



# Radioactivité et réactions nucléaires

📖 Chapitre 11 page 180

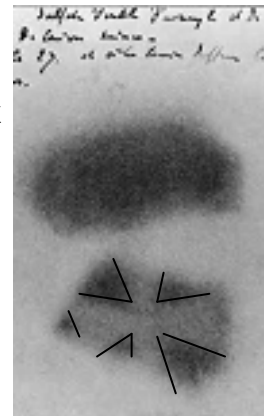
## I – Découvertes de la radioactivité.

### 1) La radioactivité naturelle.

Après avoir visionné le film sur Henri Becquerel, lire le texte puis répondre aux questions.

« Une plaque photographique a été enfermée dans un châssis opaque, fermé d'un côté par une plaque d'aluminium : si l'on exposait le châssis en plein soleil, la plaque ne serait pas voilée. Cependant, si l'on vient à fixer sur la plaque d'aluminium, à l'extérieur, une lamelle de sel d'uranium et si l'on expose le tout pendant plusieurs heures au soleil, on reconnaît, lorsqu'on développe ensuite la plaque par des procédés ordinaires, que la silhouette de la lamelle cristalline apparaît en noir sur la plaque sensible. Parmi les expériences qui précèdent, quelques-unes avaient été préparées le mercredi 26 et le jeudi 27 février. J'avais conservé les expériences toutes préparées et rentré les châssis à l'obscurité en laissant en place les lamelles du sel d'uranium. Le soleil ne s'étant pas montré les jours suivants, j'ai développé les plaques photographiques le 1<sup>er</sup> mars, en m'attendant à trouver des images très faibles. Les silhouettes apparurent, au contraire, avec une grande intensité. »

Henri Becquerel, note à l'Académie des sciences, 1896.



Plaque photographique d'Henri Becquerel : on y distingue les contours d'une croix en cuivre qu'il avait placé entre les sels d'uranium et la plaque sensible.

**Q1.** Combien d'hypothèses Henri Becquerel fait-il pour obtenir une interprétation correcte des résultats expérimentaux qu'il obtient. Les énumérer.

**Q2.** Est-ce la lumière solaire qui impressionne la plaque photo dans l'expérience de Becquerel ?

**Q3.** D'où provient le rayonnement qui impressionne la plaque photo ?

**Q4.** Sur la photographie obtenue par Henri Becquerel, on distingue les contours d'une croix.

**Q4.a.** Quel est le matériau qui a laissé ces contours ?

**Q4.b.** Que peut-on en conclure concernant les rayonnements radioactifs mis en évidence par Becquerel dans cette expérience ?

**Q5.** Lors de son expérience, Henri Becquerel utilise des sels d'uranium contenant des atomes d'uranium 235 radioactifs notés  ${}_{92}^{235}\text{U}$ . De quoi est constitué un noyau d'uranium 235 ?

### 2) Les types de rayonnements radioactifs.

« Le rayonnement radioactif se subdivise en trois composantes. Si quelques mois se sont avérés nécessaires pour découvrir que le rayonnement  $\alpha$ , arrêté par une simple feuille de papier, était constitué d'atomes d'hélium 4 dépouillés de leurs électrons, le rayonnement  $\beta$ , absorbé par quelques millimètres d'aluminium, fut immédiatement identifié comme constitué d'électrons.

On établit également que, contrairement aux précédents, le rayonnement  $\gamma$  que seule une grande épaisseur de plomb ou de béton permettait de contenir, ne constituait pas un ensemble de particules matérielles mais était de nature électromagnétique, s'apparentant à la lumière ou aux rayons X, avec toutefois une énergie supérieure. »

D'après M.-Ch de la Souchère, La Radioactivité, Ellipses, 2005.

La radioactivité bêta fut d'abord observée comme un rayonnement étant dévié par un champ électrique ou magnétique, mais dans la direction contraire à la déviation subie par les particules. Elle est donc portée par des charges négatives. Le physicien anglais J.J. Thomson venait de découvrir en 1897 que l'électricité était transportée par des corpuscules de charge électrique négative, les électrons. Rapidement, le rayonnement bêta fut lui aussi identifié aux électrons. Il fallut attendre 1932, avec la découverte du " positon ", une particule identique à l'électron, mais de charge opposée, pour mettre en évidence un rayonnement semblable, mais porté par des particules de charge positive. On distingue les deux variantes de la radioactivité bêta par les termes bêta - plus (+) et bêta - moins (-).

D'après un dossier de TPE d'élèves de première scientifique.

