

Chapitre III

RADIOACTIVITÉ – REACTIONS NUCLEAIRES

1) Radioactivité naturelle (rayonnements α , β et γ)

2) Radioactivité artificielle et les réactions nucléaires :

a- Les transmutations

b- Fission nucléaire

c- Fusion nucléaire

3) Cinétique de la désintégration radioactive :

a- Loi de décroissance radioactive

b- La constante radioactive λ

c- Activité radioactive A

d- La période radioactive ou temps de demi vie T (ou $t_{1/2}$)

4) Applications de la radioactivité :

a- Traceurs

b- Armes nucléaires

c- Source d'énergie

d- Datation d'échantillons anciens Dan gers de la radioactivité

I. RADIOACTIVITÉ NATURELLE

Elle a été découverte par Henri BECQUEREL en 1886. Il découvrit que le sulfate d'uranyle et de potassium ($K_2UO_2(SO_4)_2$) émettant un rayonnement capable d'ioniser ou d'impressionner une plaque photographique. Ce rayonnement n'est affecté par aucune intervention extérieure (température, pression, ...) ce qui le distingue d'une réaction chimique. Il s'agit d'une réaction nucléaire spontanée. Les noyaux lourds peuvent émettre des électrons (*Particule β*) ou des particules α (4_2He). Les noyaux les moins lourds (légers) émettent des particules β ou (électrons).

L'émission α et β est accompagnée d'une émission de photon très énergétiques qui constituent le rayon γ .

PRINCIPAUX RAYONNEMENTS

I.1. Rayons α :

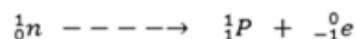
Il concerne essentiellement les éléments lourds de numéro atomique $Z \geq 83$.



Le rayonnement α est très ionisant, très énergétique mais peu pénétrant.

I.2. Rayons β^- :

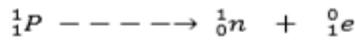
Il concerne les isotopes instables qui possèdent un excès en *neutrons*. Lors de cette émission, un *neutron* se transforme en un *proton* selon la réaction ci-dessous :



Au cours de cette réaction le nombre de protons varie et on transforme un élément en un autre, il s'agit d'une *transmutation*.

I.3. Rayons β^+ :

Il concerne les isotopes instables qui possèdent un excès de *protons*. De tels éléments chercheront à se stabiliser en augmentant N et en diminuant Z . On peut considérer que pour de tels nucléides, un proton se transforme en neutron. Simultanément, un positron est éjecté du noyau. Le positron est l'antiparticule de l'électron, il possède une même masse mais une charge opposée à celui-ci



Au cours de cette réaction, le nombre de protons varie et on transforme un proton en autre, il s'agit aussi d'une *transmutation*.

I.4. Rayonnements γ :

Il apparaît lors des émissions α et β . En général, lorsqu'un noyau est formé, lors d'une désintégration α ou β , il n'atteint pas immédiatement son état fondamental, il se trouve dans un état excité. Le passage à l'état fondamental, libère un photon de nature de rayonnement γ .

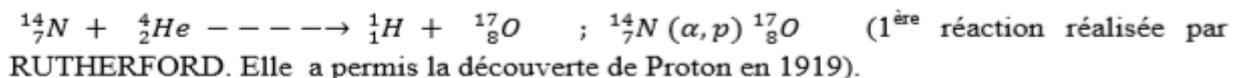
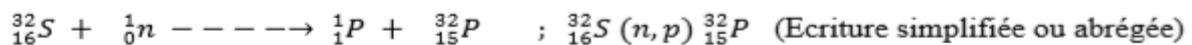


Le rayonnement γ est un rayonnement électromagnétique pur, donc sans masse ni charge mais très énergétiques ayant un pouvoir pénétrant supérieur à celui des particules α et β avec un pouvoir ionisant inférieur.

II. RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE

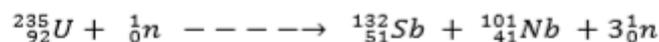
II.1. Réactions de transmutation

Les réactions de transmutation provoquées, produisent des nucléides de nombre de masse égal ou très proche de celui du nucléide qui a servi de cible.



II.2. Fission nucléaire

Elle concerne les éléments lourds qui se désintègrent pour donner des atomes plus légers et des neutrons qui à leur tour peuvent bombarder d'autres noyaux voisins et provoquent la leur fission ; c'est la *réaction nucléaire en chaîne*.

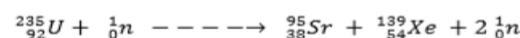
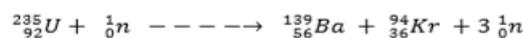


Fission nucléaire non contrôlée \Rightarrow *Bombe atomique*

Fission nucléaire contrôlée \Rightarrow *Centrale nucléaire*

L'énergie libérée par ce type de réaction est de l'ordre de 200 MeV/atome

Exemple :

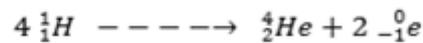


II.2. Réaction de fusion

Au cours de ce type de réactions deux ou plusieurs atomes légers vont s'unir pour former un noyau lourd sous haute température.

Au cours de ce processus, il y a perte de masse accompagnée d'un dégagement d'énergie.

Exemple :



III. CINÉTIQUE DE LA DESINTEGRATION RADIOACTIVE

III.1. Aspect énergétique

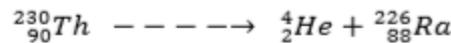
Lors de la réaction nucléaire, il y a conservation du nombre total de nucléons et de la charge globale mais accompagnée par une perte de masse (Δm) correspondant à la libération de l'énergie donnée par la relation d'EINSTEIN :

$$E = \Delta m \cdot C^2$$

Avec : $\Delta m = \sum m (\text{produits}) - \sum m (\text{reactifs})$

Avec : $\Delta m = \sum m (\text{produits}) - \sum m (\text{reactifs})$

Exemple :



Avec : $m_{\text{Th}} = 230,1047 \text{ uma}$; $m_{\text{He}} = 4,0039 \text{ uma}$; $m_{\text{Ra}} = 226,0957 \text{ uma}$

La désintégration d'une mole d'atomes s'accompagne d'une perte de masse :

$$\Delta m = (226,0957 + 4,0039) - 230,1047 = -0,0051 \text{ uma}$$

$$E = -0,0051 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ (kg)} \cdot 9 \cdot 10^{16} \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}\right) = -0,076194 \cdot 10^{-11} \text{ (J/atome)} =$$

$$\frac{0,076194 \cdot 10^{-11}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \text{ (eV)} = -7,76 \text{ MeV.}$$

III.2. Aspect cinétique (loi de décroissance radioactive)

Soit la réaction :

$$A \longrightarrow B \quad (B \text{ n'est pas radioactif})$$

$A \text{ à } t = 0$	N_0	
$A \text{ à } t$	N_t	$N_0 - N_t$
$A \text{ à } (t + dt)$	$N_0 + dN$	

L'expérience a montré que le nombre d'atomes $\left(\frac{dN}{dt}\right)$ qui se désintègrent entre t et $(t + dt)$ est proportionnel au nombre d'atomes N présent à l'instant t d'où :

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N \quad (1)$$

Avec :

dN : La variation du nombre de noyau radioactif pendant le temps dt

N : désigne le nombre de noyau présent à l'instant t

λ : constante radioactive ou de désintégration (s^{-1} , mn^{-1})

$-\frac{dN}{dt}$: représente le nombre de particules désintégrées par unité du temps. La variation $-\frac{dN}{dt}$ (vitesse de désintégration) en fonction de N est une loi linéaire. Elle s'exprime en **d.p.m** (désintégration par minute) ou **d.p.s** (Desintergatio n par seconde).

