



| Notions et contenus | Compétences exigibles |
|---|---|
| <p>Cohésion et transformations de la matière Cohésion du noyau, stabilité.</p> <p>Radioactivité naturelle et artificielle. Activité.</p> <p>Réactions de fission et de fusion.</p> <p>Lois de conservation dans les réactions nucléaires.</p> <p>Défaut de masse, énergie libérée. Réactions nucléaires et aspects énergétiques associés. Ordre de grandeur des énergies mises en jeu.</p> | <p>Utiliser la représentation symbolique A_ZX ; définir l'isotopie et reconnaître des isotopes.</p> <p>Recueillir et exploiter des informations sur la découverte de la radioactivité naturelle et de la radioactivité artificielle.</p> <p>Connaître la définition et des ordres de grandeur de l'activité exprimée en becquerel.</p> <p>Utiliser les lois de conservation pour écrire l'équation d'une réaction nucléaire.</p> <p>Utiliser la relation $E_{\text{libérée}} = \Delta m c^2$.</p> <p>Recueillir et exploiter des informations sur les réactions nucléaires (domaine médical, domaine énergétique, domaine astronomique, etc.).</p> |

Introduction

I. Les réactions nucléaires spontanées

TP11 : radioactivité et réactions nucléaires

Ex 4 p.192

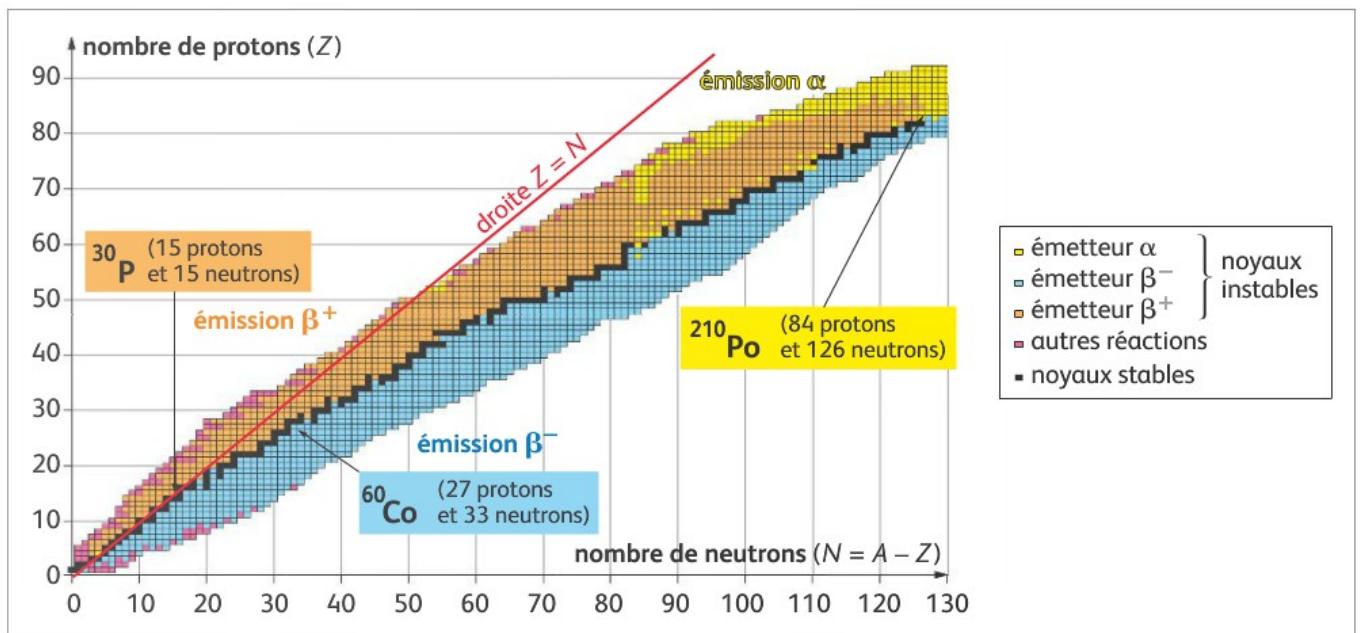
A. Stabilité d'un noyau

Les **principales interactions** qui interviennent au **niveau du noyau** sont :

- les interactions **électromagnétiques** (répulsives entre protons),
- les interactions **fortes** (attractives entre tous les nucléons).

La **cohésion** du noyau résulte d'un **équilibre entre ces interactions** auxquelles sont soumis ses nucléons.

