LES TRANSFORMATIONS RADIOACTIVES

*COUCOU LES **πONE** !*

Alors aujourd'hui on s'attaque à un cours plutôt chill qui va bien poser les bases pour deux autres de mes futurs cours (j'ai hâte).
Il est très important car il vous permet d'avoir une structures du cours en général et vous permettra de ne pas être perdu(e) quand on rentrera dans les autres cours

😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈😈

Aujourd'hui on va parler des TRANSFORMATIONS RADIOACTIVES (le titre est pas assez gros je vous le remet) et on va faire le premier type de transformation : la transformation alpha (#lemâlealpha) (les autres ce sera plus tard pas de SPOILE !!!)

Toujours pareil le sommaire c'est comme vous voulez
Je remets encore les barres rouges pour savoir ce qui peut tomber à l'EB1

Croyez en vousss !!

Allez c'est parti !!! 😋😄😊😍

Le tutorat est un service GRATUIT (et super méga génial). Toute vente ou reproduction est interdite

SOMMAIRE :

I. **GENERALITES**
   - A. Introduction
   - B. Historique
   - C. Classification
   - D. Evolution de la masse
   - E. Lois de conservation

II. **RADIOACTIVITE ALPHA**
   - A. Réaction de désintégration
   - B. Bilan Masse – Energie
   - C. Spectre énergétique
   - D. Parcours dans la matière
   - E. Applications biomédicales

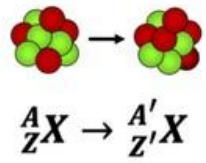
Le tutorat est un service GRATUIT (et super méga génial). Toute vente ou reproduction est interdite

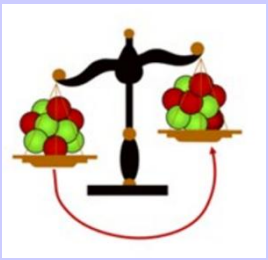
I - GÉNÉRALITÉS

A) INTRODUCTION

DÉFINITION :

Une transformation radioactive est une mutation, une désintégration spontanée d'un noyau atomique.





Contrairement à une réaction chimique qui a lieu au niveau du cortège électronique, la réaction nucléaire entraine **une modification du noyau de l'atome**.
Cette modification de la structure amène à **une modification de la nature chimique** de l'élément puisque le nombre de charge Z a été modifié.
Un noyau père se transforme en un noyau fils de moindre masse.++

Lors de cette transformation, il y a : ++++++

- **Une perte de masse**
- **Un gain d'énergie de liaison E_L**
- **Une libération d'énergie** sous forme soit **d'une particule**, soit **d'un photon** :
  → c'est la **radioactivité** !

La transformation radioactive irréversible s'écrit en général :

$$X \rightarrow Y + \text{particule(s)} + \text{photon}$$

Le **noyau X**, noyau père, est **systématiquement radioactif** (sa radioactivité conditionne la transformation, cela signifie que c'est cette instabilité qui la rend possible) et se transforme en **noyau Y,** le noyau fils, qui peut être soit radioactif (et il subira à son tour une transformation radioactive), soit stable. De nombreuses particules peuvent être émises : n, e^-, e^+ , α. (neutrons, électrons, positons, particule alpha)
L'émission d'un photon est inconstante en fonction du type de transformation.

Le tutorat est un service GRATUIT (et super méga génial). Toute vente ou reproduction est interdite

Cette réaction :

- Provoque un changement **de nature** (variation du nombre de **protons** et/ou de **neutrons**) **et/ou du niveau d'énergie du noyau**, il s'agit d'un processus nucléaire
- Concerne **UNIQUEMENT les noyaux INSTABLES** (rappel : noyau père **obligatoirement** radioactif)
- Est un phénomène probabiliste : la probabilité pour qu'un noyau se transforme pendant un temps dt dépend de **la constante radioactive λ** (qui est **INDEPENDANTE** des conditions physico-chimiques de l'environnement et de l'âge de l'atome +++++)
- Est **naturelle** ou **artificielle**

La radioactivité est présente sur Terre au travers de noyaux naturels : **274 stables** et **51 radioactifs** (=instables, ces-derniers ont une demi-vie au moins égale à l'âge de la Terre, ils sont d'origine magmatique solaire où se créer un phénomène de fusion nucléaire) ; et de nombreux **noyaux radioactifs artificiels** : plus de **2500** possibles.

