

Radioactivité

voir aussi :

-cours de physique de Term S : collection
Durandea/Mauhourat, édition hachette

-site web : www.laradioactivite.com

-radiobiologie & radioprotection appliquées :
R. Granier & D.J. Gambini - EM inter

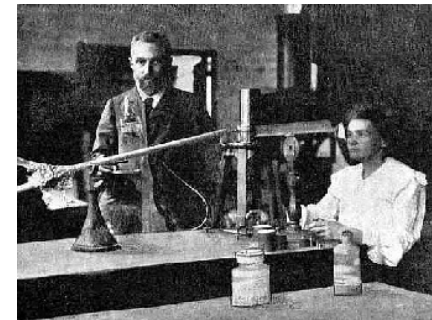
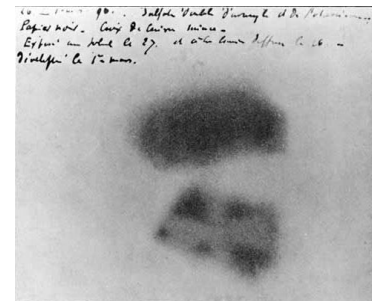
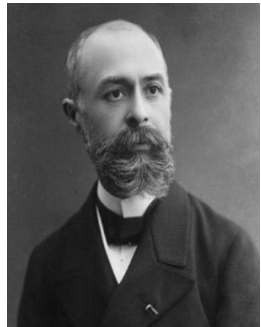
Le phénomène

Un phénomène dont il faut se méfier **mais qu'il vaut mieux connaître et savoir mesurer !**

La radioactivité n'a **pas été inventée ! mais découverte** par Henri Becquerel en 1896, puis étudiée par Pierre et Marie Curie et bien d'autres par la suite ...

Ses nuisances ne sont apparues qu'au fil du temps et souvent au prix de la santé de ces pionniers de la science.

À l'origine, c'est un phénomène qui résulte de **l'émission d'énergie sous la forme de particules subatomiques** (dimensions inférieures à celles d'un atome) lors de la **désintégration de noyaux atomiques instables**.



La **radioactivité naturelle** observable sur la Terre provient :

- 1) de la **désintégration de quatre noyaux radioactifs** (instables : durées de vie finie) : ^{235}U , ^{238}U , ^{232}Th et ^{40}K et de leurs noyaux fils. Ces noyaux ont été synthétisés dans les étoiles (cas du potassium) ou dans certaines de leurs phases explosives que l'on nomme Supernovae (cas de l'Uranium et du Thorium).
- 2) du **bombardement du globe terrestre** par des particules subatomiques d'origine cosmique : **les rayons cosmiques**.

La radioactivité naturelle de la Terre a généré suffisamment de chaleur pour maintenir son manteau en fusion : **l'énergie dite géothermique est principalement (à 80%) une énergie d'origine radioactive ou nucléaire**.

Lors d'éruptions volcaniques, ceci a contribué à la **formation de l'atmosphère terrestre primitive** et plus tard **l'apparition de la vie**.

Depuis l'apparition de la vie sur terre, la radioactivité naturelle a certainement joué un rôle dans la **mutation cellulaire et la diversification des formes de vie terrestre**.

La radioactivité n'est que l'une des multiples formes apparentes de l'immense énergie nucléaire contenue dans les noyaux atomiques.

L'exploitation de l'énergie nucléaire a conduit à de nombreuses applications civiles et hélas militaires :

- Bombes nucléaires à fusion ou à fission ;
- centrales électronucléaires ;
- production de traceurs radioactifs pour le diagnostic médical ;
- traitement des cancers par radiothérapie ;
- datation archéologique ;
- imagerie moléculaire par marquage à l'aide de traceurs radioactifs.

Ordres de grandeur

Distances : atomes 10^{-10} m ou 1 Å (angström)
noyaux 10^{-15} m ou 1 fm (fermi)

Masses : quasi totalité de la masse de la matière est concentrée dans les noyaux atomiques

Atomes : 1 cm³ d'atomes de fer : 7,87 g

Noyaux : 1 cm³ de noyaux de fer : $2,125 \cdot 10^{14}$ g

Les étoiles à neutrons ont la même masse volumique que celle d'un noyau

Énergies : 1 eV = $1,6 \cdot 10^{-19}$ J , énergie acquise par une particule portant une charge e ($1,6 \cdot 10^{-19}$ C) accélérée par une différence de potentiels de 1 V .

Atomes : liaisons atomiques : 0,1 eV - 100 keV

Noyaux : liaisons nucléaires : 1 - 10 MeV (~ 1 million de fois plus grandes)

Notations nucléaires

${}^A_Z X_N$ un noyau X (encore appelé un **nucléide**) portant **Z protons** et **N neutrons** .
Z est le numéro atomique - détermine le nombre d'électrons d'un atome neutre et donc sa chimie : numéro de l'élément dans le tableau de Mendeleïev

Les **nucléons désignent les protons et les neutrons**, lesquels ont des masses voisines mais pas strictement identiques .

A = Z + N , est le nombre de nucléons , plus communément appelé le **nombre de masse**.

exemples : ${}^{12}_6 C_6$ ${}^{235}_{92} U_{143}$

Isotopes : même nombre de protons Z



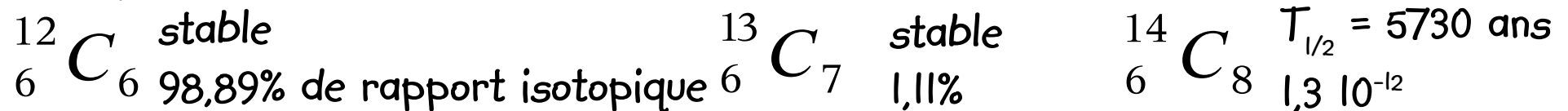
Isotones : même nombre de neutrons N



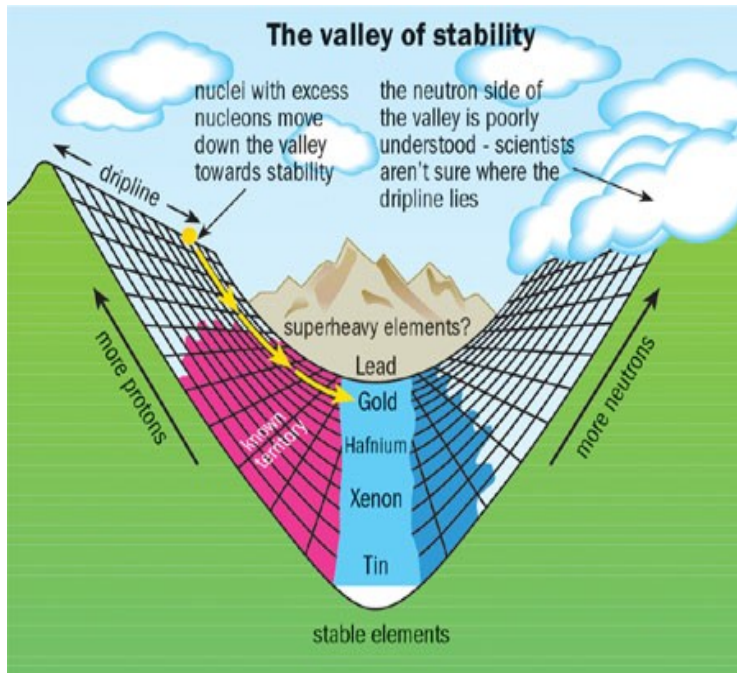
Isobares : même nombre de masse A



Plusieurs isotopes d'un même élément peuvent être présents à l'état naturel dans l'atmosphère :

