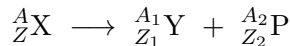


1 Équations des réactions nucléaires

1.1 Lois de conservation

Lors d'une réaction nucléaire, il y a conservation du nombre de et du nombre de

Équation générale :



X est le noyau, Y et P sont les noyaux

La conservation de la charge s'écrit :

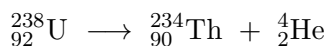
La conservation de la masse s'écrit :

Ces lois de conservation sont aussi appelées « lois de Soddy ».

On va maintenant appliquer ces lois de conservation aux émissions radioactives découvertes au début du siècle dernier.

1.2 Émission α

Exemple : l'isotope 238 de l'uranium se désintègre spontanément en thorium et hélium, selon la réaction nucléaire d'équation :



Le noyau d'hélium 4 obtenu est aussi appelé, nom qui date des premières observations de ce type de radioactivité, alors même que la particule émise n'avait pas encore été identifiée.

Les particules α sont arrêtées par quelques centimètres d'air, ou une simple feuille de papier. Elles sont donc peu pénétrantes mais cependant très ionisantes : elles sont donc particulièrement dangereuses en cas d'ingestion ou d'inhalation du composé radioactif !

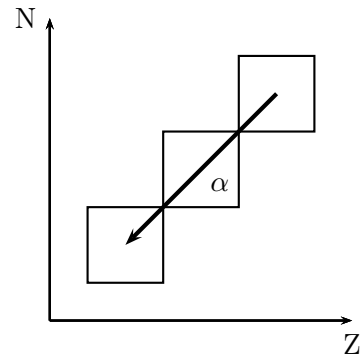
Composition du noyau père ${}^{238}_{92} \text{U}$:

$$\begin{cases} Z = \\ N = \end{cases}$$

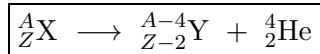
Composition du noyau fils ${}^{234}_{90} \text{Th}$:

$$\begin{cases} Z = \\ N = \end{cases}$$

Déplacement correspondant dans la vallée de stabilité :

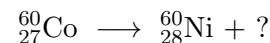


L'équation générale associée à la radioactivité α s'écrit :

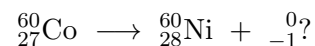


1.3 Désintégration β^-

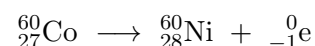
Exemple : le cobalt 60, utilisé en radiothérapie pour traiter le cancer (on combat le feu par le feu : le radioélément permet de détruire sélectivement les cellules cancéreuses) :



Que faut-il mettre à la place du point d'interrogation pour avoir une réaction équilibrée ? Les lois de conservation de Soddy montrent qu'il faut mettre en masse pour avoir 60 au total, et un nombre, en charges pour avoir 27 !



Quelle particule comporte une charge négative d'une unité sans aucun neutron ? Si on réponds l'..... à cette question, un coin du voile se soulève :



Cet électron est la particule β^- recherchée. Ces particules sont assez pénétrantes, forcément ionisantes, mais faciles à arrêter, avec un simple plaque de métal, matériau conducteur.

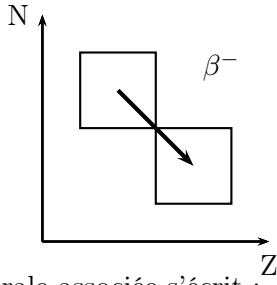
Reprenons l'exemple précédent. Composition du noyau père ${}_{27}^{60}\text{Co}$:

$$\begin{cases} Z = \\ N = \end{cases}$$

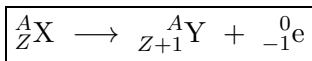
Composition du noyau fils ${}_{28}^{60}\text{Ni}$:

$$\begin{cases} Z = \\ N = \end{cases}$$

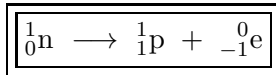
Le déplacement correspondant dans la vallée de stabilité est représenté ci-dessous.



