UNIVERSITÀ DI CORSICA PASQUALE PAOLI

PAES UE3 2013-2014

Tutorat physique : Séance n°3 ; Nucléaire (fait par C. Voyant)

Calculettes inutiles. Pour chaque question, indiquer quelles sont toutes les propositions exactes et uniquement les propositions exactes.

Données numériques :

Cte Plank ~ 7.10^{-34}J.s
Cte Avogadro (*Na*) ~ 6.10^{23}
Masse proton = 1.00728 uma
Masse neutron = 1.00866 uma
Masse électron = 0.00055 uma
1uma ~ 1000 MeV/c²
Ln(2) ~ 0.7
Charge élémentaire ~$1.5.10^{-19}$C

QCM 1

Soit un noyau ${}^{A}_{Z}X$. On néglige l'énergie de liaison inter-nucléons (pas de défaut de masse).

a) ce noyau possède A nucléons Z protons et (Z-A) neutrons

Faux, car il y a (*A-Z*) neutrons

b) sa masse est de $\frac{1}{6}$.A.10^{-26} Kg

Vrai, rappel sur la constante d'Avogadro *Na*

Na = nbre d'atomes contenus dans 12g de ${}^{12}_{6}C$,
donc *Na* = masse totale/masse d'un atome
= 12(*g*) / (12(*uma*).*conv*) (1)
conv représente un facteur de conversion entre les *uma* et les *grammes*, on a :
m(*g*) = m(*uma*) . *conv* (2)

A partir de (1) on a que *conv* = 1/*Na*,
Cela signifie que pour passer d'une masse en *uma* à une masse en gramme il suffit de multiplier par l'inverse de Na
(2) donne donc m(*g*) = m(*uma*) / Na,

soit **1*g* = Na *uma* (formule à connaitre par coeur).**
Attention à cette dernière équation, il faut toujours considérer que *Na* est très grand (~10^{23}) donc comme un gramme est beaucoup plus lourd que 1 *uma* (masse d'un proton) il est facile de savoir de quel coté positionner la constante d'Avogadro.

De plus, la masse molaire (*M*) de ${}_{Z}^{A}X$ représente la masse d'une mole d'élément, et une mole signifie *Na* éléments, donc
M= Na.A/Na=A(*g*)

Ainsi la masse molaire du Strontium 90 (${}_{38}^{90}Sr$) est de 90*g*.

Revenons à l'exercice :
La masse de ${}_{Z}^{A}X$ est donc *A* en *uma* ou *A/Na* en *gramme*, l'application numérique conduit à la réponse présentée en (b). Ne pas oublier de convertir les *g* en *Kg*

c) avec A électrons gravitants autour de ce noyau, on obtient un atome globalement neutre

Faux, si l'on rajoute *A* électrons on aura une charge globale (*A*-*Z*)-, car dans le noyau, il n'y a que *Z* charges + (liées aux protons). Pour que l'atome soit neutre, il faut donc Z électrons.

d) si ce noyau est radioactif, alors la condition pour qu'il soit émetteur β^+ est $M_{{}_{Z}^{A}X} - M_{{}_{Z+1}^{A}X} \geq 0$ (M désigne la masse atomique de l'élément)

Faux, résultats tirés du cours, cependant sans faire les calculs on peut répondre que c'est faux car :

-Pour β^+ il y a une condition plus restrictive que pour β^- ou CE, à savoir le membre de droite doit contenir 2me (2fois la masse de l'électron) et non 0. (à connaître par cœur)

-La désintégration β^+ ne fait pas intervenir la masse de l'élément ${}_{Z+1}^{A}X$ mais celle de ${}_{Z-1}^{A}X$, on a à l'esprit que ${}_{Z}^{A}X \rightarrow {}_{Z-1}^{A}X + {}_{1}^{0}\beta^+ + {}_{0}^{0}\upsilon$ cela correspond à la conversion de 1 proton en 1 neutron (faire la démonstration pour s'en convaincre).

Comme exercice complémentaire, essayez de voir ce que l'on obtient pour la désintégration β^- et la CE et comparer avec le résultat de (d).

