

1 La radioactivité

1.1 Historique succinct

- 1896 : BECQUEREL et les « rayons uraniques » émis par l'..... ;
- 1898 : Marie CURIE et la « radioactivité » du et du ;
- 1899 : Ernest RUTHERFORD et la découverte :
 - des rayonnements et ;
 - de la des éléments chimiques ;
 - que le dégagement d'énergie est plus important que lors d'une réaction chimique ;
- 1905 : Albert EINSTEIN et la découverte de l'équivalence -

1.2 Origine

Dans certains cas, l'..... est insuffisante pour assurer la cohésion d'un noyau. Celui se transforme en un autre noyau, en émettant un « rayonnement radioactif » (ce que recouvre ce terme va être précisé ci-après).

On dit alors que le noyau s'est

Un noyau radioactif est un noyau *instable*, dont la désintégration est :

-
-
-

1.3 Méthodes de détection

Compteur Geiger Basé sur l'..... d'un gaz contenu dans un tube, auquel on applique une haute tension.

Les comptages (parfois, des bips sonores) se produisent (crépitement).

Plaque photo Avant l'apparition des appareils photographiques numériques, basés sur le piégeage de photons et leur conversion en signal électrique, les appareils photos utilisaient des plaques souples enduites d'un gel contenant des ions argent.

Or la « radioactivité », quelqu'en soit la nature, a tout comme la lumière visible la capacité d'..... la plaque ou le film photographique.

L'avantage d'un tel procédé est son aspect : les effets de la lumière ou de la « radioactivité » s'accumulent au cours du temps. Les travailleurs à l'énergie atomique portaient tous un « film dosimétrique ». Son inconvénient est la nécessité de la plaque ou le film photo.

Les scintillateurs Basés sur l'..... de lumière par certains corps (comme le sulfure de zinc) sous l'effet d'un rayonnement « radioactif ». Cette lumière est ensuite détectée par un photomultiplicateur.

2 Stabilité & instabilité des noyaux

2.1 Caractéristiques d'un noyau

- Un est formé d'un noyau et d'un nuage électronique.

A est le nombre de **nucléons**, ou nombre de (la masse du noyau est forcément proportionnelle au nombre de nucléons qu'il contient).

Z est le nombre de **protons**, ou , ou nombre de charges.

$N = A - Z$ est le nombre de **neutrons**.

- Un est l'en-

semble des **atomes** de même numéro atomique Z .

Ce numéro atomique Z est le numéro utilisé pour le classement dans le tableau périodique, car il est égal au nombre d'électrons de l'atome neutre — ce nombre d'électron dictant directement le comportement chimique de l'atome.

- Un est l'ensemble des **noyaux** de même numéro atomique Z **et** de même nombre de nucléons A .

Pour représenter l'élément, on utilise une lettre majuscule, suivie éventuellement d'une lettre minuscule : H, He,

C, Ca, Co, etc. Cela permet de nommer les 92 éléments naturels connus, plus tous les autres éléments artificiels découverts.

Le noyau d'un élément chimique noté X est symbolisé par :



Exemples : ${}^{238}_{92}\text{U}$ ${}^{14}_6\text{C}$ ${}^{127}_{53}\text{I}$

2.2 Isotopes

L'élément carbone est présent à l'état naturel sous forme de trois isotopes :

${}^{12}_6\text{C}$ (98,90 %) ${}^{13}_6\text{C}$ (1,10 %) ${}^{14}_6\text{C}$ (traces)

Voici quelques données sur des isotopes particuliers (les deux dernières lignes du tableau, « désintégration » et « demi-vie », seront expliquées plus avant) :

Hydrogène H, deutérium D, tritium T

Isotope	${}^1_1\text{H}$	${}^2_1\text{H}$	${}^3_1\text{H}$
Z			
N = A - Z			
Abondance	99,985 %	0,015 %	traces
Désintégration		β^-	
Demi-vie		12,32 a	

Uranium

Isotope	${}^{234}_{92}\text{U}$	${}^{235}_{92}\text{U}$	${}^{238}_{92}\text{U}$
Z			
N = A - Z			
Abondance	0,005 5 %	0,720 0 %	99,274 5 %
Désintégration	α	α	α
Demi-vie	$2,45 \times 10^5$ a	$7,04 \times 10^8$ a	$4,46 \times 10^9$ a

2.3 La vallée de stabilité

Sur 1500 nucléides connus, il en existe 325 naturels, dont :

- 274 qui sont stables, le noyau ne se modifiant pas au cours du temps ;
- 51 qui sont instables, ils sont , le noyau est susceptible de se modifier.

Lorsque l'on porte l'ensemble des noyaux sur un diagramme $N = f(Z)$, on constate un regroupement appelé Chaque noyau est repéré par un carré de couleur.

Les pourcentages correspondent à l'abondance naturelle (pourcentage en masse de chaque isotope, dans un échantillon naturel quelconque d'atomes), quasi constant quelque soit l'origine de l'élément. Le carbone 14 est à l'état de traces uniquement, parce qu'il se désintègre spontanément (désintégration β^- , demi-vie 5 715 ans, voir plus loin).