Par intégration de l'équation (1) :

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N \quad ; \quad A t = 0 \text{ on a } : N = N_0 \quad ; \quad ; \quad A t \neq 0 \text{ on a } N = N_t$$

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

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = \int_0^t -\lambda dt \Rightarrow \ln(N)|_{N_0}^N = -\lambda (t)|_0^t$$

$$\ln N - \ln N_0 = -\lambda \cdot t$$

$$N_t = N_0 e^{-\lambda \cdot t} \quad (2)$$

C'est la loi de la décroissance radioactive.

a. La période radioactive

La période radioactive est le temps au bout duquel la moitié des noyaux initiaux a subi la désintégration. Elle s'obtient en remplaçant dans l'équation (2) t par T et N_A par $\frac{N_{A0}}{2}$. On trouve :

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,69}{\lambda} \quad (3)$$

Soit : T est le temps nécessaire pour que $N_0/2$ soit désintégrés.

$$(2) \Leftrightarrow \ln \frac{N_t}{N_0} = -\lambda \cdot t$$

Pour $t = T$ on a : $(2) \Leftrightarrow \ln \frac{N_0/2}{N_0} = -\lambda \cdot T \Rightarrow -\ln 2 = -\lambda \cdot T$

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

Remarque :

Le nombre d'atomes radioactifs présent est divisé par 2 à chaque fois qu'il s'écoule une période. Au bout de (n) période, le nombre de noyau restant est :

$$N_A = \frac{N_{A0}}{2^n} \quad (4)$$

La période est une caractéristique fondamentale de chaque noyau. Elle est indépendante :

- Du nombre initial d'atome
- De la pression et de la température.

Exemple :

Périodes de quelques éléments :

^{238}U : $T = 4,5 \cdot 10^9$ ans ; ^{131}I : $T = 8,1$ Jours ; ^{25}Na = 25 secondes.

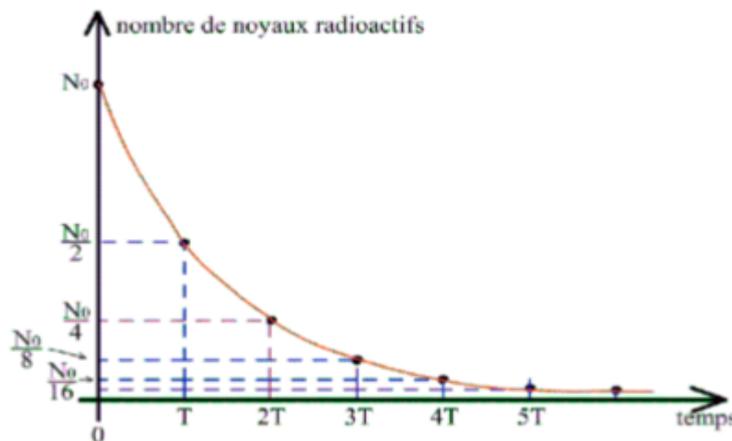


Figure III.1. La courbe de décroissance radioactive.

b. Activité radioactive

C'est le nombre moyen de désintégrations par unité du temps. Il suffit de dériver l'expression de N_t et d'en prendre l'opposé (afin de garder une quantité positive). On note A_0 l'activité de la source à un instant initial à $t = 0$ on $A_0 = \lambda \cdot N_0$

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N \quad (5)$$

Elle peut s'exprimer en : *d.p.s*, en *d.p.m* ou en *curie* (1 curie = $3,7 \cdot 10^{10}$ dps)

Cette valeur numérique fut choisie de façon que 1 gramme de radium (^{226}Ra) ait une activité très proche de 1 curie.

