

# Chimie générale



Dr : BENCHARIF-MADANI  
Fairouz

université Mohamed boudiaf  
Msila

Faculté des sciences

Département des Sciences  
de la Nature et de la Vie

fairouz.bencharif-  
madani@univ-msila.dz

1.0

10-05-2024

# Table des matières

<b>Objectifs</b>	<b>4</b>
<b>Introduction</b>	<b>5</b>
<b>I - Objectifs chapitre 2</b>	<b>6</b>
<b>II - Pré-requis chapitre 2</b>	<b>7</b>
<b>III - Test pré-requis chapitre 2</b>	
<b>IV - Exercice</b>	<b>8</b>
<b>V - Exercice</b>	<b>9</b>
<b>VI - Chapitre 2 : Radioactivité</b>	<b>10</b>
1. Définition .....	10
2. La radioactivité naturelle : principaux types de rayonnement .....	10
2.1. Les rayons $\alpha$ (alpha) .....	11
2.2. Les rayons $\beta$ (bêta) .....	11
2.3. Les rayons $\gamma$ .....	12
3. Exercice : je mémorise .....	13
4. La radioactivité artificielle .....	13
5. Loi de désintégration radioactive .....	14
6. Exercice .....	15
7. Activité d'une source radioactive .....	15
8. Énergie de cohésion d'un noyau .....	15
9. Exercice : .....	17
<b>VII - Test d'évaluation chapitre 2</b>	
<b>VIII - Exercice</b>	<b>18</b>
<b>IX - Exercice :</b>	<b>19</b>
<b>X - Exercice</b>	<b>20</b>
<b>Solutions des exercices</b>	<b>21</b>
<b>Glossaire</b>	<b>23</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>24</b>



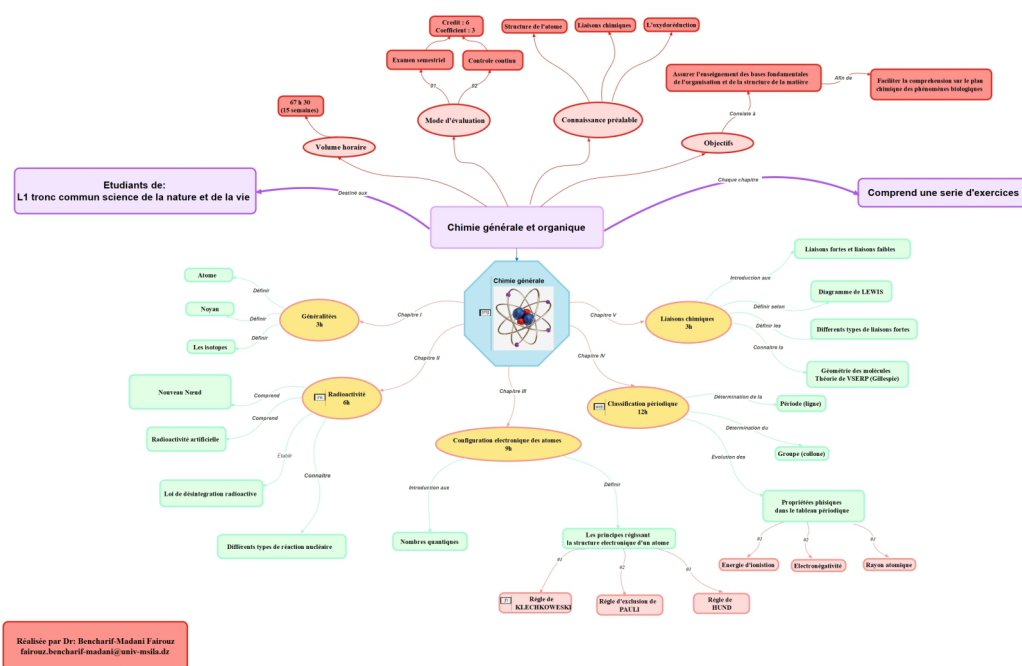
# Objectifs

Le module de chimie générale et organique consiste à assurer un enseignement sur les bases fondamentales de l'organisation et la structure chimique de la matière (atome, molécule, ion). C'est un complément des autres matières car il sert à faciliter la compréhension sur le plan chimique des phénomènes biologiques.

# Introduction

Le module de chimie générale et organique vise à fournir aux étudiants une base solide concernant les principes de chimie qui leurs serviront de baguage scientifique pour des études plus avancées.

