à être connue, elle est rappelée dans les problèmes). Quant à l'électronvolt, il a pour valeur : $1 \text{ eV} = 1,60.10^{-19} \text{ J}$, d'où l'on déduit $1 \text{ MeV} = 1,60.10^{-13} \text{ J}$.



Cohésion du noyau

1. Énergie de liaison

Considérons un ensemble de Z protons et de N neutrons immobiles et extrêmement éloignés les uns des autres. La seule énergie E que possède ce système tient à la masse des particules qu'il contient :

$E = Z m_p c^2 + N m_n c^2$ en notant m_p la masse du proton et m_n la masse du neutron. Jusqu'ici, nous avons considéré que la masse du proton était égale à la masse du neutron, mais les calculs que nous allons aborder maintenant exigent une plus grande précision et nous distinguerons ces deux masses.

Supposons maintenant que ces Z protons et ces N neutrons soient associés pour former un noyau de masse m_o , l'énergie de masse de ce noyau vaut $E_o = m_o c^2$. Cette énergie E_o est toujours inférieure à l'énergie E des Z protons et des N neutrons séparés.

On appelle énergie de liaison E_l du noyau la différence : $E_l = E - E_o$

L'énergie de liaison représente l'énergie qu'il faut fournir au noyau pour le briser en nucléons indépendants tous très éloignés les uns des autres (figure ci-contre).

En remplaçant E et E_o par leur valeur, on obtient :

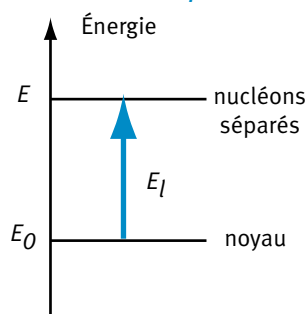
$$E_l = E - E_o = (Z m_p + N m_n - m_o) c^2$$

On écrit souvent cette relation sous la forme :

$E_l = \Delta m c^2$, dans laquelle Δm , qui est appelé

défaut de masse, représente la différence entre la masse des nucléons séparés et la masse du noyau :

$$\Delta m = Z m_p + N m_n - m_o$$



L'énergie de liaison et le défaut de masse sont toujours positifs.

Activité 2

Connaissant les masses du proton : $m_p = 1,0073 \text{ u}$, du neutron : $m_n = 1,0087 \text{ u}$, et la masse du noyau d'hydrogène 3 (ou tritium) : $m_o = 3,0165 \text{ u}$, calculer le défaut de masse (en u, puis en kg) et l'énergie de liaison du noyau d'hydrogène 3 (en MeV).

2. Énergie de liaison par nucléon

Connaissant l'énergie de liaison E_l d'un noyau du nucléide ${}^A_Z\text{X}$ qui possède A nucléons, on obtient l'**énergie de liaison par nucléon** en calculant le quotient $\frac{E_l}{A}$.

L'énergie de liaison par nucléon s'exprime en MeV/nucléon, elle représente l'énergie moyenne qu'il faudrait apporter à chaque nucléon pour le sortir du noyau.

Plus l'énergie de liaison par nucléon est grande, plus il est difficile d'extraire les nucléons du noyau et donc, plus le noyau est stable.

Activité 3

Le défaut de masse du noyau de lithium 7 : ${}^7_3\text{Li}$ vaut : $\Delta m = 0,0404 \text{ u}$.

Calculer l'énergie de liaison par nucléon dans ce noyau (en MeV par nucléon).

Données : $1 \text{ u} = 1,66.10^{-27} \text{ kg}$.



Énergie libérée par une réaction nucléaire

1. Lois de conservation en physique

On appelle loi de conservation une loi physique imposant qu'une grandeur donnée conserve la même valeur avant une transformation et à la fin de cette transformation.

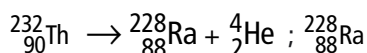
Nous avons déjà utilisé (sans le dire expressément) deux lois de conservation dans le chapitre précédent :

- la loi de conservation de la charge électrique : elle impose que la somme des nombres de charge soit la même avant et après une réaction.
- la loi de conservation du nombre de nucléons : elle impose que la somme des nombres de masse soit la même avant et après une réaction.
- Nous utiliserons aussi dans ce chapitre la loi de conservation de l'énergie : elle impose que l'énergie totale à l'issue d'une réaction nucléaire soit égale à l'énergie totale avant cette réaction.

Or, l'énergie de masse contenue dans les noyaux à l'issue d'une réaction est généralement inférieure à l'énergie de masse contenue dans les noyaux avant la réaction. La loi de conservation de l'énergie permet d'affirmer qu'il y a à la fin de la réaction, de l'énergie autre que l'énergie de masse des noyaux. Cette énergie peut être de l'énergie cinétique emportée par les noyaux et les particules émises (c'est-à-dire de l'énergie que possèdent noyaux et particules du fait de leur vitesse), mais ce peut être aussi de l'énergie emportée par des ondes électromagnétiques très énergétiques : le rayonnement γ .

Activité 4

Vérifier la conservation de la charge électrique et la conservation du nombre de nucléons lors des deux réactions de désintégrations radioactives ci-dessous :



2. Énergie libérée lors d'une désintégration radioactive

La conservation de l'énergie lors d'une réaction de désintégration radioactive s'écrit :

Energie de masse du noyau père (initialement immobile) = Energie de masse du noyau fils et de la particule émise + énergie libérée.

L'énergie libérée se retrouve sous forme d'énergie cinétique de la particule émise, d'énergie cinétique du noyau fils (toujours beaucoup plus faible) et, éventuellement, d'énergie emportée par le rayonnement γ .

Activité 5

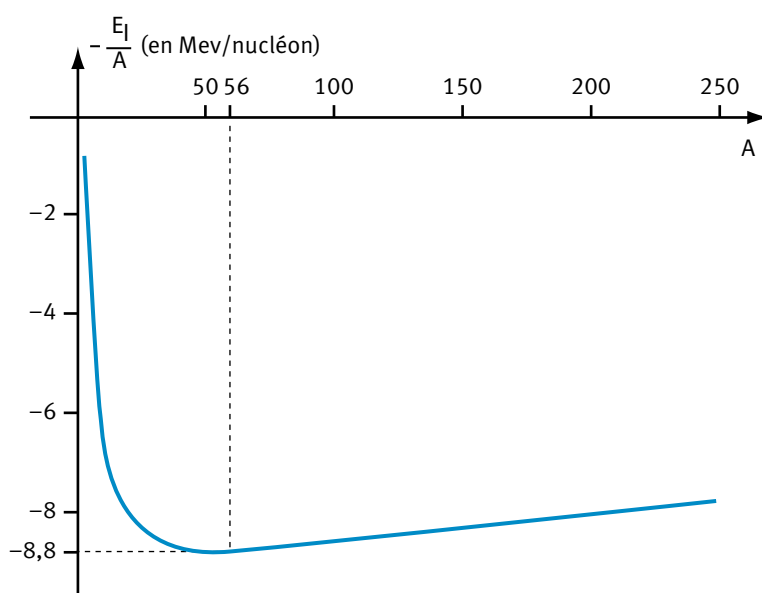
Connaissant l'énergie de masse de l'américium 241 : ${}^{241}_{95}\text{Am}$ qui vaut 224 495,8 MeV, celle du neptunium 237 : ${}^{237}_{93}\text{Np}$ qui vaut 220 762,8 MeV et celle du noyau d'hélium qui vaut 3727,4 MeV, calculer l'énergie libérée par la réaction de désintégration α de l'américium 241 après avoir écrit l'équation de cette désintégration.

3. Courbe d'Aston

Nous avons vu, à la fin du paragraphe B.2, que les noyaux les plus stables sont ceux dans lesquels l'énergie de liaison par nucléon $\frac{E_l}{A}$ est la plus grande.

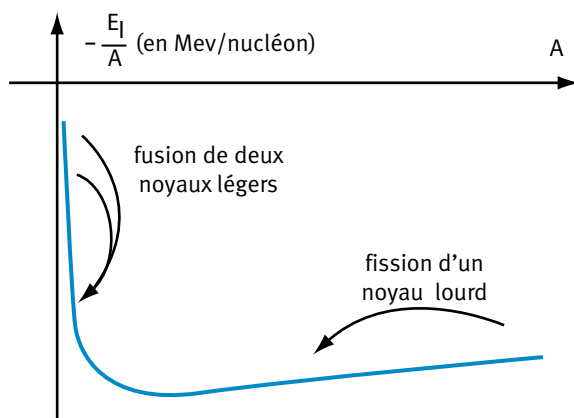
Si nous représentons sur un diagramme, l'énergie de liaison par nucléon en fonction du nombre A du nucléons, les noyaux les plus stables seraient ceux dont l'ordonnée est la plus grande.