La radioactivité naturelle est omniprésente :

- Les rayonnements cosmiques
- La radioactivité tellurique : Uranium, Thorium, Potassium
- **Le radon-222** ($T_{1/2}$ = 3,8 j) : gaz naturel radioactif
- Les **eaux** et les **aliments**

	Bq/kg
Eau douce	0,1
Eau de mer	12
Corps humain*	130

Avec 1 Bq =
1 désintégration/seconde
* 9000Bq pour 70kg

B) HISTORIQUE

Après la découverte des Rayons X par Röntgen :

- **1896** : **Henri Poincaré** et **Henri Becquerel** cherchent un lien entre la fluorescence des minerais et celle des **rayons X**. **Becquerel**, **Pierre et Marie Curie** obtiendront un prix Nobel de physique en **1903**.
  Expérience : Les sels d'Uranium exposés au soleil émettent des fluorescences qui imprègnent les plaques photosensibles, comme les **rayons X**. Cependant, à l'inverse de ces-derniers, ils imprègnent les plaques même sans aucune exposition lumineuse.
  Conclusion : l'**Uranium** émet son propre rayonnement non lié à une excitation lumineuse, donc différent des **rayons X** : « les rayons U » (Uraniques)
- **1898** : **Pierre et Marie Curie** observent ce même phénomène avec le Radium et le Polonium : ils le nomment la « **radioactivité** » et obtiennent un prix Nobel de chimie en 1911.

Le tutorat est un service GRATUIT (et super méga génial). Toute vente ou reproduction est interdite

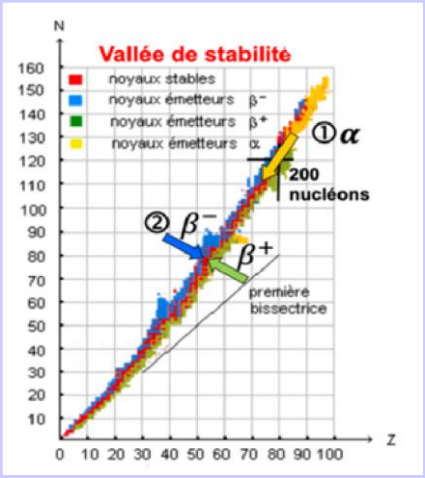
- **1900** : **Rutherford et Villard** isolent 3 types différents de rayonnements issus de l'Uranium et du Radium : α, β et γ.

- **1934** : **Frederic Joliot** et **Irène Joliot-Curie** découvrent la **radioactivité artificielle** et obtiennent un prix Nobel de chimie en **1935**.

- **1940** : premières applications médicales de la radioactivité : le **Phosphore** ^{32}**P** (pour traiter les leucémies, aujourd'hui abandonné) et l'**iode** ^{131}**I** (en traitement contre le cancer de la thyroïde, toujours utilisé).

- **1960** : création des premiers services hospitaliers de médecine nucléaire avec notamment l'utilisation d'éléments radioactifs pour le traitement ou l'imagerie.

C) CLASSIFICATION



Les noyaux radioactifs **instables** vont se transformer en noyaux **stables**.
Selon le noyau d'origine on distingue :

- La **radioactivité α** avec la partition d'un noyau lourd (**A > 200 nucléons**), sur le graphique : **1**

- **Les transformations isobariques** : transformation **neutron** ↔ **proton** ; si excès de neutrons, émission d'un **β^-**
et si excès de protons, + émission d'un **β^+**, sur le graphique : **2**

- **Les transformations isomériques** : **modification de l'énergie interne du noyau** par désexcitation (**sans modification de la nature +++**)

Cette classification c'est une vue globale de ce cours et des prochains cours (aka transformation isobariques et isomériques)
Petit mnémo : pour différencier isoBarique et isoMérique
→ « Iso » signifie égal en grec donc lors de transfo isomérique l'élément chimique reste le même
→ Dans isoBarique il y a un « B » comme les particules **β**