Ne pas oublier que l'on considère la masse atomique (Ma) et non la masse nucléaire (Mn), donc Ma=Mn+Zme où Z est le nombre atomique et me la masse de l'électron.

e) si ce noyau est radioactif, (émetteur β^-), il est alors aussi, émetteur de neutrinos électroniques

Faux, dans le cas β^-, il y a effectivement émission d'un second lepton, mais ce dernier est une antiparticule (base de l'antimatière), c'est un antineutrino électronique.

Pour aller plus loin, s'il n'y avait pas émission de 2 leptons (chercher la définition de lepton) dans le cas β^- et β^+, alors l'énergie cinétique donnée à l'électron ou au positon serait toujours identique (Ec(β^-)=$(M_{{}^A_zX} - M_{{}_{z+1}^{A}X})c^2$ dans le cas β^-), or l'expérience montre que cette énergie n'est pas unique et qu'elle oscille entre 0 et $(M_{{}^A_zX} - M_{{}_{z+1}^{A}X})c^2$ (dans le cas β^-, essayer de faire la même démonstration dans le cas CE). Cela est donc la preuve qu'une autre particule intervient durant la désintégration, et que ces dernières se répartissent l'excédant d'énergie.

Comme souvent en physique la compréhension d'un phénomène permet de mettre en évidence d'autres phénomènes plus complexes. Dans le cas du neutrino (ou antineutrino) on savait qu'ils étaient présents, avant même de pouvoir les détecter (un neutrino peut traverser la terre sans interagir avec aucun élément la constituant).

QCM 2

On considère la transformation radioactive lors de laquelle le carbone 11 se transforme en bore selon le schéma suivant : ${}^{11}_{6}C \rightarrow {}^{11}_{5}B + {}^{A}_{Z}X$.

a) la transformation est isobarique

Vrai, le nombre de masse est identique entre le carbone et le Bore

b) le bore possède un neutron de moins que le carbone

Faux, un proton de moins

c) la particule X est chargée positivement

Vrai, en équilibrant la réaction on constante que X correspond à un β^+ (en toute logique, il faut rajouter un neutrino à la réaction)

d) la particule X est plus lourde que le noyau de bore

Faux, il n'y a qu'à regarder le nombre de masse pour s'en convaincre, masse électron (0.511MeV) masse du Bore (11GeV)

e) X peut s'annihiler avec un électron du milieu en émettant deux photons de 511keV si on suppose que le carbone est plongé dans l'eau

Vrai, après thermalisation (perte d'énergie dans le milieu par choc inélastique électronique essentiellement) le β^+ se retrouve immobile, il peut alors s'associer avec un électron du milieu pour former un état lié instable qui produira (e.g. annihilation) deux photons gamma émis dans des directions opposées. Ce processus est valable pour toute association particule/antiparticule (dans le cas des leptons). Il vient : $\beta^+ + \beta^- \rightarrow 2\gamma$ les énergies de masse des photons et cinétiques des β étant nulles, on a l'énergie de chaque photon égale à $E^{\gamma} = me = 0.511MeV$.

Cette caractéristique liée aux β^{+} est devenue primordiale dans l'étude du bilan d'extension en cancérologie. La TEP (tomographie par émission de positons) après injection de FDG (analogue du glucose marqué au ^{18}F qui est émetteur β^{+}) permet de voir les zones surconsommation de sucre par le biais de la détection des deux photons γ d'annihilation. Ces zones d'hyperfixation peuvent suivant le cas indiquer la localisation d'une tumeur, d'une adénopathie ou d'une métastase (les tissus cancéreux consomment plus de sucre que les tissus sains en général).

QCM 3

Le radio-isotope métastable $^{m99}_{43}\mathbf{Tc}$, utilisé en médecine nucléaire pour des examens de scintigraphie cardiaque, se forme à partir d'une transition $\boldsymbol{\beta}^{-}$ d'un élément père **X**. Le radio-isotope $^{m99}_{43}\mathbf{Tc}$ décroît par émission $\boldsymbol{\gamma}$ vers l'état fondamental $^{99}_{43}\mathbf{Tc}$ (140keV). Cet élément $^{99}_{43}\mathbf{Tc}$ est en réalité lui aussi radioactif et donne naissance après désintégration $\boldsymbol{\beta}^{-}$ à un élément fils **Y** qui est stable.