**Q6.** Compléter le tableau ci-dessous :

Rayonnement	Notation ${}^A_Z X$	Composition			Comment stopper le rayonnement ?
		Nombre d'électrons	Nombre de charge	Nombre de neutrons	
$\alpha$					
$\beta^+$					
$\beta^-$					
$\gamma$					

### 3) Radioactivité artificielle.

« Frédéric et Irène Joliot-Curie observèrent en 1933 que le bombardement d'une feuille d'aluminium par des particules  $\alpha$  pouvait donner lieu à des réactions nucléaires. L'une d'elles aboutissait à l'émission de neutrons et d'électrons positifs, qu'ils crurent d'abord être émis dans la réaction nucléaire elle-même. Cependant, les deux physiciens découvrirent en janvier 1934 que l'émission de positrons n'était pas instantanée. Le processus comportait donc deux étapes : dans la première était formé dans l'aluminium (après émission de neutrons) un isotope radioactif du phosphore qui n'existait pas dans la nature, dans la seconde, ce phosphore 30 radioactif se désintégraient en silicium 30 stable par émission de positrons. Le nouveau phénomène fut appelé « radioactivité artificielle ».

D'après P. Radvanyi, Histoire de l'atome, Belin, 2007.

Dans la nature, l'isotope prépondérant de l'élément phosphore est le phosphore 31.

Substance radioactive artificielle, le phosphore 32 est utilisé en médecine nucléaire.

Il est radioactif  $\beta^-$  et sa demi-vie  $t_{1/2}$  est égale à 14,3 jours. Il se présente sous forme d'une solution qui s'injecte par voie veineuse pour traiter la polyglobulie primitive (maladie de Vaquez). Il se fixe sélectivement sur les globules rouges (hématies), car il suit le métabolisme du fer, abondant dans ces globules, et son rayonnement détruit les hématies en excès. C'est un traitement efficace et bien toléré de cette affection.

D'après le site « dictionnaire médical »

Données :

masse du noyau de phosphore 32  $m(P) = 5,31 \times 10^{-26}$  kg.

extrait de la classification périodique :  ${}_{11}\text{Na}$  ;  ${}_{12}\text{Mg}$  ;  ${}_{13}\text{Al}$  ;  ${}_{14}\text{Si}$  ;  ${}_{15}\text{P}$  ;  ${}_{16}\text{S}$  ;  ${}_{17}\text{Cl}$ .

**Q7.** Donner la représentation symbolique puis la composition du noyau de l'atome de phosphore naturel 31.

**Q8.** Le phosphore 30 est radioactif  $\beta^+$  : en quoi s'agit-il d'une radioactivité « artificielle » ? Donner sa représentation symbolique et sa composition.

**Q9.** Le noyau du phosphore 32 est composé de 15 protons et 17 neutrons.

**Q9.a.** Quel est le point commun entre les noyaux des atomes de phosphore 30, 31 et 32 ?

**Q9.b.** Qu'est-ce qui différencie ces trois noyaux ?

**Q9.c.** Définir deux noyaux isotopes.

**Q10.** Recopier et compléter l'équation décrivant la 1<sup>ère</sup> étape de l'expérience analysée par Frédéric et Irène Joliot-Curie en 1934 :  ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_{15}^{30}\text{P} + {}_0^1\text{n}$

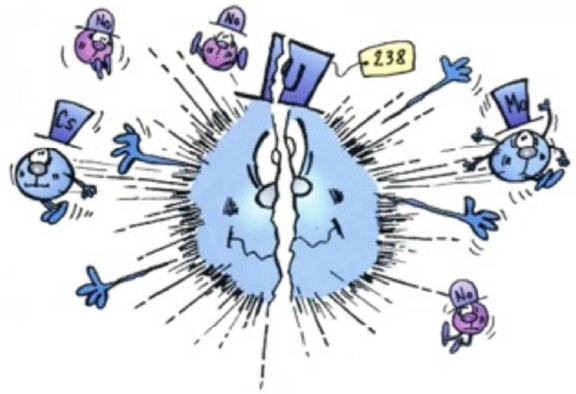
**Q11.** Écrire l'équation de désintégration radioactive du phosphore 30 qui se produit lors de la deuxième étape de cette même expérience.

## II - La fission spontanée des atomes.

### La fission spontanée des atomes.

Les familles Uranium et Thorium souffrent aussi d'une autre maladie génétique, heureusement beaucoup plus rare que la décroissance radioactive : la fission spontanée des atomes. Cette maladie se manifeste par la rupture brutale du noyau de l'atome atteint, accompagnée d'une fièvre colossale. Les deux fragments produits sont projetés avec une extrême violence, loin l'un de l'autre, constituant comme stade final deux atomes plus petits.

Heureusement pour ceux qui sont sujets à cette affection, la période de rémission est très longue, largement supérieure à des millions de milliards d'années. Cela signifie pour eux, que la probabilité de disparaître par décroissance radioactive, la maladie la plus courante, est au moins un million de fois plus grande que celle d'être atteints par la fission spontanée.