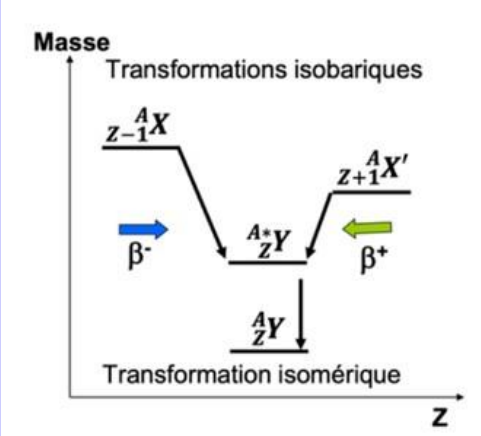






Le tutorat est un service GRATUIT (et super méga génial). Toute vente ou reproduction est interdite

D) ÉVOLUTION DE LA MASSE



Sur ce schéma de la transformation, on représente la masse des noyaux en fonction de leur nombre de proton Z.
Toutes les transformations ci-dessous amènent le nucléide **vers une masse inférieure** (les masses étant représentées par les segments horizontaux).

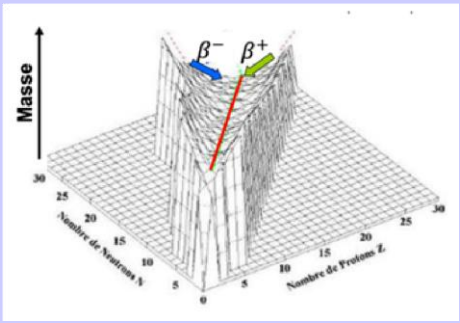
Dans un premier temps, **une transformation isobarique** (2 cas de figure possibles) :

- Le noyau père $^{A}_{Z-1}X$ a **un excès de neutron** et on va alors observer **une émission β⁻** qui le transformera en noyau fils excité : $^{A*}_{Z}Y$ (il s'agit ici de la transformation d'un **neutron** en un **proton** avec changement d'élément puisque Z varie).

- Le noyau père $^{A}_{Z+1}X'$ a **un excès de proton** et on va alors observer **une émission β⁺** qui le transformera en noyau fils excité : $^{A*}_{Z}Y$ (il s'agit ici de la transformation **d'un proton** en **un neutron** avec changement d'élément puisque Z varie).

Petit mnémo : le proton est positif donc quand on a un excès de proton on a une émission de β⁺ (charge positive)

Dans un second temps, **une transformation isomérique** :



Ici, une troisième dimension est ajoutée sur la hauteur de la vallée de la stabilité : **la masse**.
A chaque transformation, les éléments vont se rapprocher du **fond de la vallée** qui correspond **aux éléments les plus légers et stables**. Cela créer **cette vallée de stabilité**

- Le noyau père $^{A*}_{Z}Y$ est en **excès d' énergie interne**, on observera alors **une émission γ** ou **une conversion interne** le transformant en noyau fils stable $^{A}_{Z}Y$ (ici l'élément chimique reste le même puisque le nombre de protons et de neutrons ne varie pas)

Au final, on a TOUJOURS une évolution vers : +++

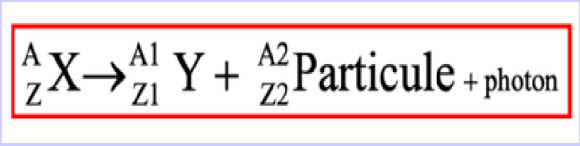
- **Une masse minimale**
- **Une énergie de liaison E_L maximale**
- **Une stabilité maximale des nucléons entre eux**
- **Une libération d'énergie sous forme de rayonnement radioactif**

Le tutorat est un service GRATUIT (et super méga génial). Toute vente ou reproduction est interdite

E) LOIS DE CONSERVATION

Les transformations nucléaires répondent à des lois de conservation toujours appliquées :

1- **Conservation du nombre de masse A** et **du nombre de charge Z** (a lieu entre le système initial et final donc avant et après la transformation :
A=A1+A2 et Z=Z1+Z2 sur la transformation ci-contre)