Ce module aborde une variété de sujets, allant des propriétés de la matière aux réactions chimiques . Il aborde également les principes fondamentaux de chimie organique,des équilibres chimiques,et de la chimie des solutions, au cours de ce module, les étudiants connaîtront les éléments constitutifs de la matière, tels que les atomes et les molécules, et apprendront à prédire le comportement des substances chimiques en fonction de leur structure.



Réalisée par Dr: Bencharif Madani Fairouz  
fairouz.bencharif-madani@univ-msila.dz

# I Objectifs chapitre 2

Assimiler la définition de la radioactivité. (*compréhension*)

Connaître les différents types de rayonnement alpha, bêta et gamma . (*connaissance*)

Faire la différence entre radioactivité naturelles et artificielle. (*analyse*)

Définir la loi de désintégration radioactive. (*connaissance*)

## II Pré-requis chapitre 2

pour pouvoir suivre un cours de radioactivité, il est nécessaire pour l'apprenant d'avoir des connaissances de base en :

**Notion de Chimie** : éléments chimiques, structure atomique, isotopes.

**Notion de Mathématiques** : maîtrise de l'algèbre et du calcul différentiel et intégral.

**Processus de radioactivité** : les types de rayonnement ( alpha, bêta et gamma).

# III Exercice

*[solution n°1 p.21]*

Quel est l'unité utilisée pou mesurer l'activité radioactive.

- Becquerel (Bq)
- Ampère (A)
- Joule (J)
- Curie (Ci)



# IV Exercice

*[solution n°2 p.21]*

Quel est la particule émise lors d'une désintégration alpha

# V Chapitre 2 : Radioactivité

## 1. Définition

Cf. "vidéo radioactivité"

On appelle radioactivité la transformation spontanée de certains noyaux atomiques instables en noyaux atomiques plus stables en émettant divers rayonnements (particules de matière).

\*

La radioactivité est une réaction dite **nucléaire** car elle concerne le noyau de l'atome contrairement aux réactions chimiques qui ne concernent que le cortège électronique sans modifier le noyau.

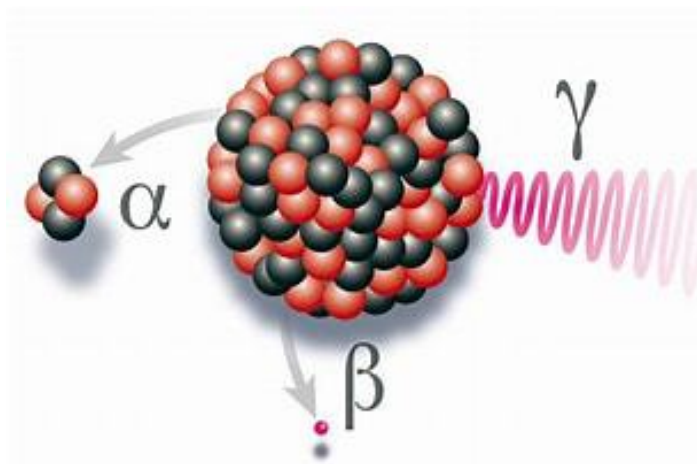
## 2. La radioactivité naturelle : principaux types de rayonnement

La radioactivité a été découverte en **1896** par **Henri Becquerel**, c'est la propriété de certains noyaux à se transformer spontanément (**désintégration**<sup>\*</sup>) en émettant divers rayonnements **alpha**, **bêta** et **gamma**.

Au cours d'une transformation nucléaire, il y a conservation du nombre de nucléons A et du nombre de protons Z (Loi de Soddy)

\*

.



radioactivité naturelle

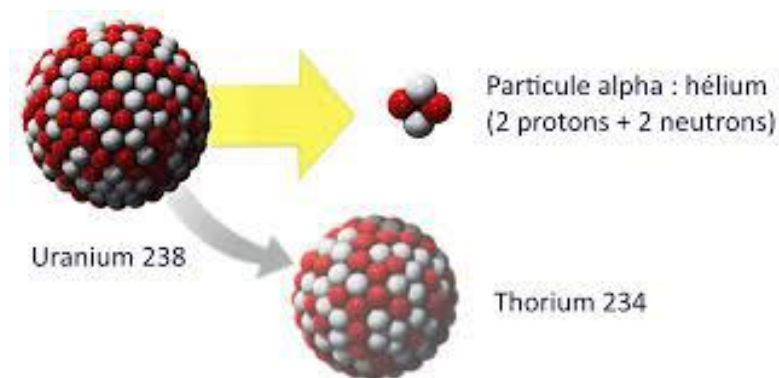
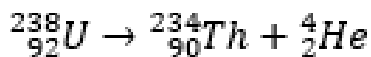
## 2.1. Les rayons $\alpha$ (alpha)