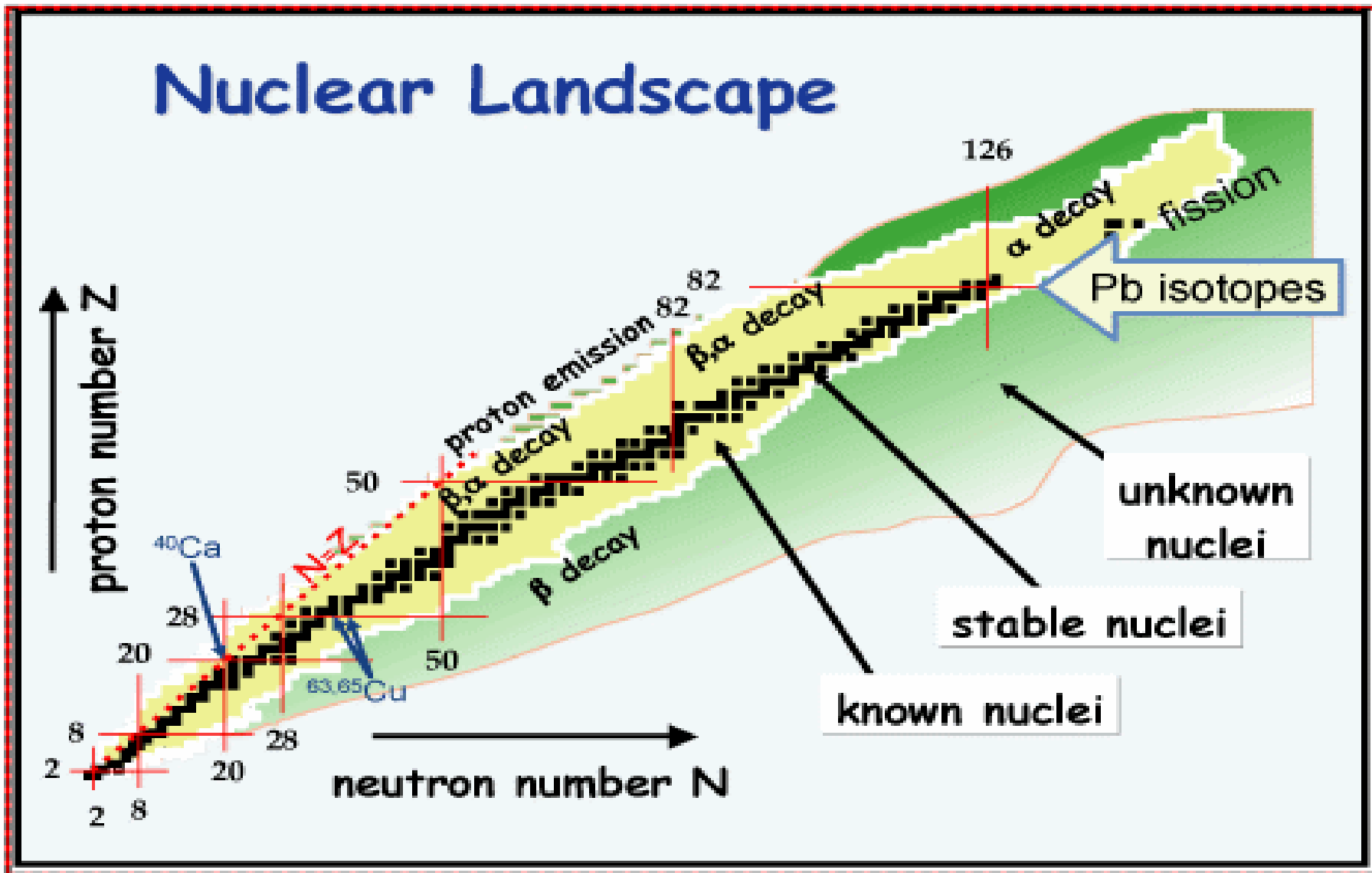


Le paysage nucléaire : vallée de stabilité



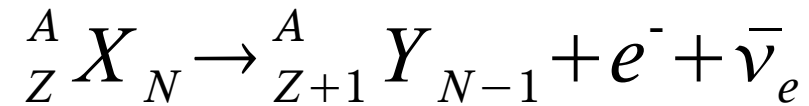
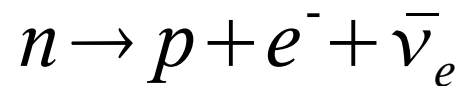
Un **noyau instable** (sur une pente de la vallée) devient **stable** (revient dans la vallée de stabilité) **en expulsant son surplus d'énergie (ou de masse)** par une suite de désintégrations radioactives.

Nuclear Landscape

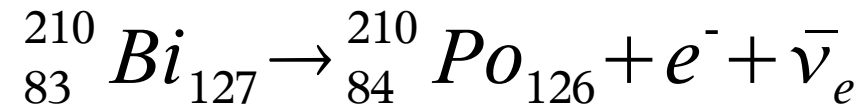


Les désintégrations des noyaux radioactifs

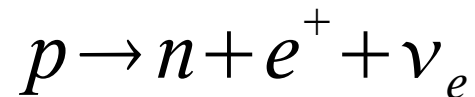
Les noyaux **instables trop riches en neutrons** transforment en leur sein un neutron en un proton :



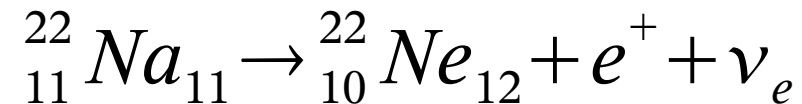
La particule β^{-} est en fait un électron



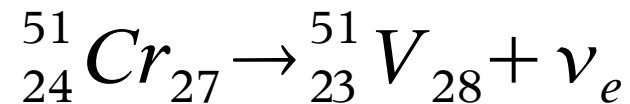
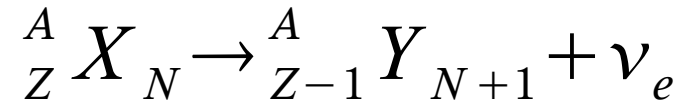
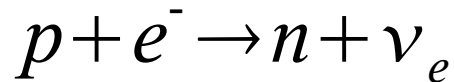
Les noyaux **légers instables trop riches en protons** transforment **préférentiellement** en leur sein un proton en un neutron :



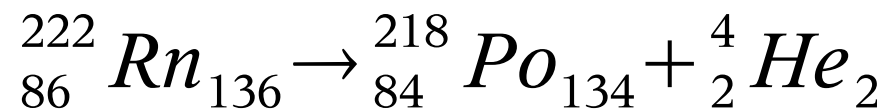
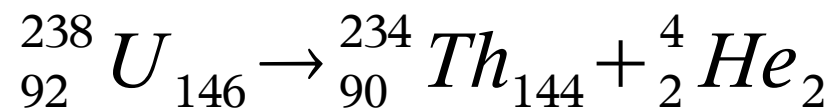
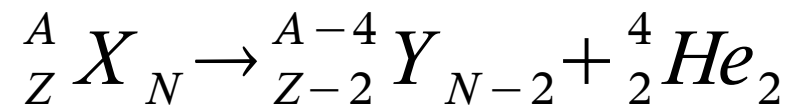
La particule β^{+} est en fait un antiélectron.



Les noyaux instables et **lourds, trop riches en protons** transforment **préférentiellement** en leur sein un proton en un neutron par **capture d'un électron atomique** :



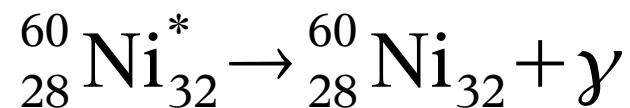
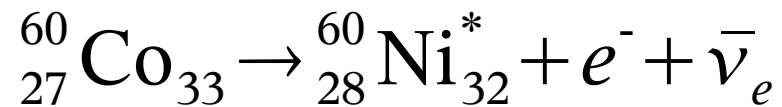
Les noyaux instables, **lourds et trop riches en protons** peuvent revenir vers la vallée de stabilité en émettant un **noyau d'hélium**, encore appelée particule **alpha** :



Les noyaux instables, **très lourds** peuvent fissionner spontanément en deux ou trois noyaux plus légers : exemple ^{252}Cf .

Dans l'immense majorité des cas, chaque désintégration β ou α d'un noyau instable donne naissance à un **noyau pouvant se trouver dans un état excité**.

Il revient alors à son état fondamental par émission d'un ou de plusieurs photons γ :



Si l'énergie du photon est assez petite ($< 100 \text{ keV}$), celui-ci peut être **converti directement en un électron** par effet photoélectrique au sein de l'atome : **électron de conversion interne**.

Bilan d'énergie de masse

$E = mc^2$ avec $c = 299\,792\,458\text{ m s}^{-1}$, vitesse de la lumière dans le vide

La masse d'un objet n'est rien d'autre que son énergie interne totale mesurée au repos et divisée par c^2 .

La différence entre la masse du noyau initial (ou des différentes particules initiales) et la somme des masses des produits de la désintégration est à l'origine de l'énergie nucléaire.

Bilan d'énergie de masse de la désintégration :

$$Q = \Delta m \cdot c^2 = \left(\sum m_i - \sum m_f \right) \cdot c^2$$

Cette énergie est emportée par les produits de la désintégration sous la forme d'énergie de vitesse, c-à-d d'énergie cinétique.

Dans toute désintégration nucléaire spontanée (sans action externe sur le noyau), Q est toujours positif.

Définitions et unités de mesure de masses et d'énergies nucléaires

Unité de masse atomique : u.m.a

Les masses atomiques et nucléaires sont très petites : ex. proton, $m_p = 1,67252 \cdot 10^{-27}$ kg

Il est plus commode de les exprimer dans une unité appropriée plus facile à mémoriser.

définition : 1 u.m.a = $\frac{1}{12}$ x masse d'un atome neutre de ^{12}C

$$= 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Énergie de masse correspondant à une

$$1 \text{ u.m.a} : 1 \text{ u.m.a} \times c^2 = 931,494 \text{ MeV}$$

Le nombre d'Avogadro N_A est lié à l'unité de masse atomique : Il y a N_A atomes neutres dans 12 g de ^{12}C .

$$N_A \times M(^{12}\text{C}) = 0,012 \text{ kg} \quad M(^{12}\text{C}) = \text{Masse d'un atome neutre de } ^{12}\text{C}$$

$$1 \text{ u.m.a} = \frac{1}{12} \times M(^{12}\text{C}) = \frac{0,012}{12 N_A} = \frac{10^{-3}}{N_A} \text{ kg} \quad \text{et} \quad N_A = \frac{10^{-3} \text{ kg}}{1 \text{ u.m.a}} = 6,0221 \cdot 10^{23}$$

Une bonne approximation de la masse d'un atome neutre A_ZX est donnée par : $A \text{ u.m.a}$

$$\text{ex : } M({}^{12}\text{C}) = 12 \text{ u.m.a} \quad \text{et} \quad M({}^{235}\text{U}) \simeq 235 \text{ u.m.a}$$

L'excès de masse (Δ) d'un atome est l'écart entre sa masse réelle et cette approximation :

$$\Delta = M(\text{atome neutre}) - A$$

$$\Delta({}^{12}\text{C}) = 0 \text{ par définition}$$

Δ peut être positif ou négatif .