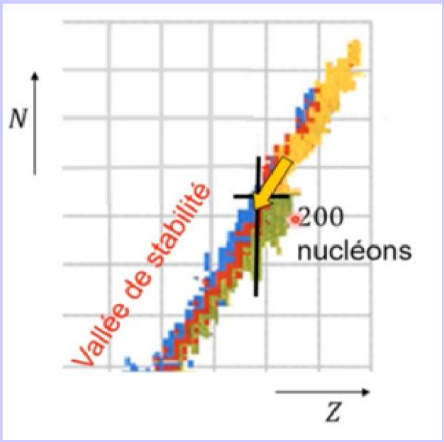


2- **Conservation de l'énergie totale** (cinétique, potentielle et rayonnante)
3- **Conservation de la quantité de mouvement**
4- **La masse totale NE SE CONSERVE PAS** : la masse du père n'est pas égale à la masse du fils et des particules cumulées

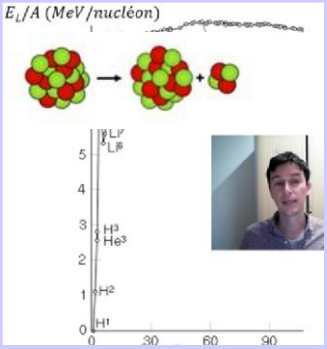
ATTENTION : le nombre de masse A se conserve mais la masse totale, elle, varie !! ++++++

II – LA RADIOACTIVITÉ ALPHA :

La radioactivité alpha concerne **les noyaux lourds** (**A > 200**). Ils sont **instables** car, possédant beaucoup de nucléons, leur E_L/A (énergie de liaison par nucléon) est diminuée.
En parallèle, le noyau est lourd et possède alors beaucoup de protons, les forces coulombiennes répulsives entre leurs charges positives sont donc très importantes.
Les atomes « pères » sont présents dans la nature avec une longue demi-vie. Leur but est perdre des protons et de des neutrons grâce à des émissions alpha afin d'être plus léger et d'atteindre la vallée de la stabilité. On peut observer des émissions successives de particules α par paliers jusqu'à l'obtention d'un élément stable et léger
(ex : Uranium 238 -> Plomb 206, (stable)).



La radioactivité alpha correspond à l'émission d'une particule α, noyau à 4 nucléons (A = 4 et Z = 2), qui est aussi l'atome **d'Hélium** $^{4}_{2}He$
Cette même particule peut donc s'écrire de différentes manières :
$^{4}_{2}He$, He^{++}, **α** ou encore **α⁺⁺** (en gros la particule alpha c'est comme un atome d'hélium mais avec 2 électrons en moins d'où le « ++ »)



Le noyau **d'Hélium** est un noyau particulièrement stable avec une énergie de liaison par nucléons assez élevée à **7 MeV/A** (il se situe entre **³H**, juste avant avec une E_L<3 et **⁶Li** juste après avec une E_L < 5,5) puisque l'Hélium est **doublement magique** (**2 protons** et **2 neutrons**). Il s'agit du seul noyau complexe pouvant être émis spontanément.

Le tutorat est un service GRATUIT (et super méga génial). Toute vente ou reproduction est interdite

A) RÉACTION DE DÉSINTÉGRATION

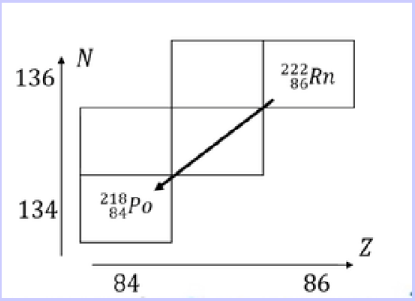
Le **noyau père X** se transforme en **noyau fils Y** à **A-4 et Z-2** avec l'émission de **la particule α**. On retrouve bien les lois de conservation nécessaires :

- **Conservation du nombre de masse A** (A=A-4+4)
- **Conservation du nombre de charge Z** (Z=Z-2+2)

$$^{A}_{Z}X \rightarrow ^{A-4}_{Z-2}Y + ^{4}_{2}\alpha$$

Lorsque le nombre de charge Z varie, un nouvel élément chimique est créé.