En fait, l'habitude est prise de représenter l'opposé de l'énergie de liaison par nucléon : $-\frac{E_l}{A}$ en fonction du nombre A du nucléons : la courbe obtenue, dont l'allure est représentée ci-dessous, est appelée **courbe d'Aston**.



Bien entendu, seules les valeurs entières de l'abscisse représentent des noyaux (il n'existe pas de noyaux contenant des fractions de nucléons !). Par ailleurs, la courbe réelle n'a pas exactement cette régularité.

Mais le point important est celui-ci : les noyaux les plus stables sont ceux dont l'ordonnée est la plus faible (du fait de l'intervention du signe moins), donc ceux qui se situent «au fond de la cuvette». Il s'agit des noyaux dont le nombre de masse est voisin de 56 (fer, cuivre, cobalt...) mais comme le fond de la «cuvette» est relativement plat, il suffit de retenir que les noyaux les plus stables sont ceux dont le nombre de masse n'est ni trop grand ni trop petit.



A partir de la courbe d'Aston, on peut prévoir deux grands types de réactions nucléaires susceptibles de fournir de l'énergie :

Réaction de fission : Si un noyau très lourd se scinde en deux noyaux plus légers de tailles comparables, ces deux noyaux seront situés plus près du fond de la «cuvette» que le noyau initial ce qui signifie que l'énergie de liaison par nucléon va augmenter.

Comme l'énergie de liaison par nucléon représente une énergie perdue par

chaque nucléon, dire qu'elle augmente signifie que les nucléons vont perdre de l'énergie. Cette diminution de l'énergie de liaison par nucléon multipliée par le nombre de nucléons représente l'énergie libérée par la fission.

Réaction de fusion : – Si deux noyaux très légers fusionnent pour former un noyau plus lourd, ce noyau plus lourd sera situé plus près du fond de la cuvette. Comme précédemment, la diminution de l'énergie de liaison par nucléon multipliée par le nombre de nucléons représente l'énergie libérée par la fusion.

Activité 6 Y aurait-il libération d'énergie au cours d'une réaction nucléaire où un noyau de fer $^{56}_{26}\text{Fe}$ se briserait en deux noyaux identiques ?



Fission nucléaire

1. Fission de l'uranium 235

La fission de l'uranium 235 est la coupure de ce noyau en deux noyaux de taille comparable. Cette réaction est provoquée par l'impact d'un neutron sur le noyau d'uranium 235. On appelle noyaux fissiles les noyaux qui donnent une réaction de fission sous l'impact d'un neutron. Il existe d'autres noyaux fissiles que l'uranium 235 (notamment les noyaux de plutonium 239 et 241) mais nous limiterons notre étude à celui-là. Outre les deux noyaux résultant de la coupure en deux du noyau initial d'uranium 235, la réaction produit aussi quelques électrons qui sont éjectés à grande vitesse, des neutrons (2 ou 3) ainsi qu'un intense rayonnement γ .

L'important est que la réaction, en produisant plusieurs neutrons, va se poursuivre : ces neutrons vont, à leur tour, provoquer la fission d'autres noyaux d'uranium 235 qui vont produire des neutrons....

On obtient ainsi une réaction en chaîne.

Dans les bombes atomiques à fission (bombes A), on laisse cette réaction s'emballer et en très peu de temps, tout l'uranium va subir la réaction de fission, l'énorme dégagement d'énergie qui en résulte provoque alors tous les dégâts que l'on connaît. A la suite de l'explosion, les noyaux obtenus, qui sont radioactifs, contaminent le territoire bombardé pendant de très longues durées et provoquent des maladies dans la population des dizaines d'années après l'impact.

Dans les centrales nucléaires, au contraire, le nombre de neutrons est régulé par des matériaux ayant la capacité de les absorber, de façon à maîtriser constamment l'énergie produite, utilisée pour faire bouillir de l'eau destinée à faire tourner une turbine.

Après utilisation, les barreaux d'uranium 235 contiennent de nombreux déchets radioactifs (les noyaux obtenus à l'issue de la fission), ils peuvent être retraités pour en retirer l'uranium 235 qui n'a pas réagi, mais de toute façon, les déchets ultimes doivent finalement être stockés de façon à éviter toute contamination radioactive et ce problème du stockage des déchets est l'une des difficultés importantes rencontrées dans l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire.

2. Bilan énergétique

L'énergie libérée par une réaction nucléaire est la différence entre l'énergie de masse totale avant la réaction (celle du noyau d'uranium 235 plus celle du neutron provoquant la fission) et l'énergie de masse totale après réaction (celle des noyaux plus celle des neutrons et électrons émis).

On trouve en moyenne une énergie libérée de 200 MeV par réaction de fission.

Ceci signifie qu'un gramme d'uranium peut libérer une énergie d'environ 8.10^{10} J alors qu'il faut brûler près de deux tonnes de pétrole pour obtenir ce même résultat.

Activité 7

Sachant que la fission d'un atome d'uranium 235 (de masse $m = 3,9.10^{-25}$ kg) libère, en moyenne, une énergie de 200 MeV, vérifier la valeur 8.10^{10} J qui correspond à libérée par la fission d'un gramme d'uranium 235.

$$1 \text{ MeV} = 1,6.10^{-13} \text{ J}$$



Fusion nucléaire

Les réactions de fusion dégagent énormément d'énergie, bien plus que les réactions de fission pour une même valeur de la masse initiale.

Ces réactions sont à l'origine de l'énergie produite par les étoiles comme le Soleil grâce à la fusion de l'hydrogène (voir exercice 9).

Malheureusement, cette énergie est difficile à domestiquer car il faut provoquer le contact entre deux noyaux qui ont tendance à se repousser puisqu'ils sont tous deux chargés positivement.

Ils ne peuvent approcher assez près l'un de l'autre pour enclencher la réaction de fusion que s'ils vont très vite, c'est-à-dire s'ils sont dans un milieu extrêmement chaud (de l'ordre de cent millions de degrés).

Dans les armes thermonucléaires (bombes H), cette température est atteinte par l'explosion d'une bombe à fission qui élève assez la température pour enclencher la réaction de fusion entre l'hydrogène 2 (deutérium) et l'hydrogène 3 (tritium).

Les recherches se poursuivent pour tenter de maintenir un plasma (gaz ionisé) suffisamment longtemps à une température assez élevée pour que s'amorcent la réaction de fusion.

Notons pour terminer qu'une partie de l'énergie géothermique (utilisation de la chaleur des nappes d'eau souterraines chauffées par les réactions radioactives ayant lieu dans le sol) et l'intégralité de l'énergie solaire (due aux réactions de fusion dans le soleil) sont initialement de l'énergie nucléaire.

Résumé

- La valeur, en joule, de l'énergie obtenue par transformation d'une masse m , exprimée en kg, est donnée par la formule d'Einstein : $E = m c^2$ avec $c = 3,00.10^8 \text{ m.s}^{-1}$

- On appelle énergie de liaison E_l du noyau la différence : $E_l = E - E_o$ en notant $E = (Z m_p + N m_n) c^2$ l'énergie de masse des Z protons et N neutrons séparés et en notant $E_o = m_o c^2$ l'énergie de masse de ces nucléons assemblés pour former un noyau de masse m_o .

Cette relation de définition de l'énergie de liaison peut aussi s'écrire sous la forme : $E_l = \Delta m c^2$, dans laquelle Δm , qui est appelé défaut de masse, représente la différence entre la masse des nucléons séparés et la masse du noyau :

$$\Delta m = Z m_p + N m_n - m_o.$$

Le défaut de masse est souvent exprimé en unité de masse atomique ($1 \text{ u} = 1,66.10^{-27} \text{ kg}$).

- En physique des particules, l'énergie est souvent exprimée en électronvolt $1 \text{ eV} = 1,60.10^{-19} \text{ J}$, ou en méga-électronvolt : $1 \text{ MeV} = 1,60.10^{-13} \text{ J}$.

- Connaissant l'énergie de liaison E_l d'un noyau du nucléide ${}^A_Z\text{X}$ qui possède A nucléons, on obtient l'énergie de liaison par nucléon en calculant le quotient $\frac{E_l}{A}$ qui s'exprime en MeV/nucléon.

- On appelle loi de conservation une loi physique imposant qu'une grandeur donnée conserve la même valeur avant une transformation et à la fin de cette transformation.