L'équation générale associée s'écrit :



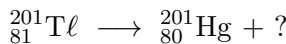
Formellement, la réaction équivaut à l'apparition d'un (le « numéro 28 »), simultanée avec la disparition d'un (le numéro 33) :



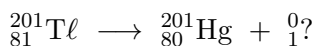
On comprend dès lors que cette radioactivité concerne les nucléides en excès de neutron ou défaut de proton, dont le but est de « redescendre » dans le centre de la vallée de stabilité.

1.4 Désintégration β^+

Exemple : le thallium 201, utilisé en scintigraphie myocardique, est un émetteur β^+ :

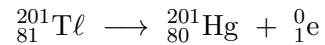


Que faut-il mettre à la place du point d'interrogation pour avoir une réaction équilibrée ? Les lois de conservation de Soddy montrent qu'il faut mettre en masse pour avoir 201 au total, et en charges pour avoir 81 :

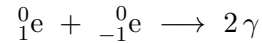


Quelle particule comporte une charge positive d'une unité sans aucun neutron ? Simplement, un électron chargé ! C'est-à-dire, un positron,

l'antiparticule de l'électron (oui, il s'agit d'antimatière!) :



Ce positron est la particule β^+ recherchée. Ces particules ont une très faible durée de vie, car elles rencontrent rapidement un électron pour se transformer entièrement en énergie :



Il s'agit de l'annihilation électron-positron, avec création (d'au minimum) de deux photons γ . L'annihilation électron-positron est le phénomène à la base de la tomographie par émission de positons (TEP) et de la spectroscopie par annihilation de positron (SAP).

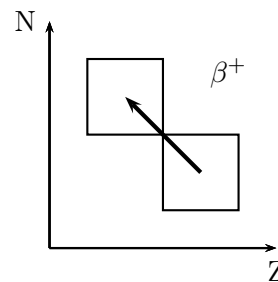
Mais revenons à la désintégration β^+ et reprenons l'exemple. Composition du noyau père ${}_{81}^{201}\text{Tl}$:

$$\begin{cases} Z = \\ N = \end{cases}$$

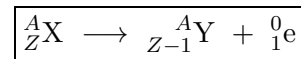
Composition du noyau fils ${}_{80}^{201}\text{Hg}$:

$$\begin{cases} Z = \\ N = \end{cases}$$

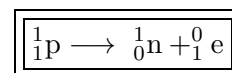
Le déplacement correspondant dans la vallée de stabilité est représenté ci-dessous.



L'équation générale associée s'écrit donc :



Formellement, la réaction équivaut à l'apparition d'un (le $121^{\text{ème}}$), simultanée avec la disparition d'un (le $81^{\text{ème}}$) :

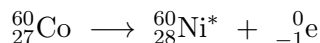


On comprend dès lors que cette radioactivité concerne les nucléides en excès de proton ou défaut de neutron.

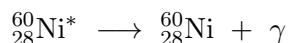
1.5 Émission d'un rayonnement γ par désexcitation

Dans les exemples de radioactivités précédentes, le noyau fils Y est en général formé dans un état Lors de sa désexcitation, il émet un, de même nature que la lumière, mais de très courte longueur d'onde, inférieur à 1 nm.

Exemple : on reprends le cas du cobalt 60 :



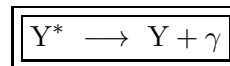
L'..... indique un noyau excité (à partir de maintenant, sans astérisque sur le noyau fils, la réaction nucléaire est considérée comme fausse). La réaction de désexcitation est :



L'écriture globale β^- plus γ est alors :



L'équation générale de l'émission γ est :



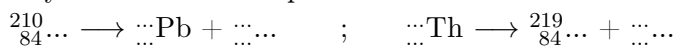
Ce rayonnement γ est très pénétrant. Une protection, sous forme de murs de béton et de plomb, est indispensable.

Remarque : les trois radioactivités « naturelles » (....., et) et la désexcitation par sont des réactions spontanées, aléatoires et inéluctables. Par conséquent, si cette dernière est successive des premières, il peut s'écouler un temps très entre les deux réactions... L'aspect temporel de ces réactions sera l'objet du prochain cours !