Un **noyau est instable** lorsque sa cohésion n'est plus assurée : les **noyaux isotopes** d'un élément (même nombre de protons nombre de neutrons \neq) ne sont pas tous **stables** (voir diagramme de Segré p.187).



11 Diagramme (N, Z) et principaux types de désintégrations nucléaires. Les noyaux stables (en noir) appartiennent à une zone appelée vallée de la stabilité.

Lorsqu'un **noyau est instable** (appelé **noyau père**), il se **transforme spontanément** en un **noyau d'un autre élément** (appelé **noyau fils**) en **expulsant une particule**. Cette réaction est appelée **désintégration radioactive**.

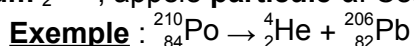
B. Les différents types de désintégration

La radioactivité est dite **naturelle** lorsque les **noyaux instables existent dans la nature** (mise en évidence par Becquerel en 1896 puis expliquée par Pierre et Marie Curie qui obtiennent le prix Nobel de chimie en 1903, avec Becquerel); elle est dite **artificielle** lorsqu'ils sont **créés au laboratoire** (mise en évidence par Irène et Frédéric Joliot-Curie en 1834).

1. Radioactivité α (naturelle)

Ex 6 p.193 (corrigé) ; 16 et 18 p.195 (ecorrigé) ; 21 p.195

Concerne les noyaux instables par **excès de nucléons**. Ils se désintègrent en émettant un **noyau d'hélium** ${}^4_2\text{He}$, appelé **particule α** . Ces particules sont arrêtée par une feuille de papier.



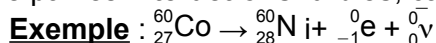
Les réactions nucléaires obéissent à des **lois de conservation** appelées **lois de Soddy** :

- conservation du **nombre de charge**
- conservation du

2. Radioactivité β^- (naturelle)

Concerne les noyaux instables par **excès de neutrons**. Ils se désintègrent en émettant un électron ${}^0_{-1}\text{e}$, appelé **particule β^-** et un **antineutrino** ${}^0_{0}\bar{\nu}$ ¹. Ces particules sont arrêtée par une feuille d'aluminium.

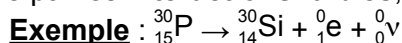
Lors d'une désintégration β^- , un **neutron se transforme en proton**. Cette transformation est rendue possible par les **interactions faibles**, capables de transformer les nucléons.



3. Radioactivité β^+ (artificielle)

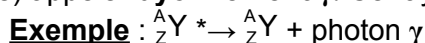
Concerne les noyaux instables par **excès de protons**. Ils se désintègrent en émettant un positon ${}^0_1\text{e}$, appelé **particule β^+** et un **neutrino** ${}^0_0\nu$. Ces particules sont arrêtée par une feuille d'aluminium.

Lors d'une désintégration β^+ , un **proton se transforme en neutron**. Cette transformation est rendue possible par les **interactions faibles**, capables de transformer les nucléons.



C. La désexcitation γ

À la suite d'une désintégration, le noyau fils est souvent dans un **état excité**. Il libère l'excédent d'énergie en émettant un **rayonnement électromagnétique** de fréquence très élevée (donc de grande énergie) appelé **rayonnement γ** . Ce rayonnement est arrêté par une grande épaisseur de béton.