Pour écrire une réaction nucléaire, on utilise la loi de conservation de la charge électrique et la loi de conservation du nombre de nucléons.

Pour calculer l'énergie libérée par la réaction, on utilise la loi de conservation de l'énergie : elle impose que l'énergie totale à l'issue d'une réaction nucléaire soit égale à l'énergie totale avant cette réaction.

- La courbe d'Aston est obtenue en portant en abscisse le nombre de nucléons de chaque noyau et en ordonnée l'opposé de l'énergie de liaison par nucléon : $-\frac{E_l}{A}$. Sur cette courbe, les noyaux les plus stables se situent « au fond de la cuvette »

- ▶ Réaction de fission : un noyau très lourd se scinde en deux noyaux plus légers de tailles comparables. Ainsi, l'uranium 235 est fissile et la réaction, en produisant plusieurs neutrons, va se poursuivre : il s'agit d'une réaction en chaîne. Les noyaux obtenus par cette fission constituent les déchets radioactifs des centrales nucléaires.
- ▶ Réaction de fusion : deux noyaux très légers fusionnent pour former un noyau plus lourd.

Ces réactions sont à l'origine de l'énergie produite par les étoiles comme le Soleil, grâce à la fusion de l'hydrogène.

Exercices

Ces exercices doivent être résolus avec l'aide d'un tableau périodique des éléments, les valeurs numériques utiles à la résolution sont à rechercher dans le cours.

Exercice 1 Einstein et Lavoisier

Equation de la réaction de combustion du dihydrogène dans le dioxygène : $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$

La combustion de 2 moles de dihydrogène avec une mole de dioxygène fournit 2 moles d'eau.

Lavoisier concluait qu'il y avait conservation de la masse : 4 g de dihydrogène brûlent dans 32 g de dioxygène pour donner 36 g d'eau. Mais cette réaction est explosive et libère une énergie de 500 kJ (pour la combustion des 4 g de dihydrogène).

- 1 Cette réaction est-elle une réaction chimique ou une réaction nucléaire ? Expliquer.
- 2 Connaissant la valeur de l'énergie libérée par cette réaction, calculer la perte de masse (en kg) en utilisant la relation d'Einstein.

La loi de Lavoisier (selon laquelle la masse des produits obtenus à l'issue d'une réaction chimique est égale à la masse des réactifs initiaux) est-elle remise en cause ?

Exercice 2 Energie et radioactivité

Lors de la désintégration α du radium 226 : $^{226}_{88}\text{Ra}$ donnant un noyau de radon, on constate que la masse en fin de réaction a diminué de 0,0023 % par rapport à la masse initiale.

Calculer, en J, l'énergie libérée par la désintégration radioactive complète d'un nanogramme de radium 226.

Exercice 3 Energie de liaison d'un noyau d'or 197.

Calculer, en MeV, l'énergie de liaison du noyau d'or 197 : $^{197}_{79}\text{Au}$ et son énergie de liaison par nucléon.

Données : masse du noyau d'or 197 : $m_0 = 3,26996 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$.

Masse d'un proton : $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; masse d'un neutron : $m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

Exercice 4 Désintégration α du radium 226

Le radium 226 est radioactif α . Sa désintégration donne du radon 222. La différence entre l'énergie de masse du radium 226 et celle des produits de la désintégra-

tion (particule α et noyau de radon) vaut 4,9 MeV. L'énergie cinétique totale des produits de la réaction (c'est-à-dire la somme de l'énergie cinétique du noyau de radon et de l'énergie cinétique de la particule α) vaut parfois 4,9 MeV, parfois 4,7 MeV et parfois 4,4 MeV. Y a-t-il dans tous les cas conservation de l'énergie ?

Exercice 5 Radioactivité du bismuth 212

Les noyaux de bismuth 212 : $^{212}_{83}\text{Bi}$ sont radioactifs : ils se désintègrent en donnant une particule α et un atome de thallium (Tl).

Ecrire l'équation de cette réaction et calculer, en MeV, l'énergie libérée par la désintégration d'un atome de bismuth.

Données : masse de l'atome de bismuth 212 : $3,519422 \cdot 10^{-25}$ kg.

Masse de l'atome de thallium obtenu : $3,452865 \cdot 10^{-25}$ kg ; masse de la particule α : $6,6456 \cdot 10^{-27}$ kg

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

Exercice 6 Réacteur nucléaire utilisé pour la propulsion

La propulsion d'un sous marin nucléaire utilise la fission de l'uranium 235.

Il existe une multitude de réactions de fission possibles pour l'uranium 235, mais nous supposons que toutes les fissions se font selon la réaction : $^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{94}_{38}\text{Sr} + {}^{140}_{54}\text{Xe} + 2 {}^1_0\text{n}$

- 1 Calculer, en joule puis en MeV, l'énergie libérée par une fission.
- 2 Calculer la masse d'uranium 235 utilisé en un jour de fonctionnement, si le réacteur fournit une puissance utilisable de 10 MW avec un rendement de 1/3 (cela signifie que les réactions nucléaires doivent fournir une puissance de 30 MW dont seulement le tiers est utilisable).

Données :

Masse d'un noyau d'uranium 235 : 235,0439 u ; masse d'un noyau de strontium 94 : 93,9154 u

Masse d'un noyau de xénon 140 : 139,9252 u ; masse d'un neutron isolé : 1,0087 u.

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

$1 \text{ u} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Exercice 7 Réaction de fusion deutérium-tritium

Calculer, en MeV, l'énergie libérée par la fusion d'un noyau de deutérium avec un noyau de tritium selon l'équation : ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ à partir des valeurs indiquées dans le tableau ci-dessous :

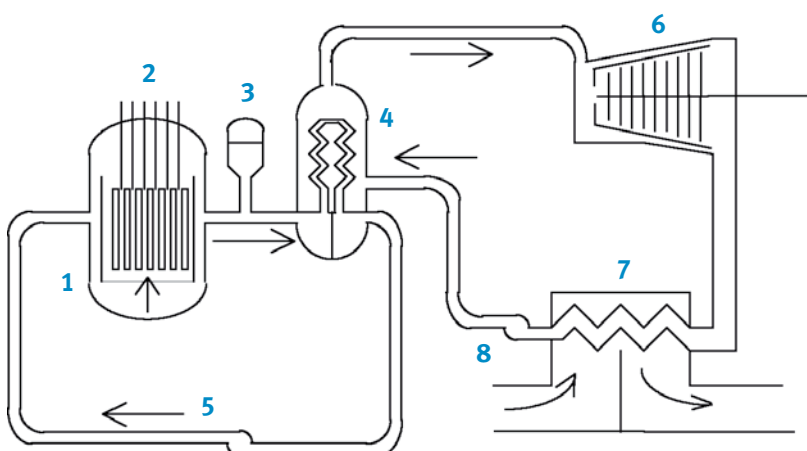
	neutron	Hydrogène 2	Hydrogène 3	Hélium 4
Energie de liaison (en MeV par nucléon)	0	1,10	2,80	7,05

Exercice 8 Réacteur nucléaire

Lire attentivement le texte ci-dessous avant de répondre aux questions :

Dans la cuve du réacteur (1), les réactions de fission se produisant dans les barreaux d'uranium 235 dégagent de la chaleur. Ces barreaux contiennent de l'uranium enrichi contenant 3% d'uranium 235 fissile, alors que l'uranium naturel contient surtout de l'uranium 238 et seulement 0,7% d'uranium 235. L'uranium 238 n'est pas fissile, mais il absorbe des neutrons et se transforme après désintégrations radioactives en plutonium fissile.

Les barreaux de contrôle (2) contiennent du cadmium qui a la propriété d'absorber très fortement les neutrons, ce qui permet de réguler le flux de neutrons dans le réacteur. En cas d'accident (rupture des canalisations du circuit primaire, ces barres de sécurité tombent de façon à arrêter les réactions de fission. Toutefois, le dégagement d'énergie ne s'arrête pas instantanément et l'échauffement brutal et intense du cœur peut entraîner des surpressions provoquant d'énormes dégâts et la dissémination de produits radioactifs.



L'eau, qui circule dans ce circuit primaire, maintenue sous forte pression par le pressuriseur (3), va ensuite échauffer dans l'échangeur (4) l'eau du circuit secondaire puis est renvoyée par la pompe primaire (5) dans la cuve.

L'eau du circuit secondaire, échauffée dans l'échangeur, se transforme en vapeur d'eau sous forte pression, elle fait tourner la turbine (6) qui entraîne l'alternateur produisant le courant électrique.