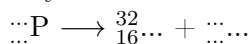
2 Exercices du chapitre 10 (début)

10.1 Équilibrez les différentes réactions nucléaires suivantes (utilisez un tableau périodique pour les symboles des éléments).

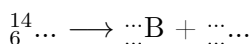
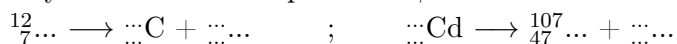
a. Noyaux émetteurs de particules α :



b. Noyaux émetteurs de particules β^- :



c. Noyaux émetteurs de particules β^- :



10.2 On considère les noyaux symbolisés par les couples

(Z,A) suivants : (8,16); (16,32); (8,18); (4,8); (4,9); (8,17).

a. Combien d'éléments différents sont représentés par ces couples (Z,A)? Identifier ces éléments à l'aide de la classification périodique.

b. Quels sont les noyaux isotopes? Écrire leur symbole ${}^A_Z\text{X}$.

10.3 N° 6 p. 152 – Une eau lourde

10.4 N° 7 p. 152 – Une eau radioactive

10.5 N° 9 p. 153 – Un problème de stabilité

3 Correction des exercices du chapitre 8

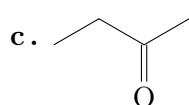
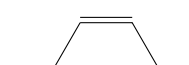
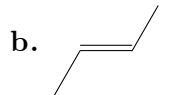
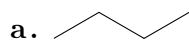
8.1 N° 2 p. 122 – Charbon

1. Il s'agit de la pyrolyse de la sciure (la sciure est chauffée mais pas enflammée).

2. Du charbon de bois, c'est-à-dire du carbone presque pur.

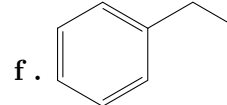
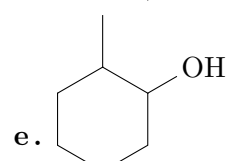
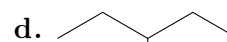
3. Oui.

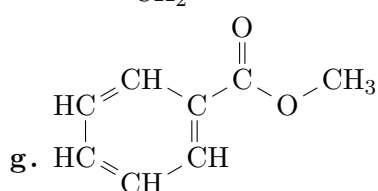
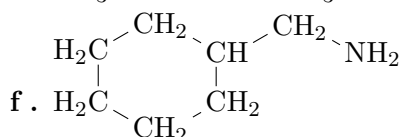
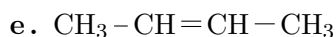
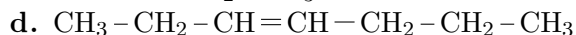
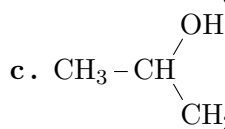
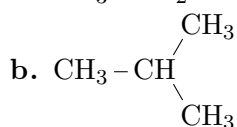
8.2 N° 6 p. 122 – Topologique



Isomère E

Isomère Z



8.3 N° 7 p. 122 – Formules semi-développées

2. Molécule **c** : groupe hydroxyle, fonction alcool ;
 Molécule **f** : groupe amine, fonction amine primaire ;
 Molécule **g** : groupe ester, fonction ester.

8.4 N° 10 p. 123 – Conjugated system

1. Molécule **a** : 2 doubles liaisons conjuguées ;
 Molécule **b** : 3 doubles liaisons conjuguées ;
 Molécule **c** : aucune double liaison conjuguée ;
 Molécule **d** : 6 doubles liaisons conjuguées ;
 Molécule **e** : 5 doubles liaisons conjuguées.
2. La molécule **d**.