Ce sont des noyaux d'hélium  ${}^4_2\text{He}$  émis lors de la désintégration spontanée d'un noyau lourd ( $A > 200$ ) en noyau plus légers

\*. Un noyau « père »  ${}^A_Z X$  se désintègre pour donner le noyau « fils »  ${}^{A-4}_{Z-2} Y$  et expulsion d'un rayonnement alpha selon la réaction suivante :



Exemple :



## 2.2. Les rayons $\beta$ (bêta)

Lorsque le rapport  $N/Z$  est trop élevé, les noyaux instables\* émettent des particules bêta, des **positons** (ou positrons)  $\beta+$  ou des **négatons**  $\beta-$ .

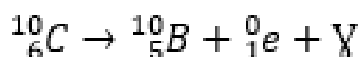
- Les rayons  $\beta+$  (positons)

Les noyaux avec trop de protons ( $Z > N$ ) émettent des particules  ${}^0_{+1}e$  appelées :  $\beta+$  qui proviennent de la décomposition d'un proton en un positron. Il y a en parallèle émission d'un photon ( $\gamma$ ).

L'équation de désintégration s'écrit :



Exemple :



- Les rayons  $\beta-$  (négatons)

Lorsque dans le noyau il y a un excès de neutrons ( $N > Z$ ), Il y a émission d'un négaton  $\beta^-$  selon l'équation :



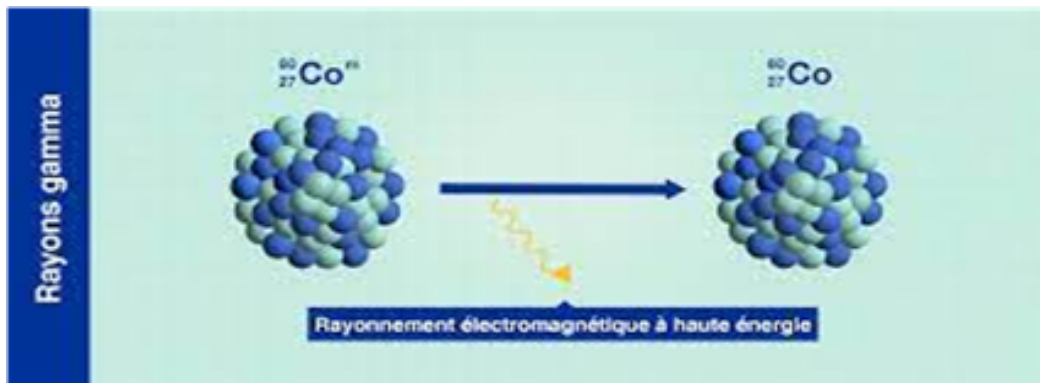
🔗 Exemple : Rayons  $\beta^-$



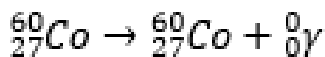
### 2.3. Les rayons $\gamma$

Les rayonnements ( $\alpha$ ) et ( $\beta$ ) sont tous deux accompagnés de l'émission d'un rayonnement électromagnétique ( $\gamma$ ), C'est un dégagement d'énergie qui accompagne une réaction nucléaire. Les particules émises possèdent généralement une grande énergie.\*

Le noyau fils formé est généralement produit dans un état excité (il possède un excédent d'énergie par rapport à son état fondamental). Ce noyau libère un rayonnement ( $\gamma$ ) qui ne produit ni variation de  $A$  ni de  $Z$ .



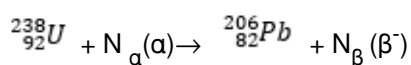
🔗 Exemple



🔗 Exemple

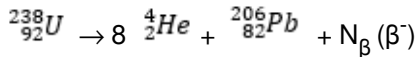
Combien de particules  $\alpha$  et  $\beta^-$  sont produites dans la suite de transformation radioactives qui conduisent de  ${}^{238}_{92} U$  au  ${}^{206}_{82} Pb$

**Solution :**



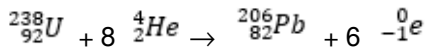
$$\alpha = {}^4_2 He, \beta^- = {}^0_{-1} e$$

$$N_{\alpha} = (238 - 206) / 4 = 8$$



$$92 = 8(2) + 82 - N_{\beta}$$

$$\text{Donc } N_{\beta} = 6$$



### 3. Exercice : je mémorise

[solution n°3 p.21]

Les rayonnements  $\beta^-$  sont des électrons ou des positrons émis par un noyau

### 4. La radioactivité artificielle

La radioactivité artificielle est une radioactivité provoquée par des activités humaines, découverte pour la première fois par **Fredéric Joliot-curie** et **Irène Joliot-Curie** en **1934**.