La vapeur d'eau est ensuite refroidie dans le condenseur (par l'eau d'un fleuve et l'air atmosphérique dans d'énormes tours de refroidissement) avant d'être envoyée à nouveau par la pompe (8), sous forme liquide, dans l'échangeur.

Dans ces réacteurs, appelés réacteurs à eau pressurisée ou réacteurs REP), l'eau du circuit primaire sert à la fois de fluide caloporteur (elle transporte la chaleur jusqu'à l'échangeur) et de modérateur (elle ralentit par chocs les neutrons qui « sautent » d'un barreau d'uranium à l'autre, les rendant ainsi plus efficaces).

Un tel réacteur fournit couramment une puissance électrique de 1000 MW_e pour une puissance thermique de 3000 MW_{th} fournie par la fission de l'uranium.

Périodiquement, les barreaux (appelés aussi crayons) contenant l'uranium 235 doivent être changés, ils peuvent ensuite être retraités pour retirer l'uranium 235 qu'ils contiennent encore et le plutonium qui s'est formé, et les déchets doivent ensuite être stockés.

Questions :

- ❶ L'uranium 238, qui n'est pas fissile, se transforme par absorption d'un neutron, en uranium 239 qui donne du plutonium 239 après deux désintégrations radioactives β^- . Ecrire les équations de ces deux désintégrations.
- ❷ Qu'appelle-t-on «déchets» dans ce texte ? Quel problème pose leur stockage ?
- ❸ Expliquer la différence entre MW_e (mégawatt électrique) et MW_{th} (mégawatt thermique).
- ❹ Qu'appelle-t-on «enrichissement de l'uranium» ?

Exercice 9 L'énergie des étoiles

L'énergie émise par des étoiles comme le Soleil qui sont d'énormes boules d'hydrogène provient de la réaction de fusion des noyaux d'hydrogène 1 (ou protons). En plusieurs étapes, quatre protons fusionnent pour donner de l'hélium et deux positons.

- ❶ Ecrire l'équation traduisant la fusion des quatre protons.
- ❷ Pourquoi les réactions de fusion de l'hydrogène se produisent-elles dans le soleil alors qu'elles ne se produisent pas (heureusement !) lorsqu'on manipule des flacons d'hydrogène ?
- ❸ Sachant que la puissance totale rayonnée par le Soleil vaut 4.10^{26} W , calculer la perte de masse du Soleil en une seconde.
- ❹ Existe-t-il actuellement des réacteurs nucléaires produisant de l'électricité à partir de réactions de fusion ?

Propriétés physiques des alcanes et des alcools

Objectifs

- ▶ Identifier et nommer un alcane.
- ▶ Identifier et nommer un alcool.
- ▶ Reconnaître une chaîne carbonée linéaire, ramifiée ou cyclique.
- ▶ Donner les formules semi-développées correspondant à une formule brute donnée dans le cas de molécules simples.
- ▶ Interpréter :
 - ▶ L'évolution des températures de changement d'état entre les alcanes et les alcools.
 - ▶ Les différences de température de changement d'état entre les alcanes et les alcools.
 - ▶ La plus ou moins grande miscibilité des alcools avec l'eau.
- ▶ Réaliser une distillation fractionnée.

La chimie organique est la chimie des composés du carbone. Une molécule organique contient toujours les éléments carbone et hydrogène et, assez souvent, les éléments oxygène et azote.

Jusqu'au début du XIX^e siècle, les molécules organiques ne sont produites que par les organismes vivants (animaux, végétaux). On pensait alors que seule «la force vitale» permettait de les synthétiser.

Mais, en 1827, un chimiste allemand, Friedrich Wöhler, réussit à synthétiser au laboratoire une molécule organique à partir de composés inorganiques: l'urée.

Les composés organiques peuvent être classés par **famille** en fonction de leurs propriétés chimiques ; en effet, on remarque que certains composés réagissent de manière similaire vis-à-vis d'un réactif donné.

Cette analogie de comportement trouve son origine dans une analogie de structure : les molécules d'une même famille possèdent le même **groupe caractéristique**. Un groupe caractéristique est un atome ou un groupe d'atomes qui caractérise une famille.



Les alcanes

1. Structure

C'est la famille des hydrocarbures (composés ne contenant que des atomes d'hydrogène et de carbone) la plus simple : les atomes de carbone ne sont liés que par des liaisons de covalence simple.

La formule générale d'un alcane à chaîne carbonée saturée et non cyclique est donc C_nH_{2n+2} .

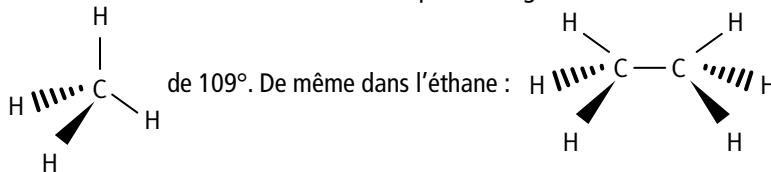
Dans ces **alcanes linéaires**, chaque atome de carbone est relié à deux atomes de carbone voisins et à 2 atomes d'hydrogène à l'exception des atomes de carbone en bout de chaîne qui sont reliés à un atome de carbone et à 3 atomes d'hydrogène.

Dans le tableau suivant, sont regroupés les noms des alcanes linéaires les plus simples (à mémoriser) :

Formule semi-développée	Nom
CH_4	Méthane
CH_3-CH_3	Éthane
$CH_3-CH_2-CH_3$	Propane
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	Butane
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	Pentane
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	Hexane

Remarque : l'appellation « linéaire » ne correspond pas à la structure de ces molécules dans l'espace. Cela signifie que la **chaîne carbonée** (enchaînement des atomes de carbone de la molécule) est **unique**.

En effet, l'environnement de chaque atome de carbone est tétraédrique, comme dans la molécule de méthane dans laquelle l'angle entre 2 liaisons C-H



Lorsque la chaîne carbonée n'est plus unique, on parle alors d'**alcane ramifié** :

Par exemple, à partir du propane : $CH_3-CH_2-CH_3$ alcane linéaire, si l'on remplace un atome d'hydrogène relié au carbone au centre de la chaîne carbonée par un substituant CH_3 pour obtenir l'alcane ramifié : $CH_3 - CH - CH_3$



2. Nomenclature

Lorsqu'on enlève un atome d'hydrogène à un alcane (formule brute C_nH_{2n+2}), on obtient un groupement d'atomes de formule C_nH_{2n+1} appelé : groupement **alkyle**. Ce groupement est aussi appelé : « radical » lorsqu'il est lié à un atome de carbone d'une chaîne carbonée (présence d'un tiret).

Le nom d'un tel groupement est obtenu en remplaçant la terminaison « ane » de l'alcane par la terminaison « yle ».

Alcane	Groupe alkyle
CH ₄ : méthane	-CH ₃ : méthyle
C ₂ H ₆ : éthane	-C ₂ H ₅ : éthyle
C ₃ H ₈ : propane	-C ₃ H ₇ : propyle

Pour nommer la molécule : $\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_3$ la première étape est de déterminer sa structure fondamentale en retrouvant dans sa formule semi développée la chaîne carbonée principale. Dans le cas d'un alcane, elle correspondra à la chaîne carbonée linéaire la plus longue.

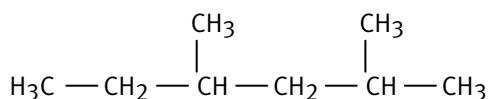
Ici, la chaîne carbonée principale possède 3 atomes de carbone : CH₃-CH-CH₃ ; son nom dérivera donc du propane; il reste un groupe appelé groupe substituant CH₃ dérivant du méthane donc appelé : méthyle .

Numérotons les atomes de carbone de la chaîne carbonée ; quel que soit l'ordre de numérotation adopté, le substituant méthyle est lié au carbone 2 , donc la molécule s'appelle : 2-méthylpropane (on enlève le « e » à méthyle).

Un substituant est un atome ou groupe d'atomes qui remplace un atome d'hydrogène dans la structure fondamentale.

On choisit toujours la numérotation des atomes de carbone de la chaîne carbonée qui donne le(s) plus petit(s) indice(s) de position aux substituants.

Activité 1 Nommer la molécule dont la formule semi-développée est :



La représentation spatiale d'une molécule peut se faire à l'aide de **modèles moléculaires**. Pour cela, on utilise des boules de couleur censées représenter les atomes, ces boules étant reliées entre elles par des tiges plastiques modélisant les liaisons covalentes. Si on utilise des tiges courtes, on forme un **modèle compact**, si ce sont des tiges longues, on parle de **modèle éclaté**.