8.5 N° 12 p. 123 – À chacun sa couleur

1. a. Une molécule est colorée si elle porte un grand nombre de doubles liaisons conjuguées. Deux liaisons doubles sont conjuguées lorsqu'elles sont séparées par une seule liaison simple.
- b. La molécule **a** présente 4 doubles liaisons conjuguées ; la molécule **b** en présente 7 ; la **c**, deux groupes de 3. La molécule **c** est donc la molécule incolore (elle absorbe très certainement dans l'UV).
2. a. Plus le système de doubles liaisons conjuguées est long, et plus la longueur d'onde d'absorption maximale est grande. On passe de l'UV au visible, donc dans l'ordre violet, bleu, vert, jaune, orange, rouge.
- b. La molécule **b** possède le plus grand nombre de liaisons conjuguées, donc la plus grande longueur d'onde d'absorption maximale.
- c. La molécule **b** est rouge, et la **a** est donc jaune-orangé.

8.6 N° 15 p. 124 – Des cristaux qui bronzent

1. Ces deux molécules possèdent des doubles liaisons conjuguées, qui sont des groupes chromophores, ainsi que des groupes auxochromes, les groupes nitro $-\text{NO}_2$.
2. La première molécule (a) possède une coloration jaune pâle, donc absorbe dans le bleu (couleur complémentaire du jaune).

La deuxième molécule (b) possède un système de 7 doubles liaisons conjuguées. Comparée à la première molécule (a) qui ne possède au maximum que 4 doubles liaisons conjuguées, la deuxième molécule présente une plus grande longueur d'onde d'absorption maximale. Elle absorbe dans le jaune, de longueur d'onde plus grande que le bleu. Ceci explique la coloration bleu foncé des cristaux, puisque le bleu est la couleur complémentaire du jaune.

3. Le facteur à l'origine du changement de couleur est l'exposition au soleil. Il s'agit d'une réaction photochimique. La lumière est absorbée par la molécule, ce qui provoque sa transformation de la première forme (a) vers la seconde (b).
4. « Le photochromisme est la transformation réversible d'une espèce chimique entre deux formes [...] possédant chacune un spectre d'absorbance différent » (Wikipédia). La molécule change de couleur selon son exposition au soleil.

Une application assez courante concerne les verres de lunette photochromiques, qui s'assombrissent lorsque la luminosité augmente.

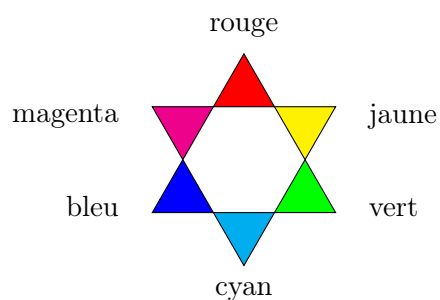
**8.7** N° 16 p. 124 – Le MOED

1. Le MOED possède 7 doubles liaisons conjuguées.
2. La couleur du MOED dépend du solvant dans laquelle la molécule est dissoute.
3. a. À toutes fins utiles, on rappelle la correspondance entre couleur et longueur d'onde dans le vide — ces valeurs peuvent notablement varier en fonction des auteurs, ou des simplifications !

| Couleurs | λ (nm) |
|----------|----------------|
| Violet | 380 ~ 430 |
| Indigo | 430 ~ 450 |
| Bleu | 450 ~ 500 |
| Cyan | 500 ~ 520 |
| Vert | 520 ~ 565 |
| Jaune | 565 ~ 590 |
| Orange | 590 ~ 625 |
| Rouge | 625 ~ 740 |

- Eau : 445 nm : absorption dans l'indigo ;
- Méthanol : 480 nm : absorption dans le bleu ;
- Éthanol : 501 nm : absorption dans le cyan ;
- Propan-2-ol : 548 nm : absorption dans le vert ;
- Pyridine : 605 nm : absorption dans l'orange.

b. La couleur de la solution dans chaque cas est la couleur complémentaire, diamétralement opposée sur l'étoile des couleurs :



On en déduit les correspondances avec les tubes :

| Solvant | Absorbe | Couleur | Tube |
|-------------|---------|------------|------|
| Eau | indigo | jaune pâle | (a) |
| Méthanol | bleu | orange | (e) |
| Éthanol | cyan | rouge | (c) |
| Propan-2-ol | vert | magenta | (d) |
| Pyridine | orange | bleue | (b) |