On donne les numéros atomiques suivants :

Molybdène (**Mo**) : 42; Technétium (**Tc**) : 43 ; Ruthénium (**Ru**) : 44 ; Rhodium (**Rh**) : 45

a) **X** représente le $^{99}_{42}Mo$

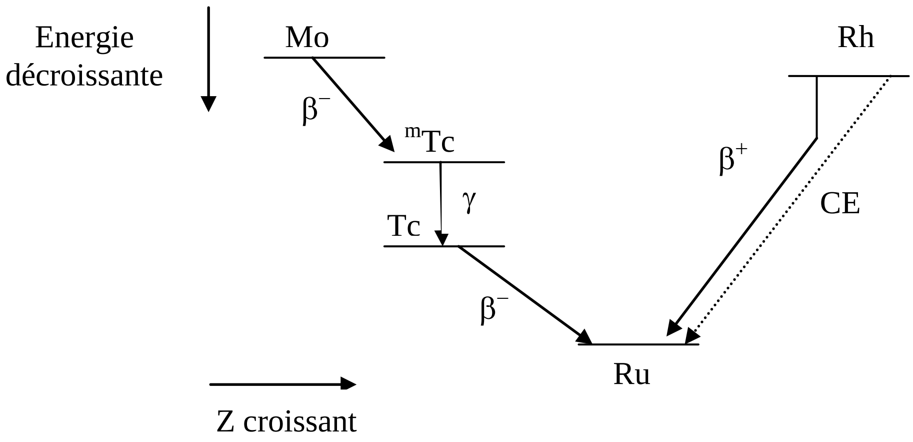
Vrai, il suffit de traduire la première phrase de l'énoncé. On obtient :
$^{99}_{42}Mo \rightarrow {}^{99m}_{43}Tc + {}^{0}_{-1}\beta^{-} + {}^{0}_{0}\bar{\upsilon}$

b) **Y** représente le $^{99}_{44}Ru$

Vrai, on a :
$^{99m}_{43}Tc \rightarrow {}^{99}_{44}Ru + {}^{0}_{-1}\beta^{-} + {}^{0}_{0}\bar{\upsilon}$

c) L'élément **Y** peut également être obtenu par désintégration $\boldsymbol{\beta}^{+}$ (ou par capture électronique **CE**) à partir du $^{99}_{44}Ru$

Faux, lors d'une désintégration β le noyau père ne peut être identique au noyau fils, le schéma suivant résume tout, il est primordial de savoir faire ce genre de figure et surtout de les comprendre.



Ne pas oublier la barre verticale pour β^+ (liée à la condition énoncée au QCM1-d) il faut une énergie supérieure à 2 fois la masse de l'électron pour que la désintégration soit possible. En toute rigueur il faudrait aussi une barre verticale pour la capture électronique, représentant l'énergie de liaison de l'électron arraché. Il faut bien comprendre pourquoi β^+ est matérialisé par une flèche de droite à gauche, de même pour β^- et CE.

d) les γ issus du ${}^{m99}_{43}\mathbf{Tc}$ ont une longueur d'onde de environ 8mm

Faux, les ondes millimétriques sont des ondes de très faible énergie. Pour la lumière visible (E~2eV) la longueur d'onde est de l'ordre de 500*nm*, les ondes de 8*mm* sont encore moins énergétiques que les photons visibles (domaine des micro-ondes). Faire le calcul avec $E=hc/\lambda$, on devrait trouver une longueur d'onde très petite. En bref, si E>2eV alors λ<500nm.