Par exemple, le modèle compact du méthane CH₄ est :



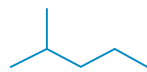
Activité 2 Donner la formule semi-développée et le nom de la molécule de modèle moléculaire :



L'intérêt du modèle moléculaire est de nous donner une idée plus précise de la structure spatiale de la molécule. On vérifie sur l'exemple précédent que la chaîne carbonée d'un alcane dit « linéaire » n'est pas linéaire mais plutôt en « zig-zag ».

Signalons l'existence de formules topologiques dans lesquelles la chaîne carbonée de l'alcane est représentée par une chaîne nue en zig-zag et porte autant d'atomes d'hydrogène que nécessaire pour sa valence 4.

Le butane est ainsi représenté :  et le 2-méthylpentane :



Signalons enfin l'existence de chaînes carbonées cycliques comme le cyclohexane de formule :

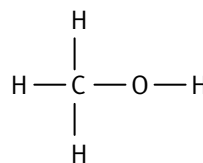


B Les alcools

1. Structure

Considérons l'alcane le plus simple : le méthane CH_4 et remplaçons un atome d'hydrogène par un groupe d'atomes : $-\text{O}-\text{H}$.

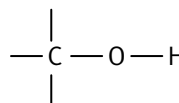
Nous obtenons une nouvelle molécule de formule développée :



La molécule obtenue s'appelle le méthanol ; c'est le plus simple des alcools.

On appelle **alcool** un composé dans lequel un groupe caractéristique **hydroxyle** $-\text{OH}$ est lié à un atome de carbone tétragonal c'est-à-dire ne formant que des liaisons covalentes simples (4 liaisons avec 4 atomes).

Un alcool est donc caractérisé par la présence de la structure : appelée fonction ou groupe caractéristique alcool.



L'atome de carbone qui est lié au groupe OH est appelé : **carbone fonctionnel**.

Le carbone fonctionnel peut être lié à des atomes d'hydrogène ou à des groupes alkyle.

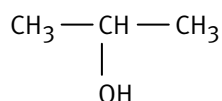
La formule générale d'un alcool à chaîne carbonée saturée et non cyclique est donc $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$.

2. Nomenclature

La chaîne principale est la chaîne la plus longue contenant le carbone fonctionnel. La numérotation de la chaîne est choisie de façon que le carbone fonctionnel ait le numéro le plus petit.

Le nom de l'alcool est celui de l'alcane correspondant suivi du numéro du carbone fonctionnel et suivi du suffixe « **ol** ».

Exemple : l'alcool de formule :



La chaîne carbonée est à 3 carbones (propane) et le carbone 2 est le carbone fonctionnel (quelque soit le sens de numérotation des atomes de carbone) : il s'agit donc du **propan-2-ol**.

Activité 3

- Nommer l'alcool de formule semi-développée :
- Donner la formule de l'alcool : 3-méthylpentan-2-ol.



3. Les classes d'alcools

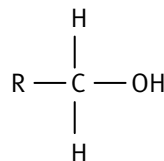
Il existe trois **classes** d'alcools (selon le nombre de groupes alkyle R fixés sur le carbone fonctionnel) :

Dans un **alcool primaire**, le carbone fonctionnel est lié à un seul atome de carbone (ou exceptionnellement zéro), donc à un seul groupe alkyle.

Si on désigne le groupe alkyle par R, la formule générale d'un alcool primaire est :

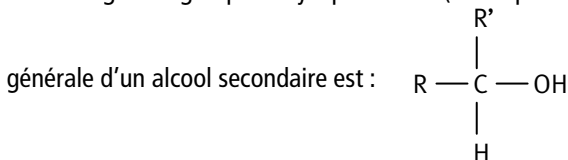
Ou : $\text{R}-\text{CH}_2-\text{OH}$.

Les alcools les plus utilisés sont dits primaires ; c'est le cas du méthanol vu ci-dessus ou de l'éthanol ($\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$) : alcool des boissons alcoolisées.



Dans un **alcool secondaire**, le carbone fonctionnel est lié à 2 atomes de carbone, donc à 2 groupes alkyle.

Si on désigne les groupes alkyle par R et R' (identiques ou différents), la formule



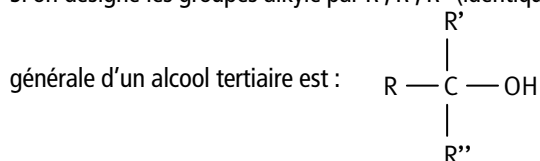
L'alcool secondaire le plus simple est obtenu pour : R et R' : CH_3 ce qui donne la formule : $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3$



C'est le propan-2-ol.

Dans un **alcool tertiaire**, le carbone fonctionnel est lié à 3 atomes de carbone, donc à 3 groupes alkyle.

Si on désigne les groupes alkyle par R, R', R'' (identiques ou différents), la formule



Activité 4 Classer les alcools suivants (primaire, secondaire ou tertiaire) : propan-1-ol ; 2-méthylpropan-2-ol ; 3-méthylpentan-2-ol.



Influence de la chaîne carbonée d'une molécule sur ses propriétés physiques

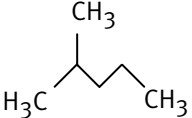
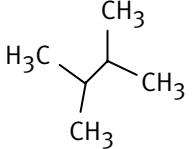
1. Températures de changement d'état

Observons le tableau ci-dessous présentant l'état physique (à température et pression habituelles) et les températures de fusion et d'ébullition de quelques alcanes linéaires :

Nom	Formule brute	État physique	Température de fusion (°C)	Température d'ébullition (°C)
Méthane	CH ₄	Gazeux	-182,6	-161,6
Éthane	C ₂ H ₆	Gazeux	-183,6	-88,6
Propane	C ₃ H ₈	Gazeux	-187,7	-42,3
Butane	C ₄ H ₁₀	Gazeux	-138,3	-0,5
Pentane	C ₅ H ₁₂	Liquide	-129,7	36,1
Hexane	C ₆ H ₁₄	Liquide	-95,3	68,7
Heptane	C ₇ H ₁₆	Liquide	-90,6	98,4
Octane	C ₈ H ₁₈	Liquide	-56,8	125,6
Nonane	C ₉ H ₂₀	Liquide	-53,7	150,7
Décane	C ₁₀ H ₂₂	Liquide	-29,8	174,0
Eicosane	C ₂₀ H ₄₂	Solide	36,4	344,0

Activité 5 Compléter la conclusion : « La température de changement d'état d'un alcane linéairelorsque le nombre d'atomes de carbone de la chaîne carbonée augmente, c'est-à-dire lorsque la masse molaire de la molécule augmente».

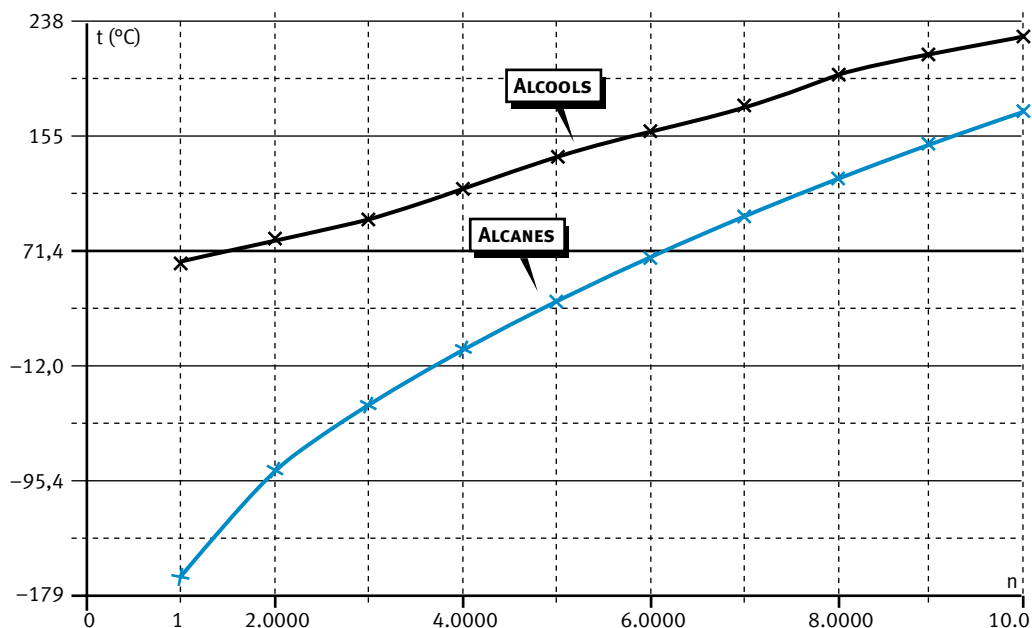
Afin de constater l'évolution de la ramification de la chaîne carbonée, voyons le tableau suivant :

Nom	Formule semi-développée	Température d'ébullition (°C)
Hexane	$\text{CH}_3\text{-(CH}_2)_4\text{-CH}_3$	69
2-méthylpentane		60
2,3-diméthylbutane		58

Activité 6 Compléter la conclusion : « La température de changement d'état d'alcane isomèreslorsque le nombre de ramifications augmente ».