Défaut de masse D_m d'un noyau : masse des composants du noyau (Z protons et N neutrons) pris séparément moins la masse du noyau :

$$D_m({}^A_ZX_N) = Z m_p + N m_n - m({}^A_ZX_N)$$

D_m est toujours positif pour un noyau formé.

L'énergie de liaison d'un noyau est alors l'énergie libérée par la formation d'un noyau à partir de ses nucléons pris séparément.

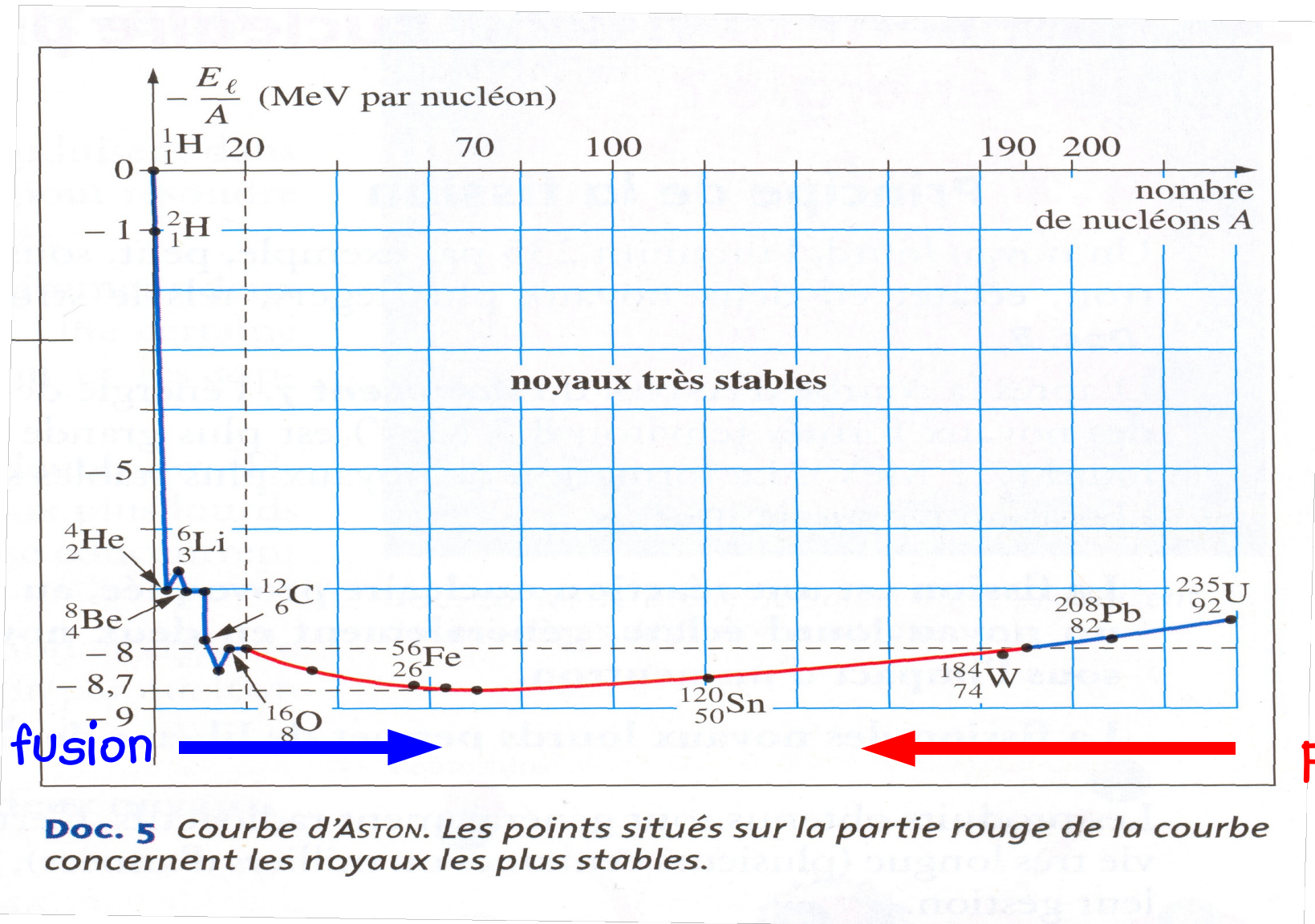
$$E_l({}^A_Z X_N) = D_m({}^A_Z X_N) \times c^2$$

Énergie de liaison par nucléon d'un noyau :

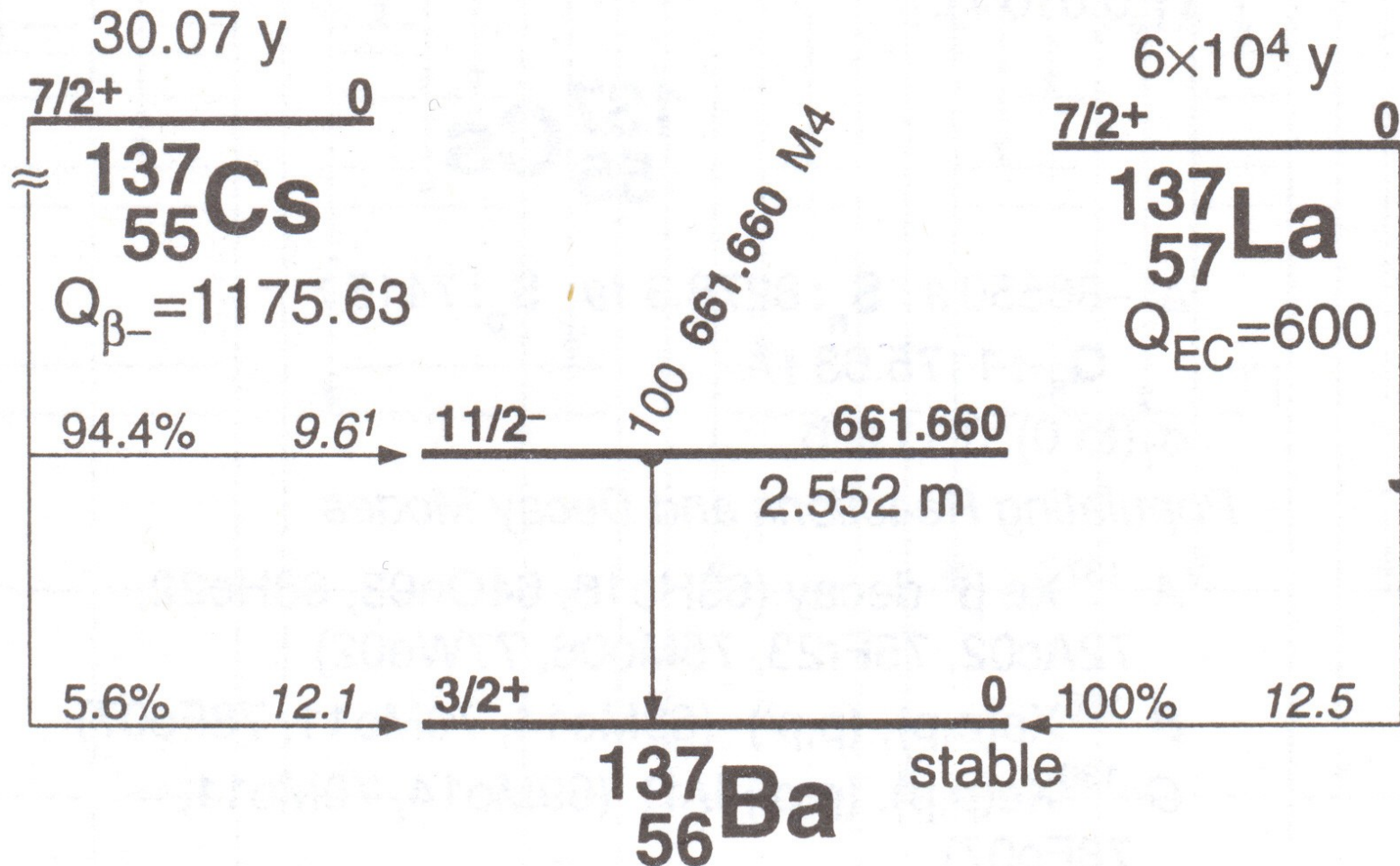
$$\frac{E_l({}^A_Z X_N)}{A} = \frac{D_m({}^A_Z X_N)}{A} \times c^2$$

Plus l'énergie de liaison par nucléon d'un noyau est grande, plus celui-ci est stable.