e) les γ des 140 keV sont arrêtés par environ 10cm d'eau

Faux, s'ils étaient arrêtés par 10cm d'eau, ils ne seraient pas utilisés pour une scintigraphie cardiaque, car aucun photon ne sortirait du patient, et on ne pourrait pas acquérir d'image. S'il est facile de déterminer le pouvoir d'arrêt des particules chargées (dans le cas des électrons pénétrants dans l'eau on a L(cm)=E(MeV)/2), pour les photons c'est beaucoup plus compliqué, ils ne vont pas tous s'arrêter au même endroit, il y a un caractère probabiliste de l'interaction (Compton, photo-électrique et production de paires). En radiothérapie les photons issus d'un accélérateur standard sont de type 18MV, pour protéger le personnel des écrans (mur en béton baryté de densité >3.5) de 2 mètres d'épaisseur sont positionnés (bunker). Maigres cela certain photon réussissent à traverser les murs. Le personnel reçoit en général une dose efficace allant de 0 à 25µSv par heure.

QCM 4

L'hyperthyroïdie est traitée à l'aide de l'**iode 131**. Ce radio-isotope est émetteur de radiations β^-. Sa période physique est **T = 8 jours**. Sa masse molaire (**M**) sera prise égale à **131 g/mol**. A l'instant **t = 0** son activité est égale à **A_0 = 200 MBq**.

a) au bout de 24 jours, l'activité sera égale à 25MBq

Vrai, rappel sur la décroissance radioactive : $N(t)= N_0-\lambda.t\ N_0$ à l'instant t, on a le nombre de noyaux initiaux moins ceux qui se sont désintégrés, il suit $dN/N=-\lambda.dt$, soit après intégration $N(t)=N_0\exp(-\lambda.t)$ (formulation classique en physique pour une décroissance)

Concernant la période (T), qui est le temps nécessaire pour que la moitié des noyaux se soient désintégrés, on a : $N(T)= N_0/2= N_0.\exp(-\lambda.T)$ => $\exp(-\lambda.T) =1/2$ Et $T=\ln(2)/ \lambda$

Voyons ce qui se passe au bout de N périodes $N(nT)= N_0.\exp(-\lambda.nT) = N_0.[\exp(-\lambda.T)]^n$

D'après (3), on peut donc écrire $N(nT)= N_0/2^n$

Concernant le QCM, il faut constater que 24 jours sont équivalents à 3 périodes radioactives, donc $N(3T)= N_0/2^3$ => $A(3T)= A_0/ 8$

b) 200MBq signifie 200Millions de désintégration par minute

Faux, c'est par seconde

c) après 8 jours l'activité sera de 150MBq

Faux, elle sera de 100MBq après 1 période

d) après 80 jours l'activité sera de 0.2MBq environ

Vrai, après 10 périodes, on aura $A(10T)= A_0/ 2^{10}=0.2$MBq

On sait que $2^{10}\sim10^3$ => $2^{n.10}=10^{n.3}$ (assez utile en physique ou en informatique…)

e) la formule de la masse d'iode radioactif (m_I en gramme), restante au bout de 80 jours est $m_I = M.(0,2.\frac{T}{\ln(2)})/N_a$, avec M en gramme et T en jour.

Faux, il est important de bien comprendre la méthodologie, elle est essentielle. Cette méthodologie (une partie du moins) est applicable en chimie, quand on a une formule chimique et que l'on cherche les masses des différents produits.

-nombre de noyau au bout de 80 jours (activité en Bq et T en s)

$N(10T)= 0,2.(\frac{T(s)}{\ln(2)}).10^6$ on a utilisé le fait que ($A=\lambda N$)

-nombre de mole n (*Na*=cte d'Avogadro). On oublie pas qu'une mole est constitués de Na éléments (c'est la définition), une mole de bille correspond à Na billes, une mole de noyaux d'Iode correspond à Na noyaux, il vient :

n(10T)= N(10T)/Na=0,2. $(\frac{T(s)}{\ln(2).Na}).10^6$

-masse en gramme m (A nombre de masse de l'élément)

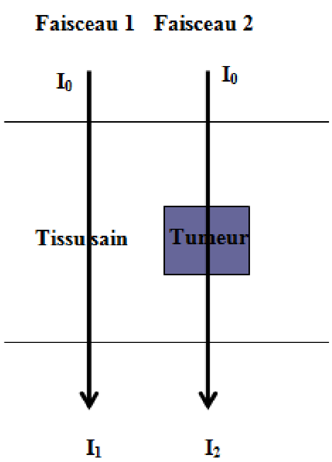
m(10T) = masse d'une mole . nbre de moles = A. 0,2. $(\frac{T(s)}{\ln(2).Na}).10^6$

Avec les conventions de l'exercice on a A qui est la masse molaire en gramme (A=M). La formule est donc fausse car il manque les facteurs de conversion permettant de passer de MBq à Bq (10^6) et de jour à seconde (24.3600=86400).