Remarque

Par définition, le curie est le nombre de désintégration par seconde et par gramme de Radium (^{226}Ra). On sait que la période de désintégration de (^{226}Ra) est de $T = 1590 \text{ ans}$.

$$A = \lambda \cdot N$$

Calcul de la constante radioactive :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,69}{1560.365.24.3600} = 1,39 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$$

Calcul de nombre de noyaux :

$$\begin{aligned} 226 \text{ g de } ^{226}\text{Ra} &\longrightarrow 6,023 \cdot 10^{23} \text{ atomes} \\ 1 \text{ g de } ^{226}\text{Ra} &\longrightarrow N \text{ Atomes} \\ N &= \frac{6,023 \cdot 10^{23}}{226} = 2,66 \cdot 10^{21} \text{ atomes dans 1 g de } (^{226}\text{Ra}) \end{aligned}$$

$$A = 2,66 \cdot 10^{21} \cdot 1,39 \cdot 10^{-11} \text{ atomes / secondes (dps)} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ dps} = 1 \text{ curie}$$

Remarque :

1. Cas : $A \longrightarrow B$ (B n'est pas radioactif)

Au moment d'équilibre, il se forme par unité de temps autant d'atomes de B qu'ils en disparaissent de A. d'où :

$$A_A = A_B \Rightarrow \lambda_A \cdot N_A = \lambda_B \cdot N_B$$

2. Cas : $A \longrightarrow B^* \longrightarrow C$ (C est stable); (B est radioactif)

Pour A: $N_A = N_{A0} \cdot e^{-\lambda_A \cdot t}$

Pour B: $\frac{dN_B}{dt}$ s'écrit : $\frac{dN_B}{dt} = \lambda_A \cdot N_A - \lambda_B \cdot N_B$

Soit :

$$\frac{dN_B}{dt} + \lambda_B \cdot N_B = \lambda_A \cdot N_{A0} e^{-\lambda_A \cdot t}$$

C'est une différentielle de 1^{er} ordre avec un second membre qui conduit au nombre de noyaux de (B) présent à l'instant (t) :

$$N_B = N_{A0} \cdot \frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A} \cdot (e^{\lambda_A \cdot t} - e^{\lambda_B \cdot t})$$

IV. APPLICATIONS DE LA RADIOACTIVITE :

1) INDUSTRIE

La gammagraphie ne diffère en rien, dans son principe, de la radiographie par rayon X : l'image (recueillie sur une plaque photographique) d'une pièce métallique soumise à un rayonnement γ révèle et décèle les défauts d'un organe. Toutes les soudures des cuves des réacteurs nucléaires sont contrôlées à l'aide de ce procédé. Ses avantages principaux sont la fiabilité et l'autonomie de la source (^{60}Co , ^{192}Ir), de dimensions réduites.

La bêtagraphie (utilisation du rayonnement β) permet l'examen d'objets minces, le contrôle d'épaisseurs, etc.

2) MEDECINE ET BIOLOGIE

a- Traitement des tumeurs par irradiation: Le rayonnement γ émis par un corps (le cobalt 60, par exemple) permet de détruire les cellules localisées dans la tumeur cancéreuse.

b- Traitement d'une tumeur par voie métabolique. On prépare des molécules marquées par un émetteur β et susceptible d'être fixées sélectivement par les tissus pathologiques. On traite de cette façon l'hyperthyroïdie, le cancer du corps thyroïde et de la maladie de Vaquez (ou polyglobulie), au moyen du phosphore radioactif.

c- Scintigraphie. Les radionucléides sont utilisés comme traceurs. Ils participent au métabolisme de la même façon que les éléments naturels auxquels ils sont mélangés. Par exemple, l'iode 131 va être absorbé au même titre que l'iode naturel. On pourra donc suivre le cheminement de l'iode au cours de son assimilation et contrôler le fonctionnement de la glande thyroïde qui synthétise et sécrète les hormones iodées responsable de nombreuses actions au niveau des cellules. On peut également étudier la morphologie d'un organe rendu radioactif par fixation d'un radioélément émetteur γ ou β . Grâce à divers détecteurs, on obtient une véritable image de l'organe. La chirurgie du cerveau utilise merveilleusement ces méthodes : le phosphore radioactif se localise dans les tumeurs difficiles à distinguer du tissu sain ; le chirurgien peut alors cerner au cours de l'opération même, à l'aide de compteurs Geiger spéciaux sensibles à l'émission β .

d- L'analyse chimique utilise couramment les radioéléments. Le dosage fondé sur la radioactivité est sensible, simple et rapide. On peut ainsi doser des éléments à l'état de traces (10^{-10} mol-1), non dosables chimiquement : hormones de croissance, insuline dans le sang,

e- Radiostérilisation. Des milliers d'articles (seringues, pansements, draps, prothèses, ...) sont stérilisés à l'aide de rayon γ , qui tuent les microorganismes.