\*

Elle consiste à un bombardement des noyaux cibles  ${}_Z^AX$  par un autre noyau  ${}_{Z_1}^{A_1}P$  plus léger (protons, neutrons, électrons) pour donner de nouveaux noyaux.

La réaction artificielle s'écrit sous la forme :

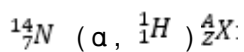


Cette équation peut être simplifiée comme suit :



#### 🕒 Exemple

Écris l'équation de la réaction nucléaire suivante et compléter les éléments manquants :



**Solution :**

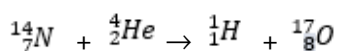
$$\text{on a } \alpha = {}_2^4\text{He}$$

Selon la loi de Soddy :

$$14 + 4 = 1 + A \rightarrow A = 17$$

$$7 + 2 = 1 + Z \rightarrow Z = 8$$

L'équation s'écrit donc :



## 5. Loi de désintégration radioactive

Soit un nombre  $N_t$  d'atomes radioactifs (nucléide : A) d'une espèce présente à l'instant  $t$ , la vitesse de désintégration :  $-dN/dt$  est à tout instant  $t$  proportionnelle au nombre d'atomes radioactifs  $N$  présents à cet instant.

\*

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -\lambda \int_{t=0}^t dt$$

L'intégration de l'équation différentielle entre l'instant initial  $t = 0$  où  $N = N_0$ , et l'instant  $t$  où il reste  $N$  atomes radioactifs, conduit à :

$$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t \quad \text{d'où} \quad N = N_0 e^{-\lambda t}$$

La période  $T$  ou  $t_{1/2}$  est le temps au bout duquel le nombre initial d'atomes radioactifs a été divisé par deux. La valeur de  $T$  est indépendante de  $N_0$ .

$t = T$  :  $N = N_0 / 2$  en remplaçant dans la loi de désintégration on obtient :

$$\ln \frac{N_0/2}{N_0} = -\lambda T \Rightarrow \ln 2 = \lambda T \quad \text{et donc :}$$

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Comme on peut exprimer cette loi de désintégration des radionucléides en fonction de la masse, Sachant que :

$$m(t) = \frac{N(t) \times M}{N_A}$$

$M$  : masse molaire du radionucléide

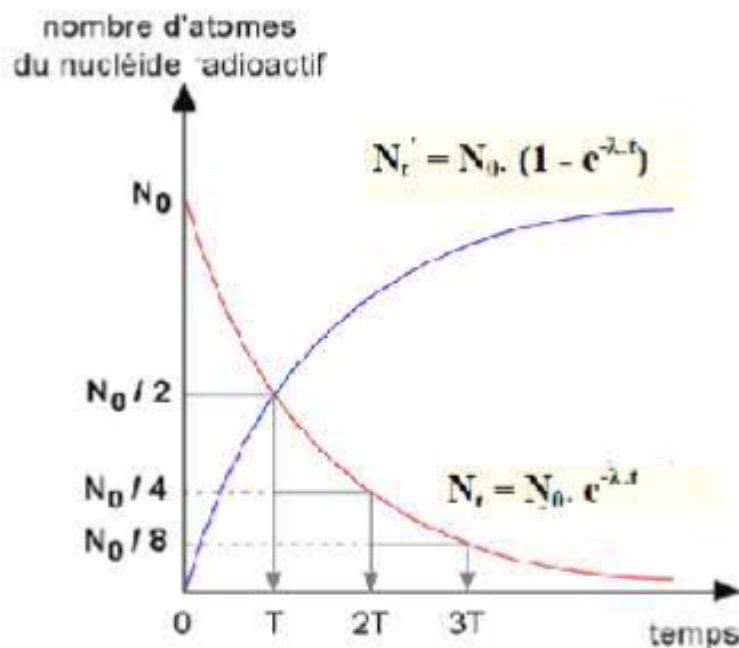
$m(t)$  : masse du radionucléide à  $t$

$N(t)$  : nombre de radionucléide restant à  $t$

$N_A$  : nombre d'Avogadro = 6,023.1023

La relation de  $m(t)$  devient :

$$m = m_0 e^{-\lambda t}$$



Courbe de désintégration radioactive

## 6. Exercice

[solution n°4 p.21]

Qu'est-ce qu'un temps de demi-vie radioactive ?