Une autre méthode consistait à dire qu'un noyau pèse A uma soit A/Na grammes (Cf QCM 1). La masse totale d'iode radioactif est donc m(10T)= (A/Na). 0,2. $(\frac{T(s)}{\ln(2)}).10^6$. Cette méthode est un peu plus rapide mais je conseille d'utiliser l'approche classique ci-dessus.

QCM 5

Pour réaliser une image radiologique du sein (mammographie), on utilise un faisceau incident de rayons **X** (E_{max} = 50KeV) d'intensité incidente $\mathbf{I_0}$. La radiographie réalisée montre l'existence d'une petite masse tumorale. Une section perpendiculaire au sein lors de la réalisation du cliché est modélisée par le schéma ci-dessous :



L'intensité transmise du faisceau 1 est égale à $\mathbf{I_1}$ après une traversée de **4** cm de tissu sain. L'intensité transmise du faisceau 2 est égale à $\mathbf{I_2}$ après une traversée de **3** cm de tissus sain et de **1** cm de tumeur. Les valeurs des couches de demi atténuation des tissus traversés sont les suivantes : $(CDA)_{sain}$ = **1** cm et $(CDA)_{tumeur}$ = **0,5** cm. Le coefficient d'atténuation du tissu sain est noté μ (en cm^{-1}). On appelle contraste (C) la capacité de distinguer des éléments de nature différente sur une image ; dans le cas de la radiographie on prend $C=(I_1- I_2)/ (I_1+ I_2)$

a) l'intensité du faisceau suit une loi exponentielle décroissante à l'intérieur du sein

Vrai, dans l'exercice précédent, on avait une évolution en fonction du temps d'un certain paramètre (nombre de noyau), on a vu que cette évolution était liée à une décroissance exponentielle. Dans le présent exercice, l'évolution se fait en rapport, non pas d'une variable temporelle, mais en rapport à une variable spatiale. La formulation mathématique est équivalente, et les différentes démonstrations restent correctes.

Ainsi, on obtient $I(x) = I(x = 0).\exp(-\mu.x)$ (5)
$I(nCDA)= I(x=0)/2^n$
$CDA=\ln(2)/ \mu$

L'atténuation définit par I/I_0 suit donc une loi exponentielle décroissante

b) $I_1 = I_0.\exp(-\mu.4)$ avec μ en cm^1

Vrai, utilisation directe de (5), si μ est en cm^{-1} alors x doit être en cm. En règle générale, tout ce qui est pris comme argument d'une fonction de type ln, log exp, sin, cos… doit être sans dimension.

c) la valeur du rapport $I_0/I_1=20$

Faux, I_1 s'obtient après la traversée de 4 $(CDA)_{sain}$ (nbre_de_CDA=longueur totale / longueur d'une CDA=4/1=4). On a donc $I_1=I(4CDA)= I_0/2^4= I_0/16$. Une autre méthode consiste à écrire que $I(x) = I_0.\exp\left(\left(-\frac{ln2}{CDA}\right).x\right) = I_0.\exp(-ln2.4) = I_0/2^4$

d) la valeur du rapport $I_0/I_2=32$

Vrai, il faut scinder le problème en deux sous problèmes, la traversée de la tumeur (I_2') puis la traversée du tissu sain (I_2)

1cm de tumeur correspond à 2 $(CDA)_{tumeur}$, donc

$I'_2=I(4CDA)= I_0/2^2= I_0/4$

Puis 3 cm de tissu sain correspondent à $3(CDA)_{sain}$

$I_2= I'_2/2^3= I_0/32$

Le résultat est identique quelque soit la localisation de la tumeur dans le tissus sains. Dans ce type d'exercice il faut grouper les zones de même nature, ainsi pour le calcul de I_2 il ne faut pas considérer séparément la traversée du tissu sain avant et après la tumeur.