*L'Uranium 238 peut aussi être victime de la fission spontanée, une maladie heureusement beaucoup plus rare que la décroissance radioactive.*



*Le virus est un neutron.*

**La fission induite des atomes (ou FIDA)** On ne parlerait même pas de cette fission, si les Terriens ne s'étaient aperçus que cette maladie provoquait une grosse fièvre, dégageait une quantité colossale d'énergie et, surtout, qu'ils pouvaient à leur gré accélérer son évolution d'une manière vertigineuse. C'est ainsi que les Terriens ont réussi à inoculer cette terrible maladie à quelques familles d'atomes, principalement aux divers membres de la famille Uranium.

Le virus est un neutron. L'isotope  $^{235}\text{U}$  peut absorber un tel neutron si celui-ci ne se déplace pas trop vite (on parle de neutron lent ou de neutron thermique).

### Mécanisme de la maladie

Après qu'on lui ait inoculé un neutron, le pauvre  $^{235}\text{U}$  s'alourdit d'un nucléon, se transformant en  $^{236}\text{U}$ , un gros lourdaud de la famille Uranium qui n'arrive plus à maintenir toutes ensemble les particules de son noyau. Comme une goutte d'eau qui devient trop grosse et se divise en deux gouttelettes plus petites, le pauvre  $^{236}\text{U}$  éclate et se fragmente en deux noyaux plus petits (par exemple le krypton 92 et le Ba 141), expulsant en même temps deux ou trois neutrons rapides.



*Alourdi d'un neutron, la victime devient très instable...*

### Un amaigrissement incompréhensible

Si l'on pèse les deux atomes nouveaux plus les deux ou trois neutrons produits, on a la surprise de constater qu'on n'arrive pas tout à fait aux 236 nucléons que pesait notre patient  $^{236}\text{U}$ , juste avant sa crise. Il y a donc eu disparition d'un petit peu de matière au cours de cette fission. Et nous savons, grâce à Einstein, que cette matière s'est transformée en énergie selon la relation fameuse :

$$E = m \cdot c^2$$

Ce qui signifie en clair :

L'énergie [E] est égale à la masse disparue [m] multipliée par le carré de la vitesse de la lumière [c<sup>2</sup>].

Cette maladie produit environ 200 millions de fois plus d'énergie par atome éclaté que celle que peut produire une molécule dans la réaction chimique la plus violente ! Voilà donc un procédé bien séduisant pour se procurer de grandes quantités d'énergie !



*...puis se partage en deux atomes plus petits, libérant du même coup quelques neutrons. Cet accès brutal dégage beaucoup d'énergie.*

D'après [http://www.kasuku.ch/pdf/monde\\_etrange\\_atomes/FR\\_monde\\_etrange\\_atomes.pdf](http://www.kasuku.ch/pdf/monde_etrange_atomes/FR_monde_etrange_atomes.pdf)



*La maladie s'accompagne d'une légère disparition de masse.*

**Q12.** Décrire le principe de la fission induite des atomes.

**Q13.** Calculer, en utilisant les lois de conservation, le nombre de neutrons que produit la fission de l'uranium 235 par l'absorption d'un neutron (les produits de fission sont le krypton 92 de numéro atomique 36 et le baryum 141 de numéro atomique 56).

**Q14.** Donner la relation d'Einstein en précisant les unités de chaque grandeur.

**Q15.** Calculer la valeur absolue de la « masse disparue »  $|\Delta m|$  lors de cette réaction.

**Q16.** En déduire la valeur de l'énergie libérée lors de la fission d'un noyau d'uranium suite à l'absorption d'un neutron.

**Données :**

Particule	${}^{235}_{92}\text{U}$	${}^{92}_{36}\text{Kr}$	${}^{141}_{56}\text{Ba}$	${}^1_0\text{n}$
Masse en $10^{-26}$ kg	39,021711	15,261427	23,394305	0,167493

- La célérité de la lumière dans le vide est :  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .

**III - Décroissance de l'activité :**

*Suite du document fourni au I-3)*

*Un patient reçoit par voie intraveineuse une solution de phosphate de sodium contenant une masse  $m_0$  égale à  $10,0 \times 10^{-9} \text{ g}$  de phosphore 32, dont l'activité vaut 106 MBq.*

L'activité d'un échantillon radioactif est le nombre moyen de désintégrations nucléaires par seconde.

**Q17.** Donner l'unité de l'activité.

On appelle « période radioactive » ou demi-vie  $t_{1/2}$  d'un noyau radioactif, la durée au bout de laquelle l'activité d'un échantillon contenant ce noyau est divisée par deux.

**Q18.** Compléter les deux lignes du tableau suivant :

t (en jours)	t = 0	$t_{1/2} =$	$2t_{1/2} =$	$3t_{1/2} =$	$4t_{1/2} =$	$5t_{1/2} =$
		.....	.....	.....	.....	.....
A (en MBq)	106					

**Q19.** Tracer la courbe représentative de l'activité de l'échantillon en fonction du temps.

**Q20.** Au bout de quelle durée l'activité a-t-elle été divisée par cinq ?