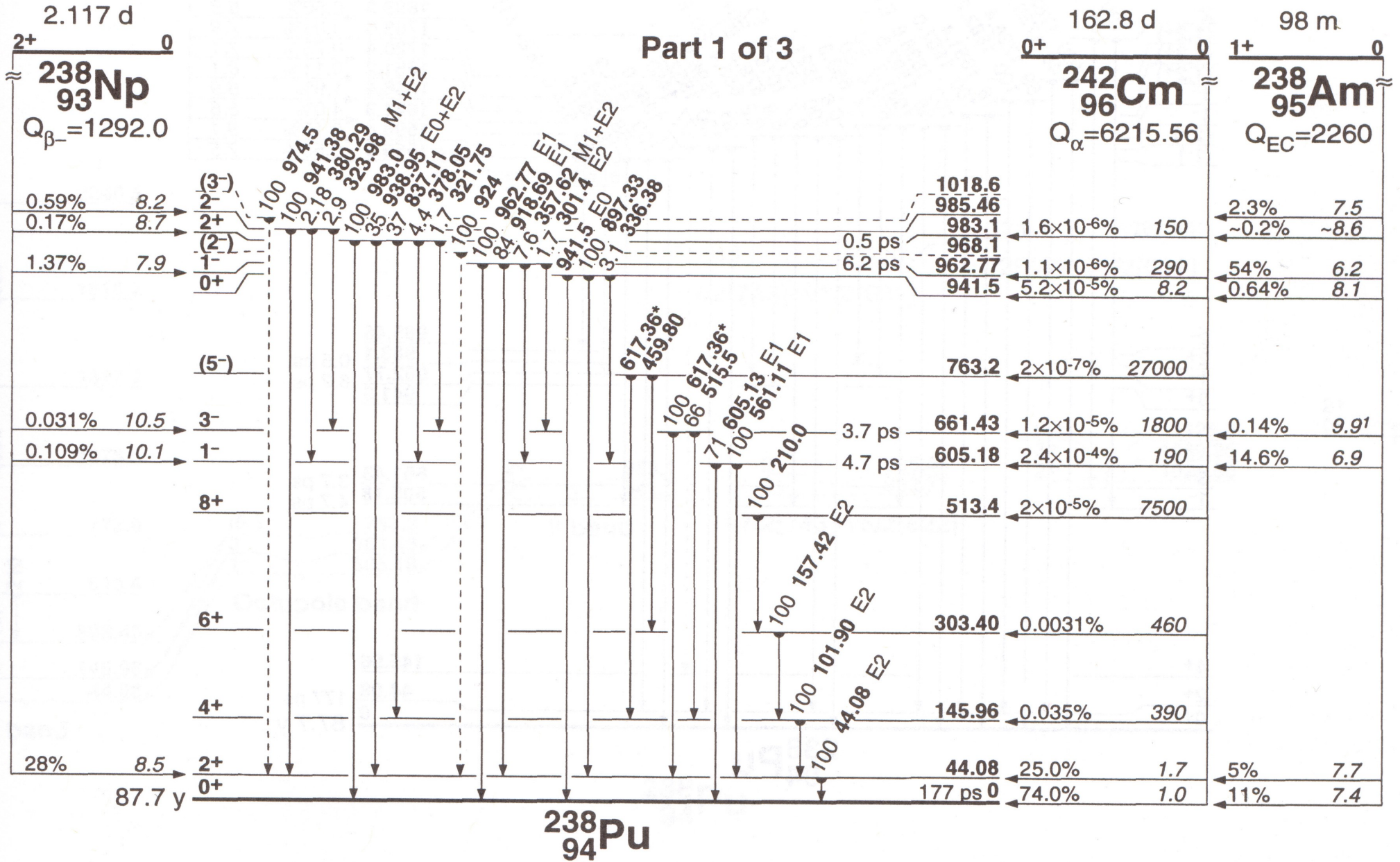
Courbe d'Aston : - E_ℓ / A



Diagrammes de désintégrations nucléaires



Part 1 of 3



Loi de décroissance radioactive

Un noyau est un objet quantique, ce qui lui confère un mode d'évolution probabiliste.

Un noyau radioactif (instable) a une probabilité constante de désintégration par unité de temps, que l'on désigne par **constante de décroissance radioactive** : λ . Cette probabilité ne dépend que de l'identité du radioisotope. Elle ne dépend d'aucun facteur externe : température, pression, densité ...

Ainsi sur un intervalle de temps infinitésimal (petit mais non nul) dt , la probabilité de décroissance d'un radioisotope unique est donnée par :

$$dP = \lambda dt$$

Si à l'instant t , on est en présence d'une population comprenant $N(t)$ radioisotopes du même type, le nombre de désintégrations parmi cette population durant l'intervalle de temps infinitésimal dt est alors : $N(t)\lambda dt$

Sur le même intervalle de temps dt , $N(t)$ diminue d'autant. Sa variation infinitésimale (sa différentielle) est alors négative : $dN(t) = -N(t)\lambda dt$

$$dN(t) + N(t)\lambda dt = 0 \quad \text{Soit encore :} \quad \frac{dN(t)}{dt} + \lambda N(t) = 0$$

C'est une équation différentielle horaire, qui admet pour solution générale :

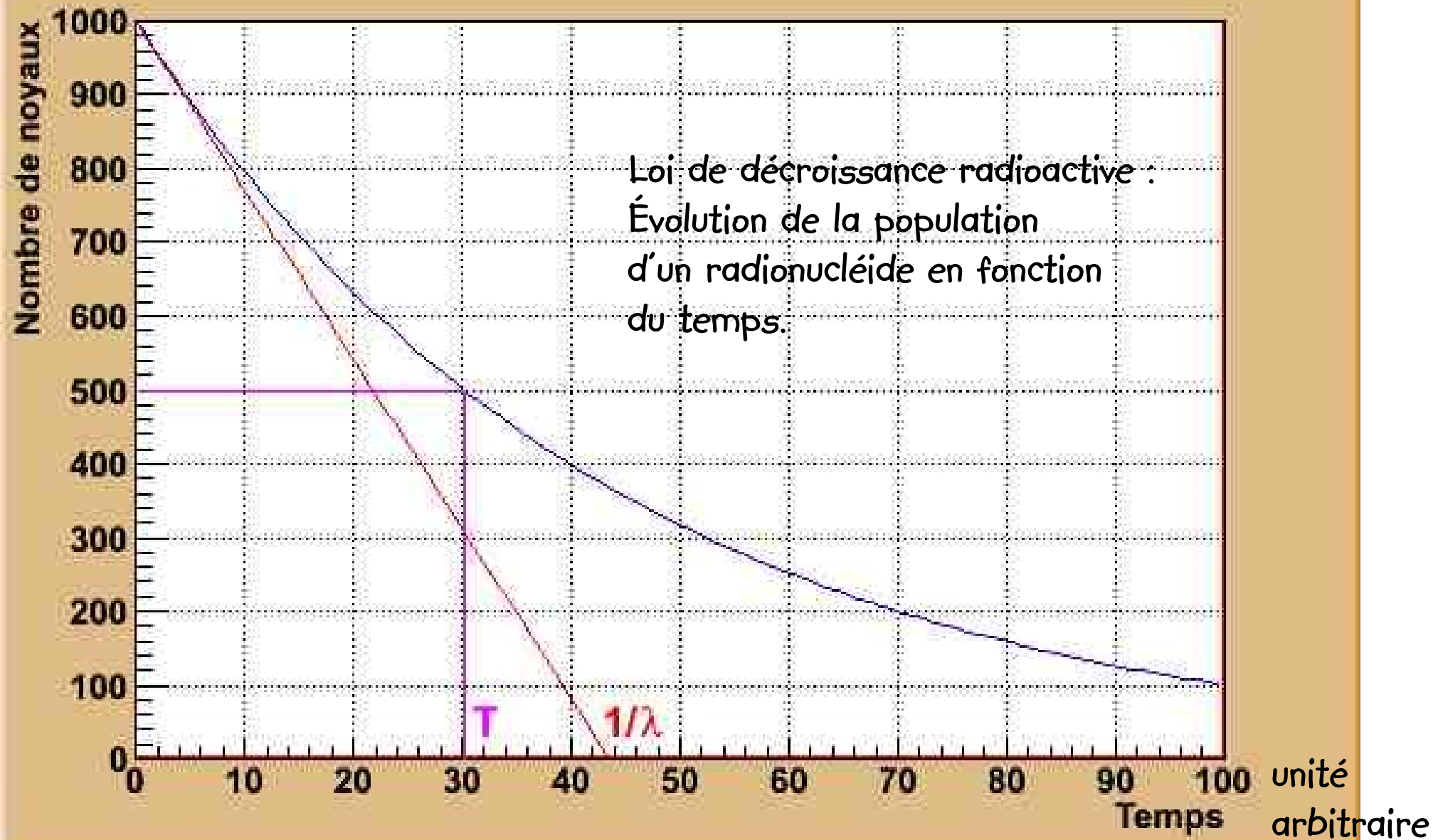
$$N(t) = C e^{-\lambda t}$$

Mais à $t=0$, $N(t=0) = N_0$ d'où : $N_0 = C$

Il vient donc finalement : $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ avec $[\lambda] = s^{-1}$

La période T d'un radionucléide est le temps qui doit s'écouler afin que sa population soit divisée par deux.