e) le contraste C vaut 1/3

Vrai, il suffit juste d'utiliser les résultats suivants et la formule de l'énoncé. On constate que si I_2=0 le contraste est maximum et vaut 1, alors que si I_2= I_1 il devient zéro. En fonction de l'énergie des photons incidents, les CDA des tissus sains et des tumeurs vont être modifiées. Il faut trouver une énergie pour laquelle l'écart entre les deux est maximum. Pour cela il faut souvent diminuer l'énergie incidente (on potentialise l'effet photo-electrique) en faisant attention qu'elle soit suffisante pour qu'une part non négligeable de photon atteigne les détecteurs.

Chose importante, on remarque que le contraste existe déjà, alors qu'aucune image n'est formée, c'est ce que l'on appelle l'image radiante. Le but de l'imagerie médicale est de fournir un contraste image le plus proche possible du contraste objet contenu dans l'image radiante. En pratique, c'est très compliqué, rares sont les détecteurs qui permettent de réellement s'en approcher.

Exercices Complémentaires

QCM 6

Soit un atome d'hélium 3 (M=3.01603 uma) neutre.

a) l'énergie de liaison globale entre les nucléons vaut ~8.3 MeV

Vrai, faire le calcul suivant ΔM =2mp+mn-M+2me (ne pas oublier que M est la masse de l'atome, et que ce dernier est neutre => 2 électrons qui gravitent autour)

La célèbre formule E=mc², nous permet de conclure que le défaut de masse peut s'apparenter à un défaut d'énergie (1g correspond à une énergie de 10^{14}J ; pas nécessaire que le défaut de masse soit important pour que soient mises en jeu des énergies colossales).

Dans l'énoncé, on a 1uma~1GeV (= masse d'un proton ou d'un neutron~2000.masse d'un électron), on tombe facilement sur $\Delta E \sim 8.3 MeV$. On voit que l'état « lié » possède une énergie de masse plus faible que la somme des états « libres », ceci est dépendant du fait qu'une partie de l'énergie disponible est utilisée pour lier les nucléons entre eux.

b) cet atome possède 3 électrons périphériques

Faux, il n'y en a que 2, car il est globalement neutre

c) l'énergie de liaison des électrons est plus importante que l'énergie de liaison des nucléons

Faux, en simplifiant (énormément), on peut dire que l'énergie de liaison des électrons correspond typiquement aux énergies mises en jeu durant des réactions chimiques standard, on se situe entre le eV et le keV (lié essentiellement à l'interaction électromagnétique). L'énergie d'interaction entre les nucléons (interaction faible : c'est celle mise en jeu lors de la radioactivité par exemple+interaction forte) est de l'ordre du MeV (Cf (a)), et l'énergie d'interaction entre les constituants des nucléons (les quarks et l'interaction forte) est de l'ordre du GeV (TeV ???? peut-être). On comprend maintenant pourquoi il faut sans cesse augmenter l'énergie (cyclotrons, laser….) pour sonder la matière et voir des choses de plus en plus petites. Il existe une quatrième interaction élémentaire, peut-être plus compliquée que les autres, faite la recherche si vous êtes intéressé, vous verrez alors que ce que vous croyiez évident ne l'est pas toujours….

d) le noyau α a une énergie de liaison valant E_l=7.06MeV/nucléon, ce dernier est donc plus stable que le noyau d'hélium 3

En effet, la force de cohésion nucléaire est supérieure à celle de l'hélium 3 ($\frac{\Delta E}{n} \sim 3Mev/nucléon$, il faudra fournir une énergie supérieure pour réussir à arracher un nucléon, et ainsi « casser » le noyau.

e) si l'atome d'hélium 3 subit une ionisation, il y aura alors émission d'un photon X de fluorescence

Faux, pour qu'il y ait émission de photon X de fluorescence (ou d'électron Auger), il faudrait la présence d'électron sur les couches L, M, N…. or pour l'hélium, il n'y a que 2 électrons, dont 1 est arraché (ionisation), le seul restant est sur la couche K (aucune hypothèse sur le fait qu'il y ait excitation au préalable !), il ne peut donc se rapprocher d'avantage du noyau.