Enfin, étudions les différences de température de changement d'état entre les alcanes et les alcools.

Pour cela, traçons le graphe exprimant la température d'ébullition t en fonction du nombre n d'atomes de carbone de la molécule et ce pour les alcools et les alcanes linéaires :



Activité 7 Comment évolue la température d'ébullition des alcools lorsque le nombre d'atomes de carbone (donc la masse molaire) augmente ?

Activité 8 Montrer que la masse molaire d'un alcane à $n + 1$ atomes de carbone et celle d'un alcool à n atomes de carbones sont proches

Comparer alors, à partir du graphe précédent, les températures d'ébullition d'un alcane à n atomes de carbone et d'un alcool à $(n+1)$ atomes de carbone. Cette différence est-elle due à la masse de la molécule ?

Données : masses molaires atomiques de l'hydrogène (1 g.mol^{-1}), du carbone (12 g.mol^{-1}) et de l'oxygène (16 g.mol^{-1}).

L'origine de cette différence est due au caractère polaire de la liaison O-H et à la présence de doublets non liants sur l'atome d'oxygène.

Il peut en effet s'établir entre molécules d'alcool des liaisons intermoléculaires (voir séquence n°3 partie chimie) appelées **liaisons hydrogène** qui augmentent la cohésion des alcools liquides et rendent plus difficile leur vaporisation que celle des alcanes.

Remarque : C'est l'existence de ces liaisons hydrogène qui permet d'expliquer que l'eau, formées de molécule très petites, soit liquide en dessous de 100°C sous une pression de un bar. Si cela n'avait pas été le cas, la vie n'aurait pas pu se développer sur Terre.

2. Densité et miscibilité

La densité d'un liquide est le rapport de sa masse volumique sur la masse volumique de l'eau (mesurées dans les mêmes conditions de température et de pression).

Activité 9 A partir du tableau recensant l'état physique de quelques alcanes paragraphe C.1. : Comment évolue la densité d'un alcane lorsque sa chaîne carbonée augmente ?

D'autre part, on constate que la miscibilité des alcanes avec l'eau est très faible (presque nulle) et, de plus, celle-ci diminue lorsque la longueur de la chaîne carbonée augmente.

En ce qui concerne les alcools :

Nom	Miscibilité (ou solubilité) avec l'eau (g/L)
Butan-1-ol	77
Pentan-1-ol	22
Hexan-1-ol	5,9
Heptan-1-ol	2,2

Activité 10 Les alcools sont-ils plus ou moins miscibles avec l'eau que les alcanes ?

Ceci est du aux liaisons hydrogène entre molécules d'eau et molécules d'alcool puisque l'eau possède aussi des liaisons O-H.

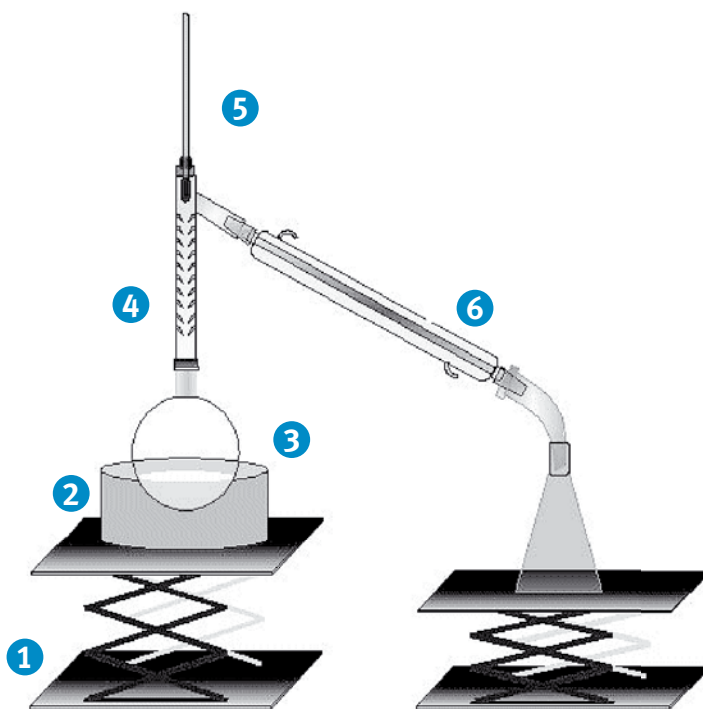
Activité 11 Comment évolue la miscibilité d'un alcool avec l'eau lorsque sa chaîne carbonée augmente ?



Distillation fractionnée d'un mélange

Une distillation fractionnée est une méthode de **séparation** des constituants d'un mélange de liquides miscibles de températures d'ébullition différentes. C'est aussi une méthode de purification d'un liquide (rectification).

On construit pour cela le montage ci-dessous :



Activité 12 Nommer chaque partie numérotée.

Lorsqu'on chauffe le mélange à distiller placé dans le ballon, le constituant le plus volatil (de température d'ébullition la plus basse) entre en ébullition le premier.

Par condensation des vapeurs, on obtient un liquide plus riche en constituant le plus volatil que le liquide de départ. Si ce liquide est à nouveau distillé, on obtient un second liquide (condensat) encore plus riche en constituant le plus volatil. Si on répète cette opération plusieurs fois, on obtiendra un condensat presque uniquement formé du constituant le plus volatil ; c'est le principe de la distillation fractionnée.

La colonne à distiller (Vigreux) permet, avec un seul montage, de réaliser cette suite de distillations (grâce à ses pointes de verre).

Ainsi, on recueille d'abord la substance la plus volatile condensée à la sortie du réfrigérant à eau ; si l'on chauffe plus fort, on pourra ensuite recueillir une autre substance moins volatile que la première et ainsi de suite en fonction du nombre de constituants du mélange initial.

Cette méthode est utilisée par les industriels pour effectuer la distillation du pétrole brut et séparer ses différents constituants : essence pour auto, gazole, fioul, mazout

Dans ce cas, la colonne à distiller est une tour de distillation (plusieurs mètres de haut) constituée de plateaux à différents niveaux et qui vont recueillir chacun, un des constituants nommés précédemment.

Activité 13 Utiliser les résultats ou les documents du cours afin de préciser le liquide récupéré à la sortie du réfrigérant (distillat) lorsqu'on distille les mélanges suivants :

- heptane et hexane
- heptane et 2-méthylhexane
- hexane et hexanol
- méthanol et hexane

Résumé

Un **alcane** est un hydrocarbure (composé ne contenant que des atomes d'hydrogène et de carbone) dans lequel les atomes de carbone ne sont liés que par des liaisons simples. La formule générale d'un alcane non cyclique est C_nH_{2n+2} .

Dans les **alcanes linéaires**, chaque atome de carbone est relié à deux atomes de carbone voisins et à 2 atomes d'hydrogène à l'exception des atomes de carbones en bout de chaîne qui sont reliés à un atome de carbone et à 3 atomes d'hydrogène.

Dans les **alcanes ramifiés**, la chaîne carbonée n'est pas unique car au moins un des atomes de carbone est relié à 3 autres atomes de carbone pour former une ramification.

Lorsqu'on enlève un atome d'hydrogène à un alcane (formule brute C_nH_{2n+2}), on obtient un groupement d'atomes de formule C_nH_{2n+1} appelé : groupement **alkyle**. Ce groupement est aussi appelé : « radical » lorsqu'il est lié à un atome de carbone d'une chaîne carbonée (présence d'un tiret).

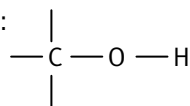
On appelle **alcool** un composé dans lequel un groupe caractéristique **hydroxyle** – **OH** est lié à un atome de carbone tétragonal, ne formant que des liaisons covalentes simples (c'est-à-dire 4 liaisons avec 4 atomes).

Un alcool est donc caractérisé par la présence de la structure :

Appelée fonction ou groupe caractéristique alcool.

L'atome de carbone qui est lié au groupe OH est appelé :

carbone fonctionnel.