D. Activité et décroissance radioactive

Ex 8 p.193 (corrigé) ; 11 p.193

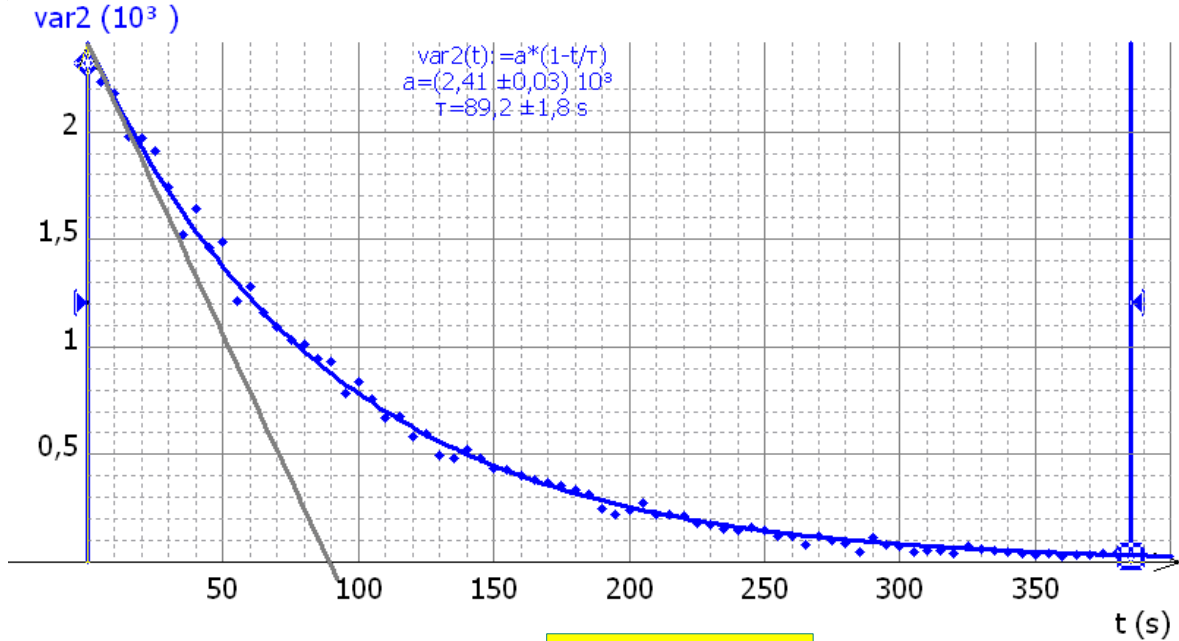
L'**activité A** d'un échantillon radioactif est le **nombre de désintégrations** qu'il produit en **une seconde**. Son unité est le **becquerel (Bq)** : 1 Bq = 1 désintégration par seconde. Elle est mesurée grâce à un **compteur Geiger-Müller**. L'activité **diminue au cours du temps**.

Activités de quelques objets quotidiens données pour 1 kg (l'activité d'un échantillon dépend de sa masse) :

- lait : 80 Bq (émission radioactive due au potassium 40)
- eau minérale : 1 à 2 Bq (radium ou uranium en quantité infinitésimale)
- poisson : 100 à 400 Bq
- homme : 110 à 140 Bq (potassium 40 dans nos os + carbone 14) – 8000 à 10000 Bq (70kg)
- engrais : 5 000 Bq (phosphates)
- pommes de T : 100 à 150 Bq
- granit : 8 000 Bq
- eau de mer : 10 Bq

1 Antineutrino et neutrino : particules élémentaires qui n'ont pas de charge électrique et une masse très faible. Ils interagissent par interaction faible. Découverts par Pauli en 1930 pour compenser la perte d'énergie cinétique des électrons

pas au programme Pour un échantillon donné, l'**activité diminue au cours du temps**. L'activité est divisée par deux au bout d'une durée appelée **demie-vie** et notée $t_{1/2}$. Cette demi-vie est différente selon les noyaux radioactifs. (ci-dessous : exemple du radon : mesures effectuées en TP)



II. Les réactions nucléaires provoquées Ex 14 p.193 (corrigé)

Une réaction nucléaire est **provoquée** lorsqu'on **bombarde** un **noyau cible** par un **noyau projectile**, pour donner naissance à de **nouveaux noyaux**.

A. La fission nucléaire

Un **noyau lourd** éclate et **se sépare en deux** noyaux plus légers, **sous l'impact d'un neutron**.

Les noyaux plus légers sont souvent **radioactifs** et un **rayonnement gamma** est émis. De **l'énergie est libérée**.

Ce phénomène est utilisé dans les **réacteurs des centrales nucléaires**.

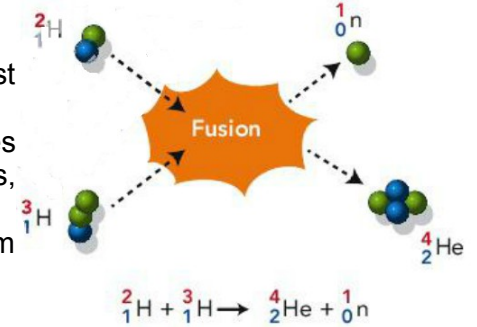


B. La fusion nucléaire

Deux **noyaux légers s'associent** pour former **un noyau plus lourd**. Des particules et un rayonnement gamma sont émis. De l'énergie est libérée.

Pour que la fusion se produise, il faut des températures très élevées pour vaincre la répulsion entre les noyaux. Dans le Soleil et les étoiles, ces réactions se produisent spontanément.