Exemple : Radon -> Polonium $^{222}_{86}Rn \rightarrow ^{218}_{84}Po + ^{4}_{2}\alpha$



B) BILAN MASSE-ÉNERGIE

L'énergie disponible (Ed) est proportionnelle à la perte de masse du noyau **ΔM** au cours de la transformation. Elle correspond à la différence des masses nucléaires entre **l'état initial** (masse du père) et **final** (masse du fils + masse de la particule) de la transformation. Une certaine énergie proportionnelle à la perte de masse du noyau sera donc disponible « **en trop** » et sera expulsée sous forme de **particule α.**

$$\Delta M = \underbrace{\mathcal{M}(A,Z) - Zm_e}_{\text{noyau d'origine}} - [\underbrace{\mathcal{M}(A-4,Z-2) - (Z-2)me}_{\text{noyau fils}} + \underbrace{\mathcal{M}(4,2) - 2me}_{\alpha}]$$

$$\Delta M = \mathcal{M}(A,Z) - \cancel{Zm_e} - \mathcal{M}(A-4,Z-2) + \cancel{(Z-2)m_e} - \mathcal{M}(4,2) + \cancel{2me}]$$

$$\boxed{\Delta M = \mathcal{M}(A,Z) - \mathcal{M}(A-4,Z-2) - \mathcal{M}(4,2)}$$

ATTENTION : Souvent, seule la différence de masse des atomes sera donnée, c'est le cas ici.
Il faut donc soustraire les électrons correspondants afin de retrouver sa masse nucléaire
(RAPPEL : sur un atome (stable), il y a autant de protons que d'électrons)

Après simplification, on se rend compte que **la différence de masse des noyaux est égale à la masse de l'atome père moins la masse de l'atome fils moins la masse de l'atome d'Hélium +++**

Après avoir trouvé la perte de masse du noyau, on peut calculer l'énergie rendue disponible grâce à **la loi d'équivalence masse-énergie** (**$E=m.c^2$**) lors de la transformation :

$$Ed = \Delta M \times 931,5$$

MeV ← Ed = ΔM x 931,5 → **U** (unité de masse atomique)

Le tutorat est un service GRATUIT (et super méga génial). Toute vente ou reproduction est interdite

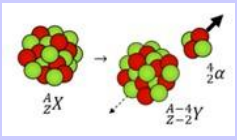
Exemple : $^{222}_{86}Rn \rightarrow {}^{218}_{84}Po + {}^{4}_{2}\alpha$

$\mathcal{M}(222,86) = 222,0176;\ \mathcal{M}(218,84) = 218,009;\ \mathcal{M}(4,2) = 4,0026$

$\Delta M = 222,0176 - 218,009 - 4,0026 = 6.10^{-3}\ u$ Energie disponible: $E_d = 6.10^{-3} \times 931,5 = 5,6\ MeV$

*Souvent dans les QCM vous pourrez faire **x 1000** au lieu de **x 931,5***
(mais attention si les valeurs des items sont trop proches, cette techniques ne sera pas valable)

C) SPECTRE ÉNERGÉTIQUE

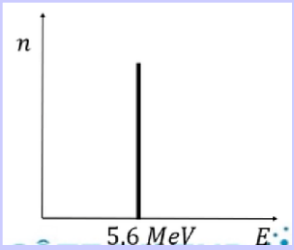


L'énergie de la transformation (Ed) est libérée exclusivement sous forme d'énergie cinétique qui se partage entre **le noyau fils** (E_C de recul, négligeable en pratique) et **la particule α**.

Puisqu'il y a conservation de la quantité de mouvement (p=Mv) *(je vous le rappelle, c'est une des composantes des lois de conservation)*, on considère que **la particule α** (masse faible donc vitesse élevée) emporte la quasi-totalité (la totalité dans nos calculs) de l'énergie cinétique par rapport au noyau fils (masse élevée donc vitesse faible).

$$E_\alpha = \frac{M(Y)}{M(Y) + M(\alpha)} E_d \cong E_d$$

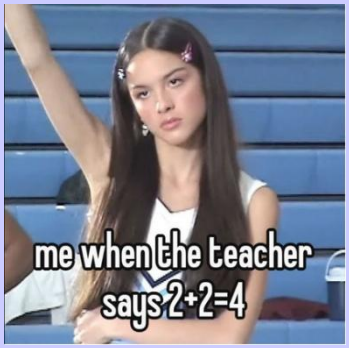
La particule α possède une énergie représentée sous forme **d'un spectre de raies**. Une seule valeur quantifiée correspond à l' énergie cinétique de **la particule α** (**comprise entre 4 et 10 MeV**).