Le carbone fonctionnel peut être lié à des atomes d'hydrogène ou à des groupes alkyle.

La formule générale d'un alcool à chaîne carbonée saturée et non cyclique est donc $C_nH_{2n+1}OH$.

Il existe trois **classes** d'alcools (selon le nombre de groupes alkyles R fixés sur le carbone fonctionnel) : primaire, secondaire et tertiaire.

Les températures de changement d'état et la densité d'un alcane linéaire **augmentent** lorsque le nombre d'atomes de carbone de la chaîne carbonée augmente, c'est-à-dire lorsque la masse molaire de la molécule augmente.

La température de changement d'état d'alcane isomères **diminue** lorsque le nombre de ramifications augmente.

La température d'ébullition des alcools **augmente** lorsque le nombre d'atomes de carbone (donc la masse molaire) augmente.

Pour des masses et des tailles moléculaire voisines, la température d'ébullition d'un alcool est supérieure à celle d'un alcane du fait de la présence de liaisons hydrogène entre les molécules.

Les alcools sont plus miscibles avec l'eau que les alcanes et ce, grâce aux liaisons hydrogène.

La miscibilité d'un alcool avec l'eau **diminue** lorsque sa chaîne carbonée augmente.

Une distillation fractionnée est une méthode de **séparation** des constituants d'un mélange de liquides miscibles de températures d'ébullition différentes. C'est aussi une méthode de purification d'un liquide (rectification).

La distillation du pétrole est la principale application de cette technique.

Exercices

Exercice 1 QCM 1

La molécule de formule : $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$

- a) est un alcane
- b) est un alcool primaire
- c) est un alcool secondaire
- d) s'appelle le pentan-1-ol
- e) s'appelle le pentane

Exercice 2 QCM 2

La molécule de modèle :

- a) est un alcane
- b) est un alcool primaire
- c) est un alcool secondaire
- d) s'appelle le butane
- e) s'appelle le butan-1-ol



Exercice 3 QCM 3

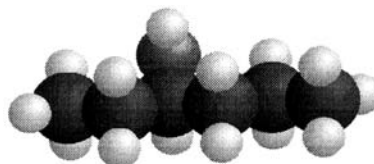
La molécule de formule : $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH}$

- a) est un acide carboxylique
- b) est un alcool primaire
- c) est un alcool secondaire
- d) s'appelle le pentan-1-ol
- e) s'appelle le pentan-5-ol

Exercice 4 QCM 4

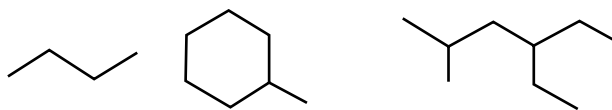
La molécule de modèle :

- a) est un acide carboxylique
- b) est un alcool primaire
- c) est un alcool secondaire
- d) s'appelle le butan-1-ol
- e) s'appelle l'hexan-3-ol



Exercice 5 Alcanes

Donner la formule brute et le nom correspondant aux formules structurales suivantes :

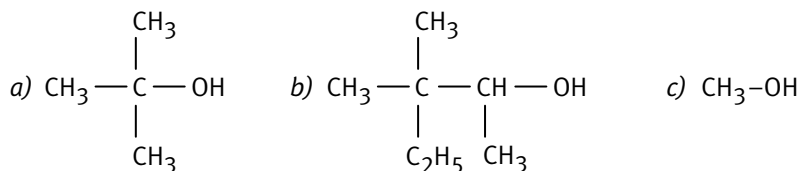
**Exercice 6 Alcools**

Donner la formule semi-développée et la classe des alcools suivants :

- a) 2-méthylpropan-1-ol
b) 3-méthylbutan-2-ol

Exercice 7 Alcools 2

Donner le nom et la classe des alcools de formule suivante :

**Exercice 8 Températures d'ébullition**

Classer les 3 alcools précédents par ordre croissant de température d'ébullition.

Exercice 9 Miscibilités

Classer les 3 alcools précédents par ordre croissant de miscibilité avec l'eau.

Exercice 10 Distillation

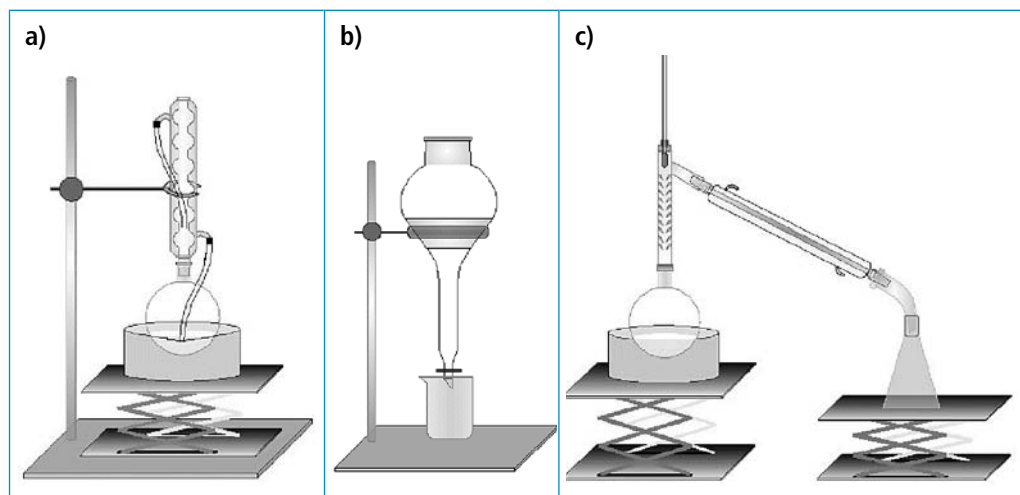
Identifier la ou les bonne(s) réponse(s) :

Une distillation permet de :

- a) synthétiser une espèce chimique.
b) séparer les constituants d'un mélange de liquides miscibles de températures d'ébullition différentes.
c) séparer les constituants d'un mélange de liquides miscibles de températures d'ébullition très proches.
d) séparer les constituants d'un mélange de liquides non miscibles de températures d'ébullition différentes.

Exercice 11 Montage de distillation

1 Identifier le montage de distillation parmi les schémas suivants :



2 Quel est le sens de circulation d'eau dans le réfrigérant ?

3 Dans quel domaine industriel la distillation est-elle mise en pratique ?

Devoir autocorrectif n°2

Physique

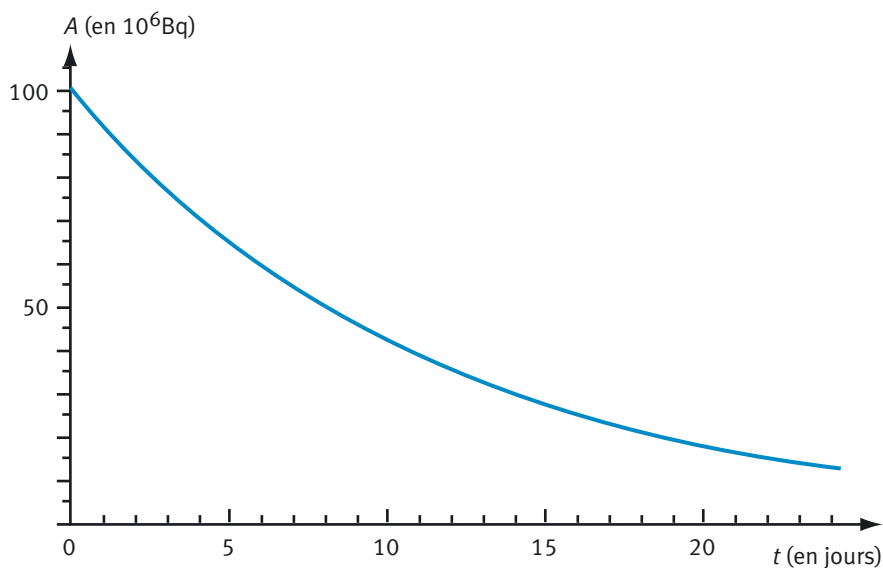
Exercice 1 Radioactivité de l'iode 131 (5 pts)

L'iode 131 est radioactif β^- .

- ① Ecrire l'équation de sa désintégration radioactive en vous aidant du tableau ci-dessous : (1 point)

Numéro atomique	51	52	53	54	55
Nom de l'élément chimique	Antimoine	Tellure	Iode	Xenon	Césium
Symbole	Sb	Te	I	Xe	Cs

- ② La courbe ci-dessous représente, en fonction du temps exprimé en jours, l'activité, exprimée en millions de becquerel, d'un échantillon d'iode contenant de l'iode 131.