3) AGRONOMIE ET AGROALIMENTAIRE

a- Modification génétique. Une irradiation de végétaux peut provoquer des changements génétiques importants. On a ainsi obtenu des pailles de blé, d'orge et de riz mieux adaptées à la moisson mécanique et plus résistantes à la verse.

b- Conservation des denrées. Une irradiation γ permet de détruire les insectes dans les denrées stockées et les microorganismes dans les œufs, la viande, etc. c'est aussi un traitement anti-germinatif puissant (pommes de terre).

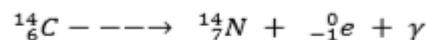
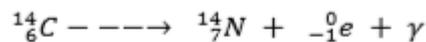
c- L'utilisation de traceurs a permis de faire progresser les connaissances en matière d'absorption ou de transport de minéraux. Par exemple, des atomes de phosphore radioactif incorporés dans un engrais se comporteront dans une plante de la même façon que les atomes stables de phosphore. L'agronome pourra ainsi suivre à la trace l'assimilation de l'engrais par la plante et en déduire son efficacité, la date la plus favorable pour le répandre sur le sol, etc.

4) DATATION D'ECHANTILLONS ANCIENS

Le ^{14}C radioactif est produit de manière continue dans l'atmosphère par l'action des neutrons des rayons cosmique sur l'azote ^{14}N de l'atmosphère suivant la réaction :



Cet isotope s'incorpore dans les molécules CO_2 puis dans les tissus des plantes par photosynthèse. La concentration dans les plantes vivantes (et dans les animaux qui les mangent) est maintenue constante de par l'équilibre avec l'atmosphère ; le nombre de désintégration par unité du temps et de masse est également constante pour tous les organismes vivants (15,3 dpm/gr). Quand la plante meurt, la concentration en ^{14}C décroît à cause de la désintégration selon la réaction suivante :



Exemple

La période de ^{14}C est de $T = 5568$ ans et qu'un échantillon de charbon de bois fraîchement préparé donne une activité de $A_0 = 15,3 \frac{\text{dpm}}{\text{gr}}$. Quel est l'âge d'un échantillon de bois trouvé dans une grotte préhistorique dont un échantillon de même masse que le précédent donne une activité $A_t = 9,6 \text{ dpm/gr}$.

Solution :

$$A_0 = \lambda \cdot N_0$$

$$\text{et } A_t = \lambda \cdot N_t$$

$$N_t = N_0 e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow \ln \frac{N_t}{N_0} = \ln e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow \ln \frac{A_t/\lambda}{A_0/\lambda} = -\lambda \cdot t$$

$$\ln \frac{A_0}{A_t} = \frac{\ln 2}{T} \cdot t \Rightarrow t = \frac{T}{\ln 2} \cdot \ln \frac{A_0}{A_t}$$

$$\text{AN: } t = 3695 \text{ années}^{-1}$$

VI. DANGERS DE RADIONUCLEIDES

ABSORPTION DES PARTICULES ET DU RAYONNEMENT

Ejectés du noyau qui se désintègre, les particules et les photons, dont l'énergie est de l'ordre du MeV, peuvent traverser la matière inerte ou vivante. Ces projectiles entrent en collision avec les atomes ou les molécules qui constituent la matière traversée.

Au cours du choc, la perte d'énergie cinétique provoque des ionisations ou même des réactions nucléaires. On peut définir le parcours moyen d'un ensemble de particules dans une substance donnée comme la distance moyenne parcourue par ces particules avant d'être arrêtées. Ce parcours moyen dépend de la nature des particules, de leur énergie cinétique initiale et de la substance traversée.