QCM 7

Le noyau d'uranium 238, naturellement radioactif, se transforme en un noyau de plomb 206, stable, par une série de désintégrations successives. L'équation globale du processus peut être représentée par :
$^{238}_{92}U \rightarrow\ ^{206}_{82}Pb + 6\beta^{-} + N\alpha.$
On constate que actuellement, des minéraux d'une même couche géologique (donc du même âge) contiennent de l'uranium 238 et du plomb 206 en quantité équivalente. On mesure la quantité de plomb 206 dans un échantillon de roche très ancienne ($2.5.10^{12}$ atomes), de plus, on considère qu'il n'y en avait pas avant. La période de l'uranium 238 est $4.5.10^{9}$ ans.

a) N = 8

Vrai on prend 92=82-6+2N => N=8

b) il y avait initialement $2.5.10^{12}$ noyaux d'uranium 238

Faux, si actuellement on a $2.5.10^{12}$ noyaux de plomb et $2.5.10^{12}$ noyaux d'uranium, cela signifie qu'initialement, il y avait 5.10^{12} noyaux d'uranium. Les noyaux de plomb présents actuellement dans la roche étaient initialement des noyaux d'uranium

c) l'activité de l'uranium 238 restant est supérieure à 1 Bq

Faux, en regardant les ordres de grandeur, on obtient :

$A({}^{238}_{92}U)$~ $N({}^{238}_{92}U)/T({}^{238}_{92}U)$ (A=activité ; N=nbre de noyaux ; T=période)
~$10^{12}/10^{9+2+1+3}$ (car 1an~10^2jours~$10^2.10^1$heures~$10^2.10^1 10^3$secondes
<<1Bq

d) l'âge de l'échantillon est de $4.5.10^9$ ans

Vrai, on a la formule de décroissance suivante

$2.5.10^{12}=5.10^{12}.\exp(-\lambda t)$, la question revient à trouver *t* tel que soit $\exp(-\lambda t)=1/2$

D'après (3) présenté dans le QCM 5-a on sait que $t=T({}^{238}_{92}U)$, l'échantillon a donc $4.5.10^9$ années.

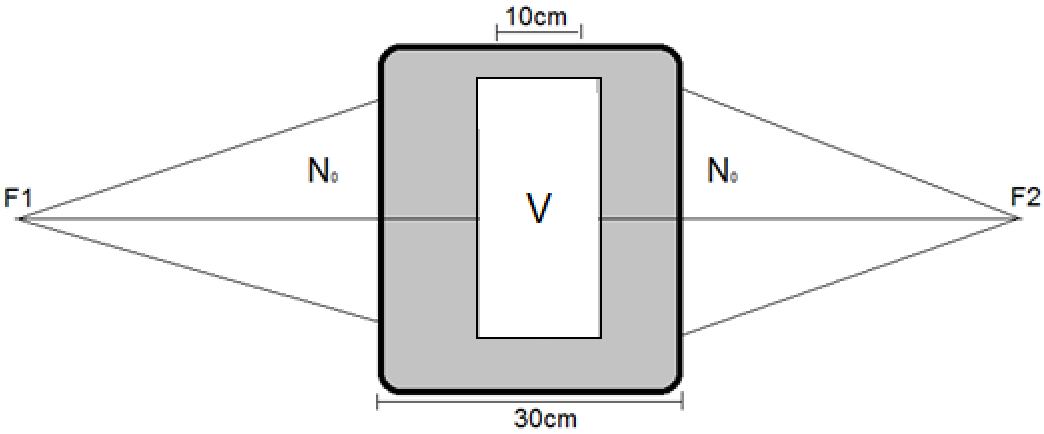
Ce résultat est très intéressant, car avec des outils scientifiques assez simples, il est possible de trouver des résultats très importants.
En ce sens, il ne faut pas croire que la physique consiste à appliquer d'énorme formule sur des problèmes très compliqués. En fait le physicien possède peu de formules fondamentales à connaitre et peut malgré tout en tirer des enseignements importants. Dans le présent exercice, on vient de montrer que l'âge de la terre est de 4.5 milliard d'années, ce résultats est correct (à 100 millions d'années prés).
Pensez-vous que cette méthode soit applicable pour dater l'âge de l'univers (14 milliards d'années) ?