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T} \Rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda T} \Rightarrow T = \frac{\ln(2)}{\lambda}$$



L'activité $A(t)$ d'une source radioactive - qui contient une population d'un seul radionucléide - correspondant au nombre de désintégrations par unité de temps au sein de cette source.

$$A(t) = N(t)\lambda = N_0 e^{-\lambda t} \lambda = A_0 e^{-\lambda t} \quad \text{avec :} \quad A_0 = N_0 \lambda$$

$[A] = \text{Bq}$ (Becquerel) = 1 désintégration par seconde (unité SI) .

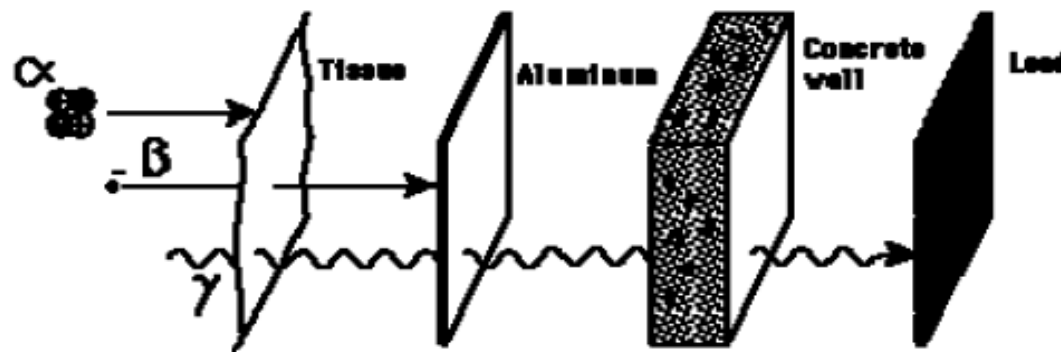
On utilise également le Curie (Ci) qui est l'activité d'un gramme de radium - $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$.

Interaction des particules avec la matière :

Ce sujet est très vaste. Ici on ne s'intéressera qu'aux interactions des particules α , β et γ avec la matière.

Ces interactions sont à l'origine :

- d'applications médicales : radiologie, imagerie nucléaire et radiothérapie ;
- de techniques de radioprotection ;
- de détecteurs de particules ;
- de la production de chaleur puis d'électricité dans les centrales nucléaires.



Aspects qualitatifs :

Les interactions des particules avec la matière donnent lieu :

- à des **transferts d'énergie** vers la matière ;
- à un **changement de la direction** de propagation des particules incidentes ;
- dans certains cas, à leur **absorption totale** par la matière.

L'énergie absorbée par la matière conduit directement ou indirectement à l'**ionisation ou l'excitation d'atomes**. La recombinaison des électrons libres et le retour à l'état fondamental des atomes peuvent produire des rayons X (photons de 1-100 keV), de la lumière ou encore des électrons Auger.

Aspects quantitatifs :

La perte d'énergie locale dans la matière d'une particule chargée est exprimée par son **pouvoir d'arrêt** : dE/dx , c-à-d la perte d'énergie moyenne par unité de distance parcourue dans la matière.

Le **Transfert Linéique d'Énergie (TLE)** est l'énergie moyenne localement déposée dans la matière par unité de distance parcourue. $TLE < dE/dx$.

On introduit également la **Densité Linéique d'Ionisation (DLI)** qui est reliée au TLE par : $TLE = W \times DLI$, où W représente l'énergie moyenne nécessaire pour provoquer une ionisation. $W \approx 34$ eV , dépend peu du milieu biologique.

Dans un tissu biologique, on exprimera fréquemment le **TLE en keV/ μ m** et la **DLI en nombre d'ionisations/ μ m** .

Interaction des particules lourdes chargées non relativistes ($v \ll c$) : (toutes sauf électrons et positrons)

Perte d'énergie essentiellement par ionisation et excitation des atomes.

$$\text{TLE} \simeq \frac{dE}{dx} \simeq K \frac{z^2 m}{E} n Z$$

Constante

charge de la particule incidente

masse de la particule incidente

numéro atomique du milieu

nombre d'atomes par unité de volume du milieu

énergie cinétique de la particule incidente

Les particules lourdes chargées restent sur une trajectoire essentiellement rectiligne

Interaction des particules alpha :

Perte d'énergie essentiellement par ionisation et excitation des atomes de la matière.

Particules fortement ionisantes, c-à-d TLE ou DLI élevés.

Peu de déviation donc trajectoire rectiligne.

Pour une énergie cinétique de 5,3 MeV, TLE = 180 keV/ μ m soit 5300 ionisations/ μ m.

Une particule de ce type s'arrête après 30 μ m parcourus dans l'eau ou environ 4 cm dans l'air.

Interactions des particules bêta (électrons ou positrons) :

Deux processus gouvernent ces interactions :

- ionisation et excitation de la matière ;
- émission d'un photon (dit de Bremsstrahlung) au voisinage des noyaux atomiques.

Comme ces particules sont nettement plus légères que toute autre particule chargée, elles sont très déviées lors de leurs interactions avec la matière. Leurs trajectoires sont en lignes brisées.

Le pouvoir d'arrêt des particules bêta comportent deux termes :

$$\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{tot}} = \left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{ion}} + \left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{brem}}$$

$\frac{\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{brem}}}{\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{ion}}} \simeq \frac{Z E (\text{MeV})}{800}$

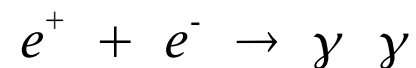
Pouvoir d'arrêt par Bremsstrahlung

Pouvoir d'arrêt par ionisation et excitation d'atomes

TLE des particules bêta ayant des énergies comprises entre 500 keV et quelques dizaines de MeV dans de l'eau = 0,25 keV/ μ m
soit une DLI = 7,5 ionisations/ μ m.

Une particule bêta de 2 MeV s'arrête après avoir traversé environ 6 m d'air, 1 cm d'eau ou encore 3 mm d'aluminium.

Un positron se comporte pratiquement de la même manière qu'un électron, mais en fin de vie - lorsque celui-ci s'arrête - il s'annihile avec un électron atomique pour produire 2 photons de 511 keV chacun.



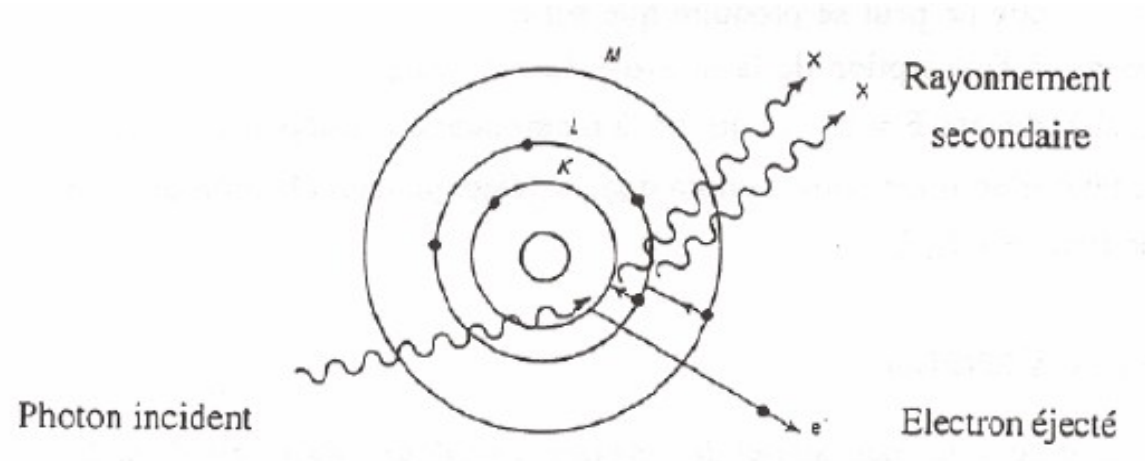
Interactions des photons avec la matière :

Au-dessus de 10 eV les rayonnements électromagnétiques ionisants sont constitués de photons UV, X ou γ .

Ces rayonnements sont indirectement ionisants : ils produisent tout d'abord des électrons et dans certains cas des positrons qui ionisent et excitent alors les atomes du milieu.

Les trajectoires sont celles des électrons et des positrons engendrés.
Ce sont des lignes brisées.