Des noyaux sont appelés s'ils ont le même nombre de charges Z, mais des nombres de nucléons A différents.

Des isotopes sont donc des versions plus ou moins « lourdes » du même élément.

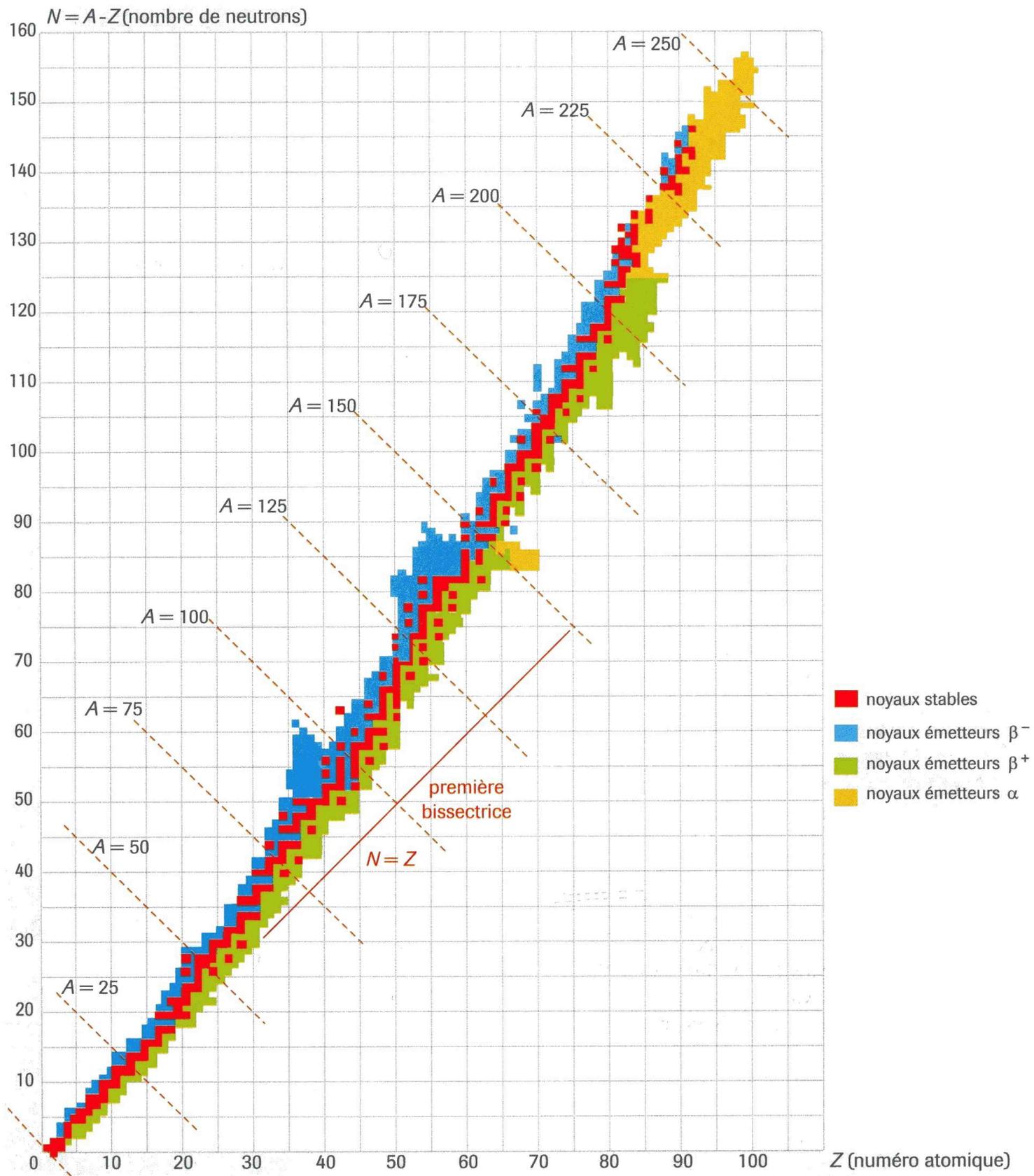
• Pour les noyaux stables (en rouge)

- Noyaux légers (A < 50) : les noyaux sont groupés autour de la première bissectrice N = Z ;
- Pour les noyaux plus lourds : N > Z, la vallée de stabilité est incurvée.

• Pour les noyaux instables : on distingue trois cas :

- En bout de vallée de stabilité (en jaune) : les noyaux sont trop « lourds », excès de nucléons ;
- Au dessus du domaine de stabilité (en bleu) : excès de neutron ou défaut de proton ;
- En dessous du domaine de stabilité (en vert) : défaut de neutron ou excès de proton.