Déduire de cette courbe la valeur (en jours) de la demi-vie de l'iode 131. (1 point)

- 3 Déduire de la courbe la durée nécessaire pour que l'activité de l'échantillon soit divisée par quatre. La valeur trouvée est-elle en accord avec votre réponse à la question précédente ? (1 point)
- 4 En ne considérant que des mois de trente jours, calculer, en mois, la durée correspondant à quinze demi-vies de l'iode 131. Quelle sera, au bout d'une telle durée, l'activité de notre échantillon ? (1 point)
- 5 L'échantillon initial contenait $N_0 = 1,00.10^{14}$ noyaux d'iode 131.
En déduire, en s^{-1} , la constante radioactive λ de l'iode 131, définie comme le quotient de l'activité (exprimée en Becquerel) sur le nombre de noyaux radioactifs. Sachant que, pour toute source ne contenant qu'un seul type de noyaux radioactifs, on obtient une valeur numérique égale à 0,69 en multipliant la constante radioactive (en s^{-1}) par la demi-vie (exprimée en seconde), retrouver la période de l'iode 131 d'abord en secondes, puis en jours. (1 point)

Exercice 2 Fusion de l'uranium (5 points).

- 1 A partir des données numériques indiquées ci-dessous, calculer l'énergie de liaison E_I d'un noyau de lanthane $^{139}_{57}\text{La}$ (en MeV) ainsi que son énergie de liaison par nucléon (en MeV/nucléon). (1 point).

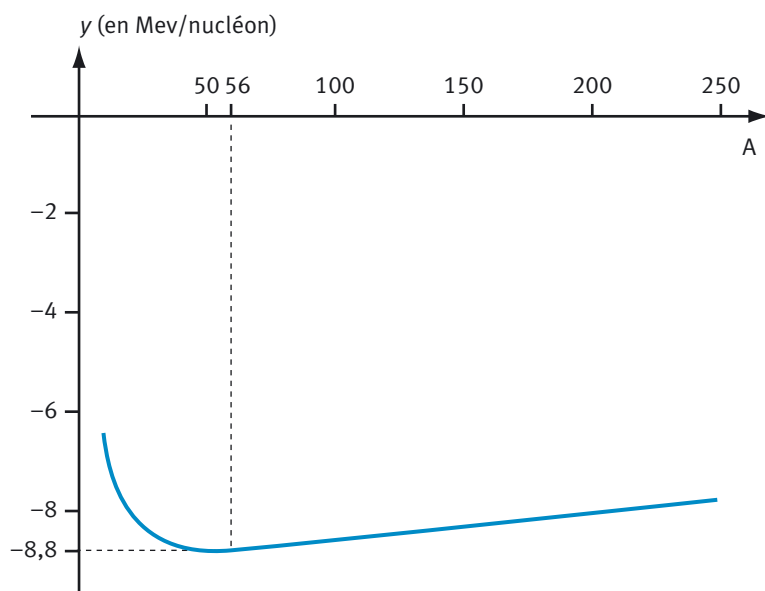
On notera $\langle E_I \rangle$ l'énergie de liaison par nucléon : $\langle E_I \rangle = \frac{E_I}{A}$.

Données : masse du noyau de lanthane 139 : $m_{\text{La}} = 2,30620.10^{-25}$ kg.

Masse d'un proton : $m_p = 1,6726.10^{-27}$ kg ; masse d'un neutron : $m_n = 1,6749.10^{-27}$ kg.

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00.10^8$ m.s $^{-1}$; 1 MeV = $1,6.10^{-13}$ J.

- 2 La courbe d'Aston, dont l'allure est indiquée sur la figure ci-dessous, représente les variations de :
 $y = -\langle E_I \rangle$ en fonction du nombre A de nucléons.
Ainsi, y est l'opposé de l'énergie de liaison par nucléon.



a) A partir de l'observation de cette courbe, indiquez parmi les quatre réactions envisagées ci-dessous lesquelles sont susceptibles de fournir de l'énergie : (1 point)

- fusion de deux noyaux légers.
- fission d'un noyau léger.
- fusion de deux noyaux lourds.
- fission d'un noyau lourd.

b) On admet que la courbe d'Aston peut, lorsque le nombre de nucléons A est supérieur à 80, être assimilée à une droite (D) d'équation $y = 7,226 \cdot 10^{-3} A - 9,281$ si y est exprimé en MeV.

Vérifier que la valeur de l'énergie de liaison par nucléon calculée pour le lanthane 139 à partir de l'équation de la droite (D) est compatible avec la valeur calculée à la question 1 si l'on se contente d'une précision de 0,1 MeV/nucléon. (1 point)

3 Lors d'une réaction de fission, un noyau d'uranium 235 heurté par un neutron se scinde en deux noyaux fils comportant respectivement 95 et 139 nucléons. (il y a simultanément émission de deux neutrons, de sept électrons, de neutrinos et de rayonnement γ).

En admettant que l'énergie libérée est égale à la différence entre la somme des énergies de liaison des deux noyaux obtenus (après fission) et l'énergie de liaison du noyau d'uranium 235 et en utilisant l'équation de la droite (D), évaluer, en MeV, l'énergie libérée par cette fission d'un noyau d'uranium 235. (1 point)

4 En fait, la fission d'un noyau d'uranium (de masse $m = 3,9 \cdot 10^{-25}$ kg), libère, en moyenne, une énergie de 200 MeV. Quelle énergie, exprimée en joule, peut-on obtenir avec 1,0 kg d'uranium 235 ? (1 point)

Remarque : seulement une fraction (un peu supérieure au tiers) de cette énergie est convertie en énergie électrique

Chimie

Exercice 1 Texte à compléter (5 points)

Il s'agit simplement de compléter le texte ci-dessous en remplaçant les espaces numérotés par l'expression ou par la valeur numérique qui convient. La notation consiste à compter 0,5 point par espace correctement complété.

L'atome d'oxygène est plus [...](1) [...] que l'atome d'hydrogène, si bien que les électrons de la liaison de covalence qui s'établit entre ces deux atomes sont plus attirés par l'atome d'oxygène que par l'atome d'hydrogène : la liaison de covalence est [...](2) [...]. L'atome d'oxygène porte ainsi une petite charge électrique [...](3) [...], alors que les atomes d'hydrogène portent une petite charge électrique [...](4) [...]. Comme la molécule d'eau de formule [...](5) [...] a une forme « coudée » (les trois atomes ne sont pas alignés), elle présente un côté positif et un côté négatif, c'est une molécule [...](6) [...].

Si l'on met, dans de l'eau, un composé ionique comme le sulfate de sodium, il va se dissoudre du fait des interactions [...] (7) [...] entre les ions et les molécules d'eau.

La solution obtenue contiendra des ions sodium Na^+ et des ions sulfate SO_4^{2-} , mais les concentrations de ces deux ions dans la solution ne seront pas égales. En effet, supposons que la concentration en ions sodium ait pour valeur

$[\text{Na}^+] = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$, alors la concentration en ions sulfate vaudra :

$[\text{SO}_4^{2-}] = [...] (8) [...] \text{ mol.L}^{-1}$.

Comme l'équation de dissolution s'écrit : [...] (9) [...] $\rightarrow 2 \text{ Na}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ et que la masse molaire du sulfate de sodium vaut : $M = 142 \text{ g.mol}^{-1}$, il nous a fallu dissoudre dans un litre d'eau une masse $m = [...] (10) [...] \text{ g}$ de sulfate de sodium solide pour obtenir ces concentrations.

Remarque – On néglige toute variation de volume de l'eau lorsqu'on ajoute le sulfate de sodium dans l'eau.

Exercice 2 Alcanes et Alcools (5 points)

1 Donner la formule semi-développée et le nom de la molécule (0,5 point)

2 Associer à chaque alcane, sa température d'ébullition (justifier la réponse) : (1 point)

Alcanes : propane, 2,3-diméthylbutane, méthylbutane, hexane.

Températures d'ébullition (°C) : - 42 ; +28 ; + 58 ; + 69.

3 Classer les alcools suivants (primaire, secondaire ou tertiaire) : butan-1-ol ; 2,3-diméthylbutan-2-ol ; 3-méthylpentan-2-ol. (1 point)

4 Classer les alcools suivants : butan-1-ol, 2,3-diméthylbutan-2-ol et éthanol par température d'ébullition croissante en justifiant la réponse. (1 point)

5 Classer les 3 alcools précédents par ordre croissant de miscibilité avec l'eau. (1 point)

6 Donner la formule semi-développée et le nom de la molécule : (0,5 point)