On travaille depuis 30 ans sur la fusion du deutérium et du tritium (projet Iter)



III. Énergie libérée par une réaction nucléaire

A. Perte de masse et énergie libérée

Ex 15 p.194 (résolu) ; 24 p.196

Lors d'une réaction nucléaire, la masse des produits obtenus est inférieure à la masse des réactifs.

D'après Einstein, la perte de masse correspond à l'énergie libérée selon la relation : $E_{\text{libérée}} = |\Delta m| \cdot c^2$

$E_{\text{libérée}}$ en Joule, $\Delta m = m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}$ en kg et $c = 299\,792\,458 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

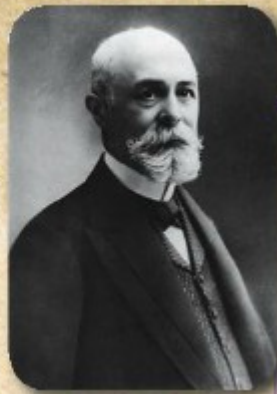
Remarque : c'est aussi ce type d'énergie, appelée dans ce cas énergie de liaison, qui assure la cohésion du noyau : la masse du noyau est toujours inférieure à la masse de ses nucléons isolés.

B. Ordres de grandeur

- **fusion** : $2 \cdot 10^{11} \text{ J}$ par gramme d'H fusionné ;
- **fission** : $8 \cdot 10^{10} \text{ J}$ par gramme d'U fissionné ;
- **désintégration α** : $2 \cdot 10^9 \text{ J}$ par gramme de Radon désintégré
- **Combustion du pétrole** : $4 \cdot 10^4 \text{ J}$ par gramme de pétrole brûlé

Applications : médical (diagnostic (traceurs) + soins) ; conservateur (instruments médicaux + aliments + art : pour détruire μorganismes, bactéries, moisissures, parasites ; datation œuvres d'art

Le 26 février 1896, le physicien français Henri BECQUEREL (1852-1908) tente d'exciter la fluorescence de sels d'uranium en les exposant au rayonnement solaire, dans l'espoir d'impressionner par la suite une plaque photographique. Ne pouvant faire ses expériences à cause des nuages, il range les sels précédemment exposés dans un tiroir avec ses plaques photographiques neuves. Quatre jours plus tard, lorsqu'il développe ces plaques, elles sont impressionnées. H. BECQUEREL vient ainsi de découvrir un rayonnement invisible dont les effets sont similaires aux rayons X : il les nomme « rayons uraniques ».



1896

La physicienne franco-polonaise Marie CURIE (1867-1934) et son mari le physicien français Pierre CURIE (1859-1906) se consacrent à l'étude du rayonnement découvert par H. BECQUEREL. Ils montrent que d'autres composés sont susceptibles d'émettre un

rayonnement identique à celui des sels uraniques. Ils nomment « polonium » (en référence au pays d'origine de Marie CURIE) et « radium » les éléments chimiques qu'ils découvrent. C'est également à eux que l'on doit le terme « radioactivité ».



Leurs travaux leur vaudront le prix Nobel de chimie, en 1903, qu'ils partageront avec Henri BECQUEREL.

1898

Le physicien britannique Ernest RUTHERFORD (1871-1937) découvre que la radioactivité est due soit à des émissions de particules chargées, nommées particules alpha (α) ou bêta (β), soit à l'émission de rayons, nommés rayons gamma (γ), très énergétiques, non chargés et de même nature que la lumière et que les rayons X. Ces rayons gamma viennent d'être mis en évidence, en 1900, par le physicien français Paul VILLARD (1860-1934).



1902

En travaillant sur la radioactivité naturelle, les physiciens et chimistes français Irène JOLIOT-CURIE (1897-1956) et Frédéric JOLIOT-CURIE (1900-1958) découvrent la radioactivité artificielle en irradiant du bore ou de l'aluminium avec des particules alpha. Le phénomène de radioactivité artificielle consiste à transformer un noyau stable en noyau radioactif. Ils obtiennent conjointement

l'année suivante le prix Nobel de chimie. Leurs études et celles du physicien italien Enrico FERMI (1901-1954) sur les impacts de neutrons sur les noyaux lourds ouvriront la voie de la découverte de la fission nucléaire.



1934

E. RUTHERFORD réussira la toute première transmutation artificielle : lors de la radioactivité, il y a transformation du noyau d'un élément en noyau d'un autre élément. Le rêve des alchimistes devient réalité. Les travaux de E. RUTHERFORD lui valurent le prix Nobel de chimie en 1908.