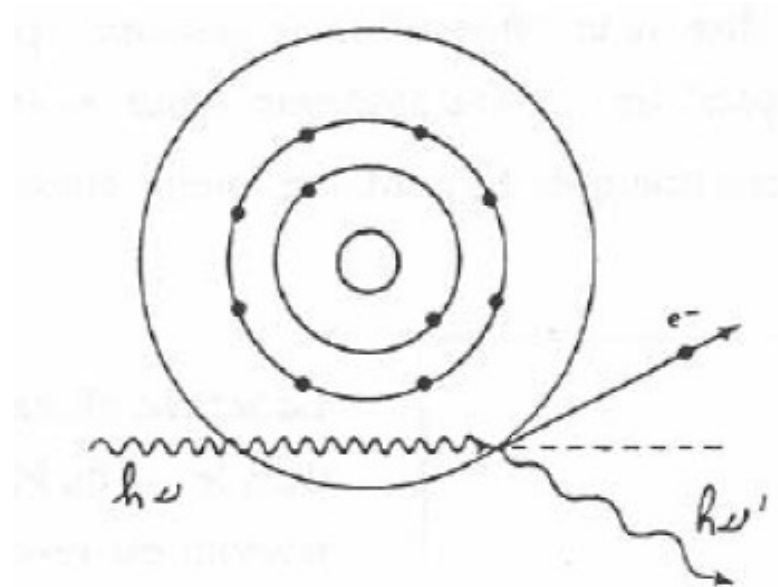
Effet photo-électrique :



Presque toute l'énergie du photon incident est cédée à un électron atomique des couches profondes qui est éjecté. Il y a absorption totale du photon.

L'énergie de l'électron éjecté est égale à l'énergie du photon incident moins l'énergie de liaison atomique de cet électron. L'atome se réorganise ensuite provoquant l'émission de rayons X secondaires ou d'électrons Auger.

La diffusion Compton :

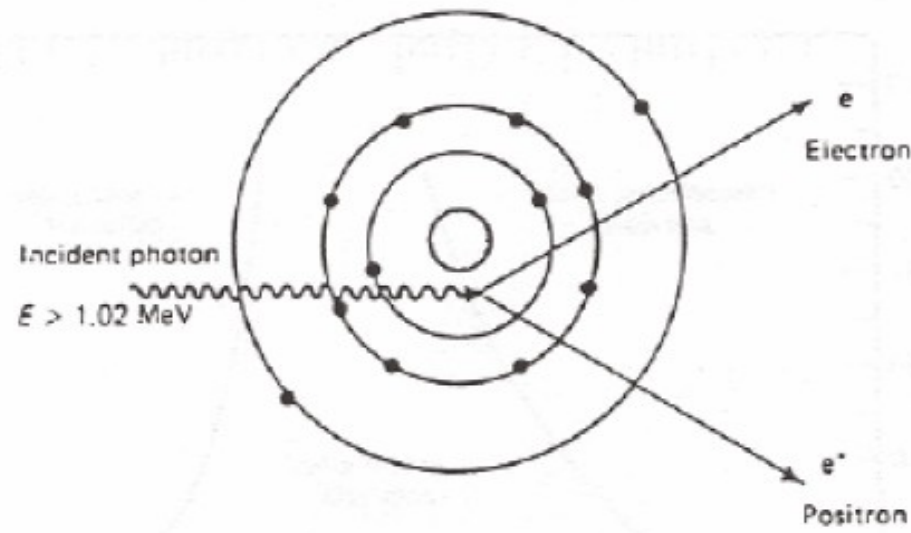


Le photon incident cède une partie de son énergie à un électron atomique qui est éjecté. Le photon incident est diffusé - changement de direction - avec une énergie finale plus faible .

$$h\nu = E_e + h\nu'$$

Il s'agit de l'effet principal pour l'interaction de photons de 1 MeV dans de l'eau.

Création de paire e^+e^- :

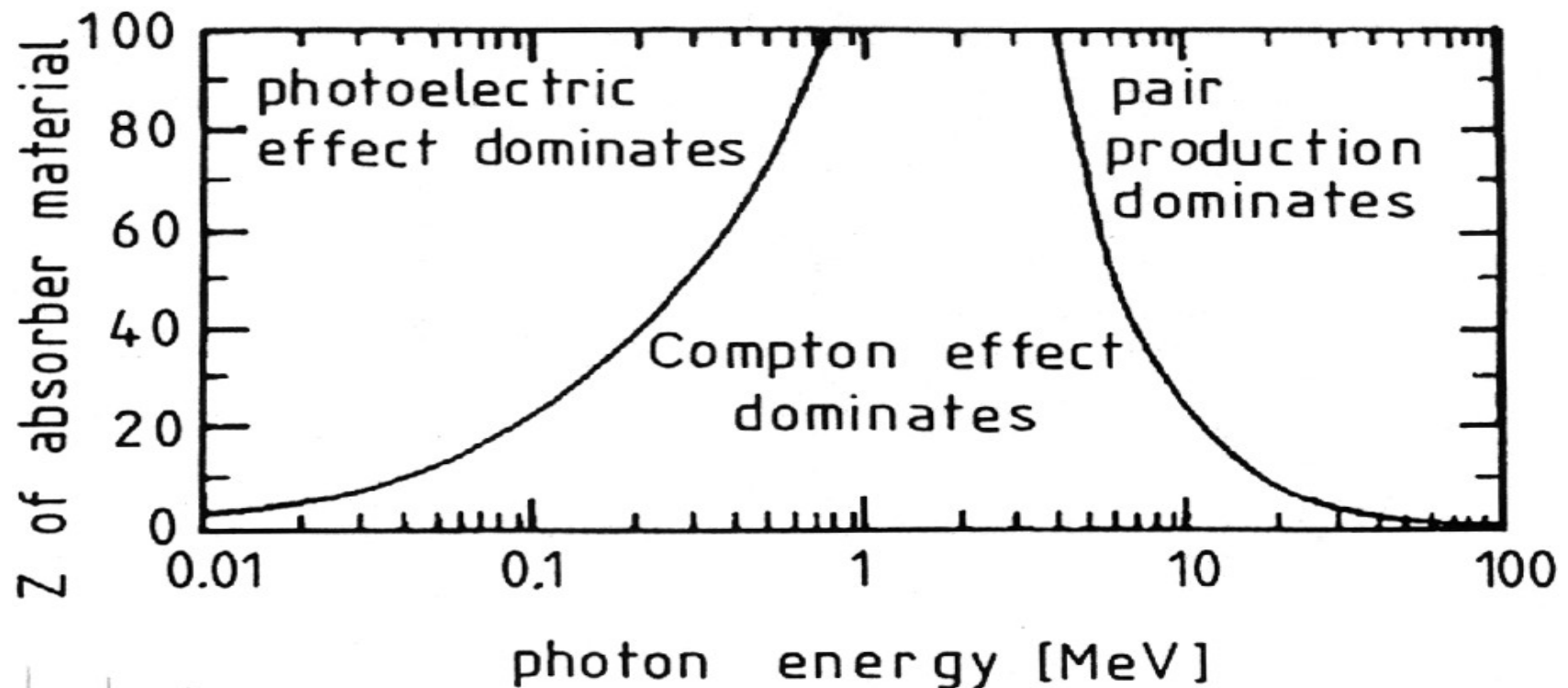


C'est un processus qui se produit principalement dans le champ électromagnétique du noyau d'un atome. Il est donc d'autant plus fort que le numéro atomique du milieu est élevé.

L'énergie du photon se matérialise totalement pour donner naissance à une paire composée d'un électron et d'un positron.

L'énergie du photon doit être supérieure à $2 \times 511 \text{ KeV} = 1,022 \text{ MeV}$.

Importance relative des trois processus :

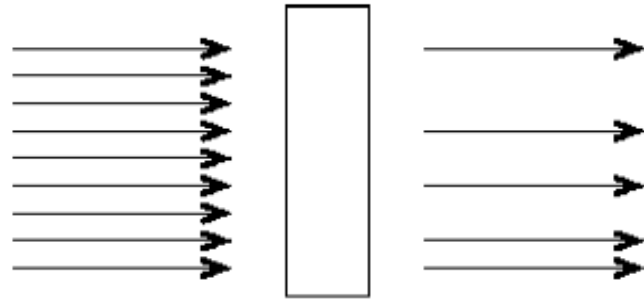


À basse énergie (du photon), c'est toujours l'effet photo-électrique qui domine. À haute énergie, c'est la production de paires. Dans le domaine intermédiaire, la diffusion Compton l'emporte.

L'effet photo-électrique et la création de paires sont d'autant plus forts que le numéro atomique du milieu est grand.

Dans l'eau et les tissus biologiques, c'est la diffusion Compton qui domine.

Atténuation d'un faisceau de photons monoénergétiques par la matière :



Faisceau de photons

Qualitativement, un faisceau de photons traversant une lame matérielle sera atténué.

Si N_0 est le nombre initial de photons, le nombre de photons n'ayant subi aucune interaction après avoir traversé une épaisseur x de matière est donné par :

$$N(x) = N_0 e^{-\mu x}$$

où : μ est le coefficient d'atténuation linéique qui varie selon le milieu et l'énergie des photons.

$$[\mu] = \text{m}^{-1} \text{ mais plus fréquemment } \text{cm}^{-1}$$

Dans cette approche, $N(x)$ compte le nombre de photons qui n'ont subi aucune interaction. Les photons qui auraient diffusé et perdu une partie de leur énergie ne sont pas comptés dans $N(x)$.