A- Les particules α sont facilement arrêtées. On admet qu'une feuille de papier suffit à l'arrêter.

B- Légères, les particules β peuvent subir de nombreuses collisions successives avant d'être arrêtées ;celles ci sont plus pénétrantes que les particules α , mais moins ionisantes. Leur parcours moyen est inversement proportionnel à la masse volumique de la substance traversée. Une feuille d'aluminium de 5 mm d'épaisseur permet d'arrêter les particules β , dont l'énergie cinétique est inférieure à 2 MeV.

C- Les rayons γ sont très pénétrants. Plutôt qu'un parcours moyen, on détermine, pour un matériau donné, l'épaisseur de demi-absorption, c'est-à-dire l'épaisseur qui absorbe, en moyenne, la moitié des photons incidents. En TP nous avons vu que des rayons γ peuvent traverser une épaisseur de 20 mm de plomb (et il en existe de beaucoup plus énergétiques...)

D- Les neutrons sont très pénétrants. Ils interagissent plus ou moins avec les noyaux selon la substance traversée, provoquant d'autres réactions nucléaires et par des chocs avec des noyaux légers (noyaux d'Hydrogène, par exemple) que par des chocs avec des noyaux lourds. Ils ont en effet l'avantage d'être neutre, et donc de ne pas subir la répulsion du noyau lors de leur approche.

1) EFFETS BIOLOGIQUES

En traversant la matière vivante, les particules α et β et les rayonnements γ provoquent des ionisations ou des excitations, d'atomes, susceptibles d'entraîner des réactions chimiques anormales.

réactions secondaires peuvent apparaître; des macromolécules fondamentales au niveau cellulaire (ARN, ADN) sont touchés. Des altérations morphologiques sont observées, notamment des effets génétiques; des cellules sont détruites ou leur processus de division altéré.

EXERCICES D'APPLICATION :

Exercice 1 :

Le carbone 14 (^{14}C) est un isotope radioactif de période $T = 5700$ ans qui se désintègre par émission β^- . Dans l'atmosphère, le ^{14}C est continuellement en formation par l'action du rayonnement cosmique et la proportion $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ est sensiblement constante, de telle sorte que la radioactivité d'un gramme de carbone est d'environ 13,9 désintégrations par minute (834 Bq). Le ^{14}C est assimilé par les organismes vivants. Après leur mort, le rapport $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ décroît. La mesure de la quantité de ^{14}C résiduelle permet donc la datation de la matière organique.

Un échantillon de sarcophage égyptien a une radioactivité β^- égale à 9,1 désintégrations par minute et par gramme de carbone. Déterminer l'âge approximatif du sarcophage.

Exercice 2 :

Au cours d'une fouille archéologique, des restes d'objets en bois ont été découverts. L'analyse a montré qu'il contenait 8 fois moins de ^{14}C que le bois actuel. Quel est l'âge approximatif des restes archéologiques, sachant que la période du ^{14}C est de 5700 ans ?

Exercice 3:

Le phosphore 32 ($^{32}_{15}\text{P}$) est un isotope radioactif émetteur β^- (periode = 14 jours), utilisé en thérapeutique chez l'homme pour le traitement de certaines polyglobulités.

La dose thérapeutique est de 4 MBq/Kg ($\pm 10\%$). Une gélule de ($^{32}_{15}\text{P}$) contient une activité de 0,4 GBq au jour 0 (J_0) qu'il est prévu d'administrer à un patient de 90 Kg ce jour J_0 .

Le patient ne s'étant pas présenté à son rendez-vous, est-il possible d'utiliser cette gélule une semaine plus tard (J_7) pour traiter une patiente de 40 Kg.