Diagramme $N = A - Z$ en fonction de Z dit « vallée de stabilité »



3 Correction des exercices du chapitre 9

10.1 N° 3 p. 138 – Masse d'un atome

1. a. Composition du noyau : 13 protons et $27 - 13 = 14$ neutrons.

b. Masse approchée du noyau :

$$\begin{aligned}m_1 &= 27 \times m_{\text{nucléon}} \\m_1 &= 27 \times 1,67 \times 10^{-27} \\m_1 &= 4,51 \times 10^{-26} \text{ kg}\end{aligned}$$

2. a. 13 électrons dans le nuage (ou cortège) électronique, afin que l'atome soit neutre.

b. Masse des électrons :

$$\begin{aligned}m_2 &= 13 \times m_e \\m_2 &= 13 \times 9,11 \times 10^{-31} \\m_2 &= 1,18 \times 10^{-29} \text{ kg}\end{aligned}$$

3. a. Comparaison des masses :

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{4,51 \times 10^{-26}}{1,18 \times 10^{-29}} = 3,82 \times 10^3 \sim 10^3$$

$m_1 \gg m_2$: 3 ordres de grandeur de différence entre les deux masses.

b. Si on se limite à un résultat à trois chiffres significatifs, donc une masse exprimée au centième, la masse des électrons, de l'ordre du millième de la masse du noyau, est négligeable. Donc :

$$m_{\text{Al}} = m_1 + m_2 \simeq m_1 = 4,51 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

10.2 N° 12 p. 139 – Satellite

1. Intensité ou norme de la force d'attraction gravitationnelle de la Terre sur un satellite :

$$F = G \cdot \frac{m_{\text{Terre}} \cdot m_{\text{sat}}}{d^2}$$

Application numérique :

$$F = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{5,98 \times 10^{24} \times 316}{(42\,200 \times 10^3)^2}$$

$$F = 70,8 \text{ N}$$

2. C'est la même.

10.3 N° 16 p. 139 – Valeur de la charge

1. Distance D entre les centres des deux ions (qui ne se touchent pas) :

$$D = \frac{d_1}{2} + \frac{d_2}{2} + d$$

$$D = \frac{0,30}{2} + \frac{0,20}{2} + 0,75$$

$$D = 1,00 \text{ nm}$$

2. a. Expression de la force d'interaction électrique entre les deux ions :

$$F = k \cdot \frac{|q| \cdot |q_2|}{D^2}$$

Les charges des ions sont $q = 2e$ et q_2 inconnue, isolons q_2 :

$$|q_2| = \frac{F \cdot D^2}{k \cdot |q|}$$

Application numérique :

$$|q_2| = \frac{4,61 \times 10^{-10} \times (1,00 \times 10^{-9})^2}{9,0 \times 10^9 \times 2 \times 1,60 \times 10^{-19}}$$

$$|q_2| = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$$

On reconnaît la valeur de la charge élémentaire e . L'ion considéré est un anion, donc il porte une charge négative supplémentaire : 1 charge élémentaire négative, c'est-à-dire 1 électron.

b. X^- .

10.4 N° 23 p. 140 – Io, satellite de Jupiter

1. Interaction gravitationnelle.

2. Sur le magma présent dans le manteau, sous la couche terrestre.

3. Jupiter est une planète géante (gazeuse, mais peu importe) : sa masse est bien plus élevée que celle de la Terre ou la Lune. Par conséquent, les effets de marée créés sont bien supérieurs.

10.5 N° 24 p. 140 – Atomes un peu enveloppés

1. Interaction électrique.

2. L'interaction forte a une portée qui se limite à 2 fm, ce qui correspond à la distance entre deux nucléons au sein du noyau. Sa portée est donc très faible.

3. L'interaction coulombienne ou interaction électrique entre protons devient trop forte, et n'est plus compensée par l'interaction nucléaire forte. La dimension du noyau est trop forte par rapport à la portée de l'interaction forte. Les noyaux de plus de 250 nucléons ne sont donc pas stables.

10.6 N° 27 p. 141 – Dans le noyau

1. a. Force d'interaction électrique entre deux protons, de charges $q_1 = q_2 = +e$, considérés « au contact » c'est-à-dire dont les centres sont à une distance $d = 2R$:

$$F = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{d^2} = k \cdot \frac{e^2}{4R^2}$$

Application numérique :

$$F_{\text{élec}} = 9,0 \times 10^9 \times \frac{(1,60 \times 10^{-19})^2}{4 \times (1 \times 10^{-15})^2}$$

$$F_{\text{élec}} = 6 \times 10^1 \text{ N}$$

- b. Cette interaction est répulsive.

2. a. Force d'interaction gravitationnelle entre deux protons, de masses $m_1 = m_2 = m_p$, distants de $d = 2R$:

$$F_{\text{grav}} = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} = G \cdot \frac{m_p^2}{4R^2}$$

Application numérique :

$$F_{\text{grav}} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{(1,67 \times 10^{-27})^2}{4 \times (1 \times 10^{-15})^2}$$

$$F_{\text{grav}} = 5 \times 10^{-35} \text{ N}$$

Cette interaction est attractive.

- b. On constate une différence de $34 + 2 = 36$ ordres de grandeur entre les deux interactions. On peut donc négliger l'interaction gravitationnelle devant l'interaction électromagnétique, à l'échelle du noyau.
3. a. L'interaction électrique provoque la répulsion entre protons : le noyau devrait éclater.
- b. L'interaction forte qui explique la cohésion du noyau.