D'un point de vue microscopique, le coefficient d'atténuation linéique est le produit de deux termes :

$$\mu = \sigma n$$

nombre d'atomes par unité de volume du milieu matériel

section efficace d'interaction par atome du photon, qui dépend du milieu matériel et de l'énergie du photon et qui exprime la probabilité d'interaction d'un photon avec un seul atome de ce milieu.

$$[\sigma] = \text{m}^2 \text{ mais plus fréquemment cm}^2$$

Couche de demi-atténuation (CDA) :

épaisseur nécessaire pour réduire d'un facteur deux le nombre initial de photons n'ayant subi aucune interaction

$$N(x_{1/2}) = \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\mu x_{1/2}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\mu x_{1/2}}$$

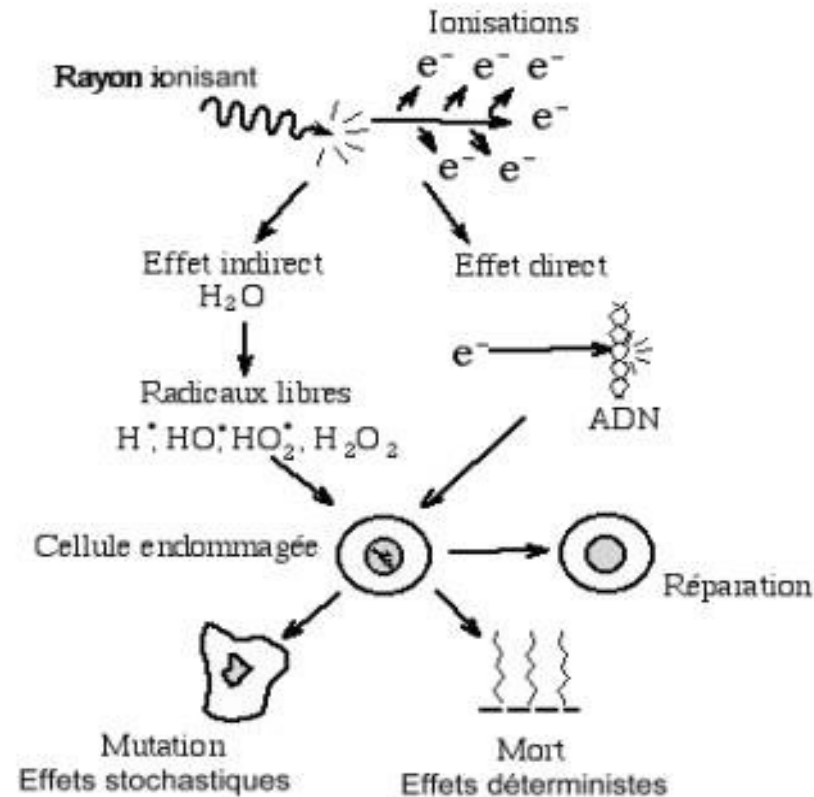
$$\ln(2) = \mu x_{1/2}$$

$$x_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\mu}$$

Effets biologiques des rayonnements ionisants :

Disproportion de la très faible quantité d'énergie déposée par rapport à la gravité potentielle des effets biologiques : 5 Gy en irradiation globale (taux de mortalité de 50%) entraîne l'élévation de 1,2 m°C de la température du corps !

Les effets indirects (création de radicaux libres par la radiolyse de l'eau) sont prépondérants

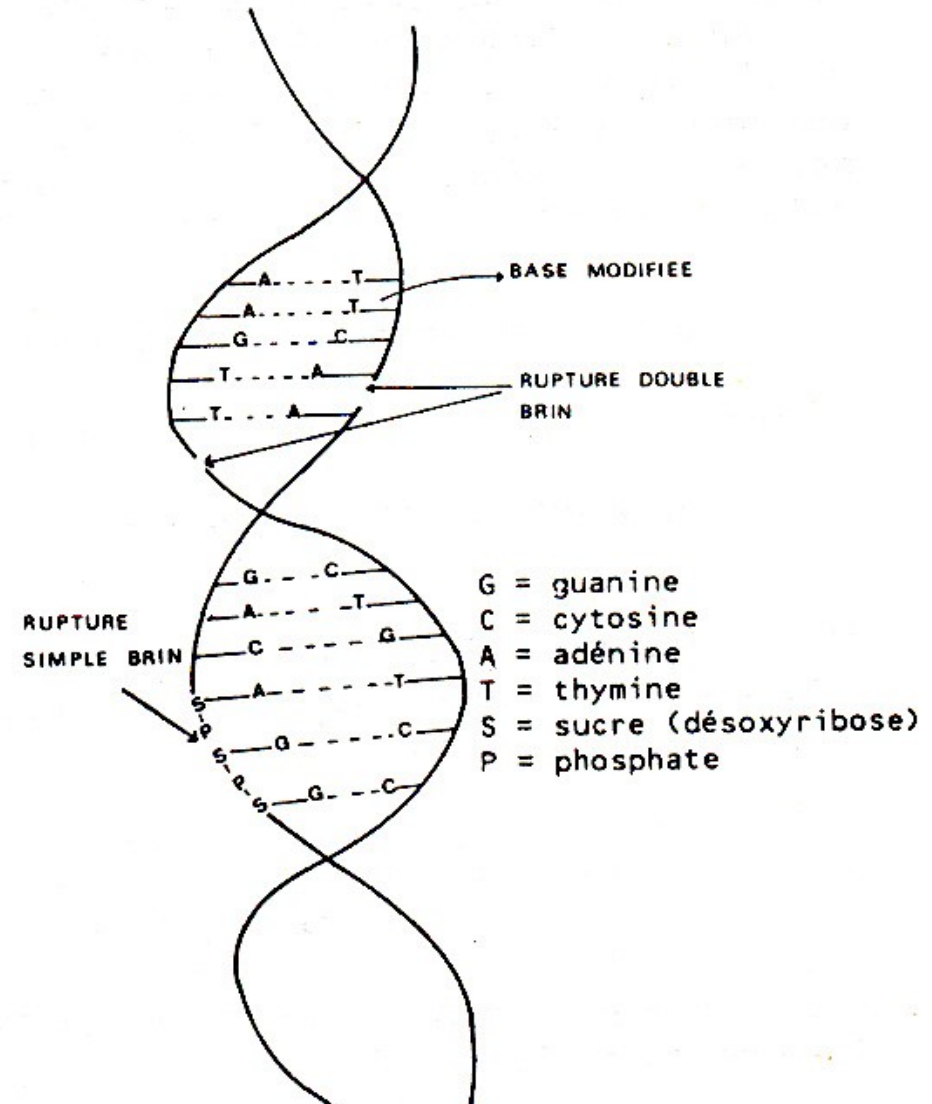


Lésions de l'ADN des cellules :

Elles sont à l'origine de la plupart des dysfonctionnements de la cellule

Les radiations ionisantes peuvent entraîner directement ou indirectement par l'agression des radicaux libres :

- des ruptures simples ou doubles brins ;
- des altérations des bases ;
- des altérations des sucres ;
- des modifications de la structure de la molécule d'ADN.



Effets cellulaires :

Mort cellulaire :

- Pour de très fortes irradiations ($>10 \text{ Gy}$), mort cellulaire immédiate dans les heures qui suivent la radioexposition.
- Pour des irradiations plus faibles ($<2-3 \text{ Gy}$), mort cellulaire différée jusqu'à la mitose et l'enclenchement de l'apoptose (effet recherché en radiothérapie)

Si l'irradiation n'entraîne pas la mort cellulaire, des **altérations des fonctions cellulaires** peuvent néanmoins apparaître :

- perméabilité cellulaire modifiée ;
- réduction de la mobilité cellulaire ;
- réduction de la synthèse de l'ARN et des protéines ;
- retard ou suppression de la mitose (responsable des syndromes hématopoïétiques et gastro-intestinaux liés à l'exposition du corps entier) ;
- retard de la croissance cellulaire.

Par ailleurs une irradiation peut générer une **mutation génétique** qui peut être transmise si le nouveau gène est dominant -> **peut donner lieu à l'apparition de cancers** . Cette **possibilités augmente avec la dose reçue** .

Dosimétrie : Radioexposition globale

Dose absorbée D : énergie par unité de masse déposée dans la matière (ici un tissu biologique) par les rayonnements qui la traversent :

$$D = \Delta E / m \quad \text{en J/kg ou Gy (Gray)}$$

Équivalent biologique de dose absorbée H : les effets biologiques des rayonnements diffèrent selon la nature et l'énergie des rayonnements . Pour en tenir compte, on introduit le facteur de qualité Q_R qui dépend de la nature et de l'énergie des rayonnements.

$$H = D \cdot Q_R \quad \text{en Sievert (Sv)}$$

$Q_R = 1$ pour les rayons X et γ ainsi que les rayons β .

$Q_R \approx 20$ pour des α de 5 MeV .

$Q_R \approx 10$ pour des neutrons de 10 MeV .

Radioexposition locale ou tissulaire (norme ICRP 60)

Pour un tissu T et un rayonnement R donnés :

Dose absorbée : D_{TR} en Gy par le tissu ou l'organe T soumis au rayonnement R .

Dose équivalente biologique : $H_{TR} = W_R \cdot D_{TR}$ en Sv.

où : W_R est le facteur de pondération du rayonnement R .

Attention l'ordre des mots compte ! La dose équivalente n'a pas la même définition que l'équivalent de dose !