- La durée de temps nécessaire pour que la moitié des atomes d'un échantillon radioactif se désintègrent.
- La durée de temps nécessaire pour que tous les atomes d'un échantillon radioactif se désintègrent.
- La durée de temps nécessaire pour que les atomes d'un échantillon radioactif deviennent stables.

## 7. Activité d'une source radioactive

L'activité  $A$  d'une source radioactive (ou radioactivité) à un instant donné est égale à la vitesse de désintégration des noyaux radioactifs qui la constituent à cet instant :

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N \Rightarrow A = A_0 e^{-\lambda t}$$

L'unité de l'activité  $A$  est le Becquerel dont le symbole est Bq (1 Bq = 1 désintégration par seconde (dps)). Le Curie (Ci) est aussi une unité de l'activité.

on a  $1\text{Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ dps}$

## 8. Énergie de cohésion d'un noyau

Lors d'une transformation nucléaire (naturelle ou provoquée), la masse des produits est toujours un peu inférieure à la masse des réactifs. La perte de masse est notée  $\Delta m$ . Associé à cette perte de masse, se produit un dégagement d'énergie dont la valeur  $\Delta E$  est donnée par la relation d'Einstein :

$$\Delta E = (\Delta m)C^2$$

Avec C est la célérité de la lumière :  $C=3 \cdot 10^8$  m/s

L'unité l'égale de l'énergie est le Joule (J), toutefois, en nucléaire l'unité la mieux adaptée est l'électron-volt (eV).

$$1eV = 1.602 \times 10^{-19} J \text{ et } 1MeV = 10^6 eV$$

La masse d'un noyau atomique est toujours un peu inférieure à la somme des masses de ses nucléons. La différence  $\Delta m$  entre la masse des nucléons et celle du noyau est appelée **défaut de masse**. Un noyau est d'autant plus stable que cette quantité  $\Delta E$  est grande, c'est pourquoi  $\Delta E$  est appelée énergie de cohésion (ou énergie de liaison) du noyau.

\*

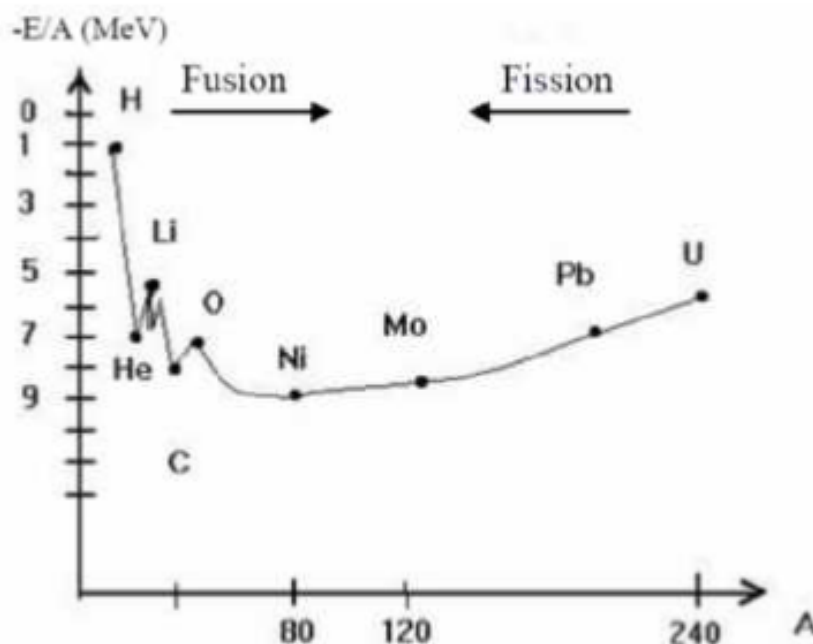
Pour comparer entre elles les stabilités des noyaux de divers éléments, on compare les énergies de cohésion rapportées à 1 nucléon, et exprimées en MeV/nucléon.

La courbe d'Aston donne l'énergie de cohésion par nucléon des noyaux atomiques en fonction de A.