Exercice 4 :

1. Il existe trois types de désintégrations radioactives : α , β^- , β^+ . Quelle est la nature des particules émises dans chacune de ces désintégrations ?
2. Le potassium $^{40}_{19}\text{K}$ est radioactif et se désintègre en donnant de l'argon $^{40}_{18}\text{Ar}$. Ecrire l'équation de la désintégration en rappelant les règles utilisées.
- Définir la demi-vie notée $t_{1/2}$.
- La demi vie du potassium $^{40}_{19}\text{K}$ est $1,3 \cdot 10^9$ ans. En déduire la valeur de sa constante radioactive λ .
Dans certaines roches volcaniques, on décèle la présence de potassium $^{40}_{19}\text{K}$ radioactif. Lors d'une éruption volcanique, tout l'argon s'évapore sous l'effet des conditions de température et de pression : on dit que la lave se dégaze. A cette date, considérée comme instant initial $t=0$, la lave volcanique se solidifie et ne contient pas d'argon. Plus tard, à l'instant t , on effectue un prélèvement de roche sur le site volcanique ancien. Un spectrographe détermine la composition massique de ce prélèvement, qui contient, entre autre : $m_{\text{K}} = 1,57$ mg de $^{40}_{19}\text{K}$ et $m_{\text{Ar}} = 82,0$ μg de $^{40}_{18}\text{Ar}$
3. Déterminer le nombre d'atomes de potassium 40 (N_{K}) et le nombre d'atomes d'argon 40 (N_{Ar}) à la date t .
4. On note N_0 le nombre d'atomes de potassium 40 contenus à la date $t=0$ dans la roche prélevée à la date t . Justifier la relation $N_0 = N_{\text{K}} + N_{\text{Ar}}$.
5. Exprimer le nombre d'atome $N_{\text{K}}(t)$ de potassium 40 en fonction de t , N_0 , λ .
6. Déterminer la date approximative de l'éruption.
 $M(\text{K})$ voisin $M(\text{Ar}) = 40,0$ g/mol ; $N_{\text{A}} = 6,02 \cdot 10^{23}$ mol $^{-1}$.

Exercice 5 :

I. La période de désintégration β de l'élément $^{14}_6\text{C}$ est $5,7 \cdot 10^3$ ans.

- 1.1. Ecrivez la réaction de désintégration $^0_{-1}\beta$.
- 1.2. Calculez sa constante radioactive.
- 1.3. Calculez le temps au bout duquel 90% de l'élément se sont désintégrés.
- 1.4. complétez les réactions radioactives suivantes :



II. Soient les nucléides suivants : $^{20}_9\text{F}$; ^3_1H ; $^{235}_{92}\text{U}$

1. quelle est la constitution du noyau ?
2. quel est le défaut de masse correspondant ? en déduire l'énergie de liaison par nucléon
3. comparer les stabilités.

Données :

$m_p = 1,00758$ uma ; masse du noyau : $^{20}\text{F} = 20,00165$ uma ; $m_n = 1,00897$ uma ; masse du noyau : $^3\text{H} = 3,0165$ uma. masse du noyau : $^{235}\text{U} = 235,12$ uma.

Exercice 6 :

Des sels contenant du phosphore radioactifs ($^{32}_{15}\text{P}$) ont une activité de $5 \mu\text{Ci}$ au temps t . cette activité devient égale à $3,08 \mu\text{Ci}$ dix jours plus tard.

1. Déterminer la constante radioactive et la période du phosphore radioactif.
2. $t = 30$ jours, déterminer l'activité initiale
3. en admettant qu'il s'agit des sels de phosphate de calcium ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), calculer la masse qui correspond à la radioactivité initiale.

Données : $N = 6,023 \cdot 10^{23}$, $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ d.p.s}$

Exercice 7 :

I. La période de désintégration β de l'élément $^{14}_6\text{C}$ est $5,7 \cdot 10^3$ ans.

1.5. Ecrivez la réaction de désintégration $^0_{-1}\beta$.

1.6. Calculez sa constante radioactive.

1.7. Calculez le temps au bout duquel 90% de l'élément se sont désintégrés.

1.8. complétez les réactions radioactives suivantes :