e) on aurait pu utiliser du carbone 14 pour dater la roche (T=5500 ans)

Faux, la période est trop faible au bout de 50 000 ans (limite pour la datation au carbone 14) il n'y aurait déjà plus de Carbone 14 dans la roche.

QCM 8

Lors d'un traitement par radiothérapie externe d'une tumeur de la vessie (V ; masse 100g ; position médiane 10cm d'épaisseur), deux faisceaux (F1 et F2) de N_0 photons chacun issus d'une source de Cobalt (énergie 1MeV ; CDA=10cm) arrivent sur un patient de 30 cm d'épaisseur comme le montre la figure suivante :



a) si l'activité des sources est de 10^{10} Bq et que ¼ des photons émis par chaque source sont orientés vers la vessie du patient, alors N_0 est supérieur à 10^{11} photons au bout de 2 minutes d'irradiation

Vrai, si l'on a 10^{10} photons de 1 MeV émis par seconde et que ¼ de ces derniers sont orientés en direction de la prostate, le débit de photon est donc ¼.10^{10} photons par seconde soit N_0=3.10^{11} photons (au bout de 2 minutes)

b) en se plaçant dans les conditions du a) le nombre de photons interagissant avec les électrons de la vessie est de 1.5.10^{11} photons.

Vrai, les photons vont contribuer au dépôt de doses par le biais de vecteurs spécifiques : les électrons. En effet, dans la gamme d'énergie des photons du Cobalt, l'effet prédominant est Compton bien qu'un peu de photoélectrique soit aussi possible. Dans les deux cas les photons vont céder leur énergie à 1 (ou plusieurs dans le cas du Compton) électron qui va à son tour interagir avec le milieu par le biais de de nombreux processus inélastiques électroniques (pas de rayonnement de freinage dans les milieux biologique car le Z est trop faible). Si l'on considère F1, alors, d'après le schéma, la vessie est située à 10cm de la surface d'entrée du faisceau, soit 1 CDA, on aura donc $N_0/2$ photons à cet endroit. La fin de la tumeur se situe à 20cm de la surface d'entrée soit 2CDA, le nombre de photons à cet endroit-là est donc de $N_0/4$. En première approximation, on peut considérer que le nombre de photon déposant de la dose dans la vessie correspond à ce que l'on avant la vessie moins ce que l'on a après la vessie, soit $N_0/2$- $N_0/4$= $N_0/4$. Comme il y a deux faisceaux le nombre total de photons est $N_0/2$

c) en se plaçant toujours dans les conditions du a) la dose moyenne reçue par la vessie (contribution des deux faisceaux) est de l'ordre de la dizaine de Gy. On considère que la totalité de l'énergie de photon est cédée après un choc avec un électron du milieu

Faux, la dose correspond à une énergie en Joule divisé par une masse en Kg. Dans le cas de l'exercice, la dose moyenne correspond à l'énergie de chaque photon multipliée par le nombre de photon et divisé par la masse de la vessie, soit D= $N_0/2.10^{6}.1.5.10^{-19}.10$~0.2Gy

d) le résultat trouvé dans les conditions du c) est tout à fait compatible avec un traitement standard de radiothérapie

Faux, les séances standards de radiothérapie délivrent environ de 1.8 à 3 Gy par séance

e) le résultat trouvé dans les conditions du c) est tout à similaire avec la dose équivalente reçue par les organes pelviens de ce même patient s'il avait subi une acquisition scanner pelvienne

Faux, en diagnostique, les doses (équivalentes) sont beaucoup plus faibles, de l'ordre de la dizaine de mSv, soit ~0.01Sv. Comme il s'agit de photon, la dose reçue par les tissus pelviens serait donc de ~0.01Gy.