On peut constater à travers cette courbe, que l'énergie de liaison par nucléons est maximum pour  $60 < A < 90$ . Cela correspond aux noyaux les plus stables dont l'ordre de stabilité est d'environ 8,8 MeV/nucléons ( $E_L/A \approx 9$  (MeV /nucléons)).

On peut distinguer deux grandes zones, séparées par une ligne aux traits pointillés dans la figure :

- pour les éléments légers, il est possible de gagner beaucoup d'énergie lors de la fusion des nucléons ;
- pour les éléments lourds, c'est à l'inverse la fission qui va libérer de l'énergie



Courbe d'Aston



## 9. Exercice :

Le radon  $^{222}_{86}\text{Rn}$  est un émetteur alpha. Sa période est de 3,8 jours.

### Question

[solution n°5 p.21]

1- Indiquer l'équation de sa désintégration.

2- Quelle masse de radon reste-t-il au bout de 15 jours, si l'échantillon initial a une masse de 280 en mg ?

## VI Exercice

*[solution n°6 p.21]*

Si la demi-vie d'un isotope radioactif est de 10 jours et vous commencez avec 100 g de cet isotope, combien de gramme en restera-t-il après 30 jours ?

## VII Exercice :

soit un noyau d'hélium  ${}^4_2\text{He}$

### Question

[solution n°7 p.22]

Calculez l'énergie de liaison du noyau d'hélium  ${}^4_2\text{He}$  (sachant que sa masse est de 4,001506 )

*Indice :*

$$1 \text{ uma} = 1.66 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

# VIII Exercice

*[solution n°8 p.22]*

Quels sont les trois types de rayonnements ?

# Solutions des exercices

## > Solution n° 1

Exercice p. 8

Quel est l'unité utilisée pour mesurer l'activité radioactive.

- Becquerel (Bq)
- Ampère (A)
- Joule (J)
- Curie (Ci)

## > Solution n° 2

Exercice p. 9

Quel est la particule émise lors d'une désintégration alpha

Hélium

## > Solution n° 3

Exercice p. 13

Les rayonnements **bêta** sont des électrons ou des positrons émis par un noyau

## > Solution n° 4

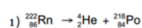
Exercice p. 15

Qu'est-ce qu'un temps de demi-vie radioactive ?

- La durée de temps nécessaire pour que la moitié des atomes d'un échantillon radioactif se désintègrent.
- La durée de temps nécessaire pour que tous les atomes d'un échantillon radioactif se désintègrent.
- La durée de temps nécessaire pour que les atomes d'un échantillon radioactif deviennent stables.

## > Solution n° 5

Exercice p. 17



2)  $N_0 = 280 \text{ mg}$ ,  $T = 3,8 \text{ jours}$ ,  $t = 15 \text{ jours}$

$$T = t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = 0,693/\lambda \quad \text{donc } \lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$N = N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T} t} = 280 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{3,8} \cdot 15} = 280 \cdot e^{-2,7395} = 280 \cdot 0,06486 = 18,161 \text{ mg}$$

> **Solution n°6**

Exercice p. 18

Si la demi-vie d'un isotope radioactif est de 10 jours et vous commencez avec 100 g de cet isotope, combien de gramme en restera-t-il après 30 jours ?

12.5

> **Solution n°7**

Exercice p. 19

1- Calculer la masse du noyau d'hélium en kilogrammes :

$$m = 4.001506 \text{ uma} \times 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg} = 6.6468 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$2- E = m \times C^2$$

$$E = (6.6468 \times 10^{-27} \text{ kg}) \times (9 \times 10^{16} \text{ m}^2/\text{s}^2)$$

$$E = 5.98212 \times 10^{-10} \text{ J}$$

3- conversion

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$E = 3.73272 \text{ MeV}$$

> **Solution n°8**

Exercice p. 20

Quels sont les trois types de rayonnements ?

alpha bêta gamma

# Glossaire

## **Désintégration**

Transformation spontanée d'un noyau atomique, elle se produit lorsqu'un atome instable perd de l'énergie en émettant un rayonnement ionisant

## **Noyau instable**

Les noyaux instables qui sont radioactifs disparaissent avec le temps. Ils sont appelés radioéléments

# Bibliographie

Alain Sevin- Chimie générale. Tout le cours en fiche, DUNOD, deuxième édition, 2016.

Élisabeth Bardez - Chimie générale : Exercices et Problèmes. Ed. DUNOD, Paris 2009. .



# Webographie

<https://fac.umc.edu.dz/snv/TCetud1s12022.php>

<https://fac.umc.edu.dz/snv/TCetud1s12022.php>