$H_T = \sum_R W_R \cdot D_{TR}$ est la dose équivalente totale biologique reçue par le tissu ou l'organe T soumis aux différents rayonnements R .

Pour calculer la dose efficace E reçue par un organisme constitué de nombreux organes :

$E = \sum_T W_T \cdot H_T = \sum_R \sum_T W_R \cdot W_T \cdot D_{TR}$ où : W_T est le facteur de pondération tissulaire du tissu T .

$\sum_T W_T = 1$ de sorte que si $H_T = 1$ Sv partout dans le corps, $E = 1$ Sv également.

Facteur de pondération tissulaire pour les différents organes du corps humain.

Tissu ou organe	Facteur de pondération tissulaire Q_T
Gonades	0,20
Moelle rouge	0,12
Colon	0,12
Poumons	0,12
Estomac	0,12
Vessie	0,05
Seins	0,05
Foie	0,05
Œsophage	0,05
Thyroïde	0,05
Peau	0,01
Surface des os	0,01
Autres	0,05

ici $Q_T = W_T$

Attention, ce sont les recommandations de IRCP 60 qui ont changé dans IRCP 103.

Gonades : 0,08
Autres : 0,12
Sein : 0,12

Taux de survie d'une population de cellules humaines d'un même type irradiées

$S = N(D) / N_0$ est la fraction de cellules survivantes à une dose D .

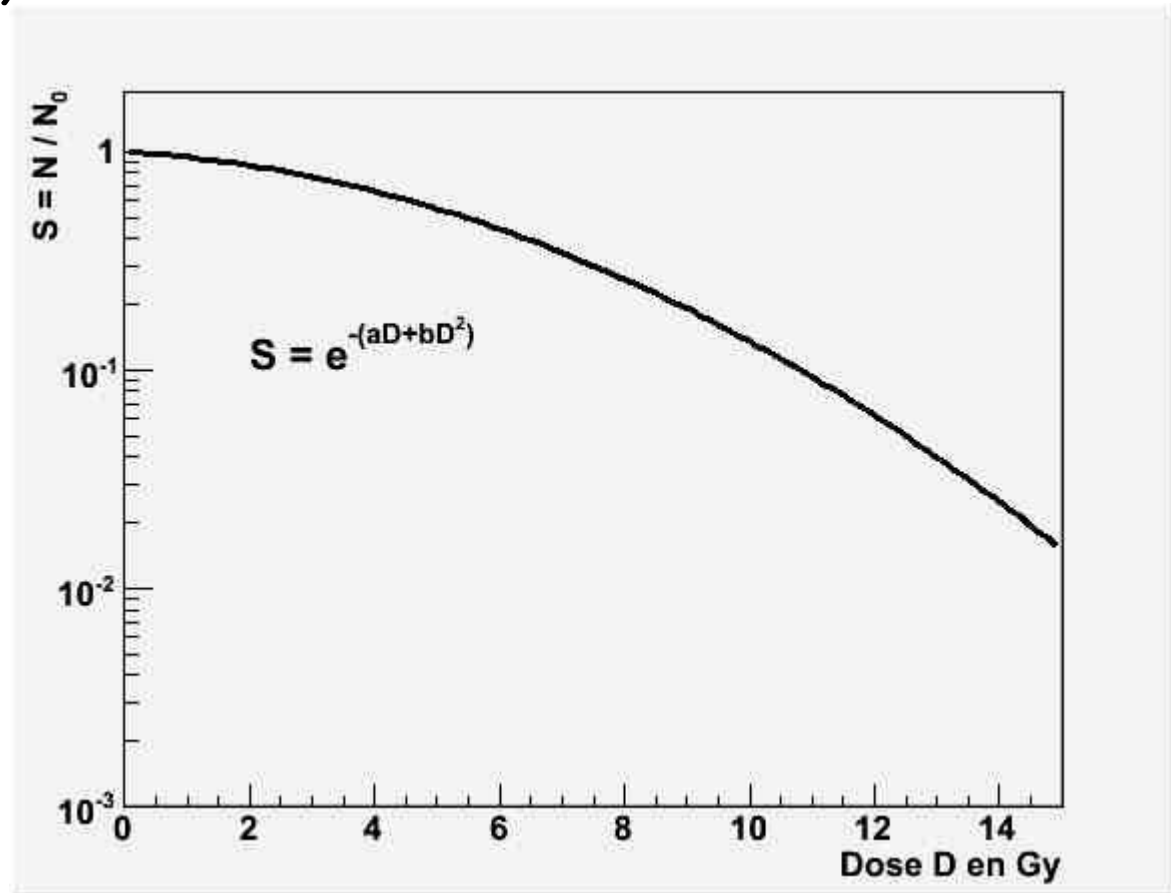
$$N_0 = N(D=0)$$

S suit une loi exponentielle du type :

$$S = e^{-(aD + bD^2)}$$

où D est la dose en Gy

a et b sont des constantes



Débit de dose : dose absorbée par unité de temps (Gy / s)

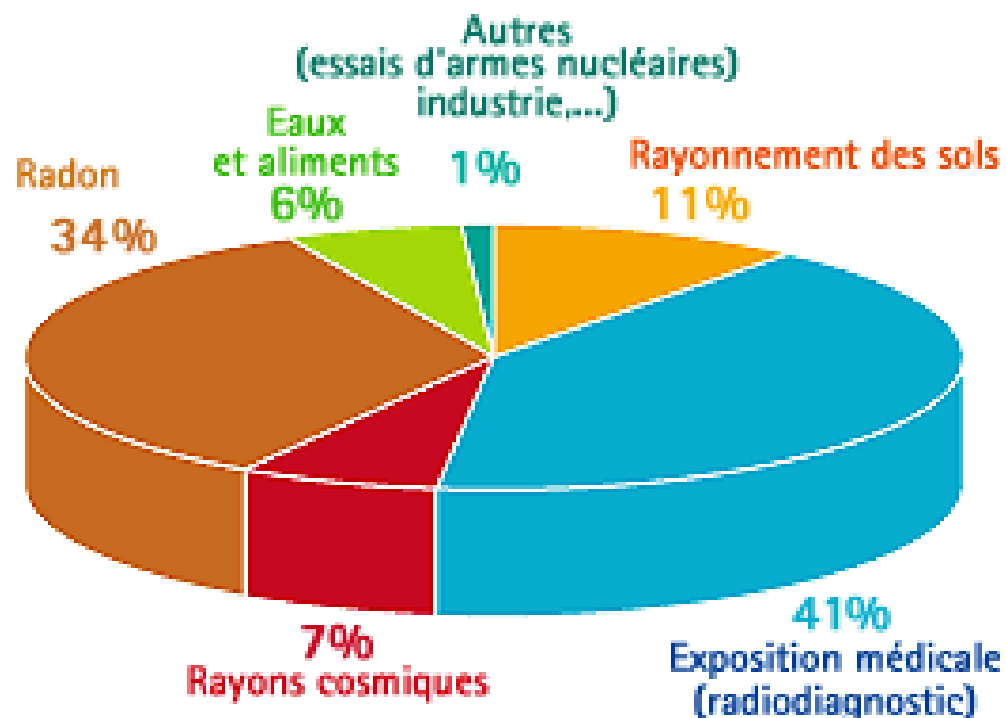
$$\dot{D} = \frac{D}{\Delta t}$$

Débit d'équivalent de dose : équivalent de dose absorbée par unité de temps
(Sv / s)

$$\dot{H} = \frac{H}{\Delta t}$$

Pour une même dose absorbée, un fort débit de dose aggrave les effets biologiques d'une radioexposition .

L'équivalent de dose reçue annuellement par le public est en moyenne de 4 mSv (~ 50% naturelle , ~ 50% artificielle) au niveau de la mer .



Données IRSN

Pour le public, les normes de radioprotection actuelles imposent que la contribution totale de toutes les autres sources ne doit pas dépasser un quart de cette irradiation annuelle moyenne, c-à-d 1 mSv pour un total restant inférieur à 5 mSv .

Il est important de garder à l'esprit que les effets biologiques induits par les rayonnements ne sont pas des quantités physiques précisément mesurables !

Les concepts d'équivalent de dose ou de dose équivalente ne sont donc pas des quantités aussi reproductibles que la dose absorbée. Ils permettent d'établir des règles et des guides généraux de protection vis-à-vis des rayonnements. Mais ils ne doivent en aucun cas être considérés comme des absolus.

Pour d'autres organismes vivants, les facteurs de pondération peuvent être notablement différents, ex : insectes $W_R \approx 0.2 - 0.001$, ce qui traduit une résistance accrue des insectes aux rayonnements en général.

Effets d'une radioexposition aiguë sur un adulte sain :

< 1 Gy , aucun signe clinique chez la plupart des individus

1-2 Gy , nausée , vomissement 3 à 6h après l'exposition

4-5 Gy - Dose qui entraîne une létalité de 50% sur une population du même âge

> 10 Gy Coma et mort en 14-36 h

Pour en savoir plus :

-site web : www.laradioactivite.com

-radiobiologie & radioprotection appliquées :
R. Granier & D.J. Gambini - EM inter

-La Naissance de la vie, Marie-Christine Maurel , UniverSciences