Exemple : Radon → Polonium $^{222}_{86}Rn \rightarrow {}^{218}_{84}Po + {}^{4}_{2}\alpha$

Energie disponible: $E_d = 6.10^{-3} \times 931,5 = 5,6\ MeV$

VOUS êtes les plus forts que du loveee



Le tutorat est un service GRATUIT (et super méga génial). Toute vente ou reproduction est interdite

D) PARCOURS DANS LA MATIÈRE

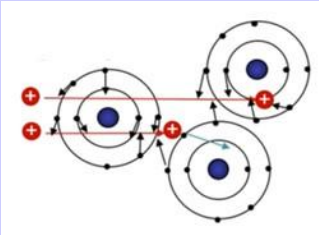


#biophykak

La particule α est lourde (A=4) (juste avant on disait qu'elle était légère puisque cela dépend avec quel élément elle est comparée) et chargée (Z=2). On considère la vitesse de cette particule comme faible, mais cela est non relativiste puisqu'on la compare à la vitesse de la lumière. (300 000 km/s)

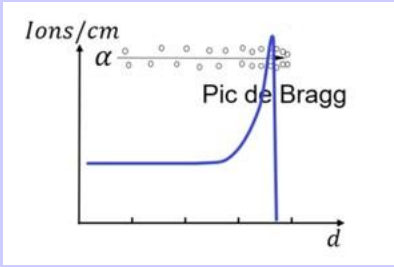
Pour illustrer : Si une particule α a une énergie cinétique de 4 MeV, grâce à la formule ci-dessus on en déduit sa vitesse de 13 900 km/s. C'est énorme, mais cela ne correspond qu'à 5 % de la vitesse de la lumière, ce qui est minime.

Exemple: $4\ MeV$; $Ec = ½mv^2$; $v = 13\ 900\ km.s^{-1}$ $(v/c = 5\%)$



Cette **particule α** va avoir des interactions dans la matière sous forme **d'ionisations** (arrache des e- au cortège électronique des atomes). Elle possède une trajectoire rectiligne, liée à la masse importante de la particule peu déviée par ces ionisations.

La courbe de Bragg correspond au nombre d'ionisations provoquées par **la particule α** (Ions/cm sur le graphique) en fonction de la profondeur de pénétration dans la matière (d).
En début de parcours, les ionisations sont constantes et modérées puis, **en fin de parcours**, il y a une **très nette augmentation** du nombre d'ionisations et du dépôt d'énergie.

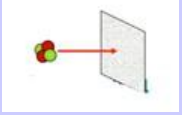


Cette courbe, caractéristique des particules chargées et lourdes dans la matière, est liée au pouvoir d'arrêt (=perte d'énergie cinétique de la particule en fonction de la distance) de **la particule α** :

$$S(T) = -\frac{dT}{dx} = k\frac{Z^2}{v^2}$$

Le pouvoir d'arrêt augmente nettement en fin de parcours lorsque la vitesse diminue.
La particule α a un trajet assez court (**1cm dans l'air** et **10µm dans les tissus**) mais possède un effet biologique très important (**ionisations ++**) notamment au niveau du **pic de Bragg**, donc juste avant l'arrêt définitif de **la particule α**.

Elles sont arrêtées facilement par la matière : par **une fine feuille de papier** ++



Le tutorat est un service GRATUIT (et super méga génial). Toute vente ou reproduction est interdite

E) APPLICATION BIOMÉDICALES



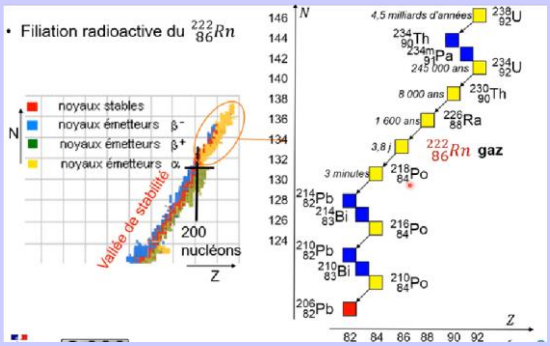


Il existe des applications en radio protection :

- **L'irradiation par une source EXTERNE** n'est en aucun cas dangereuse puisque la couche cornée (cellules mortes) **absorbe les particules α**.

- **L'irradiation par une source INTERNE** (inhalation ou absorption) aura des effets radiobiologiques importants puisque le nucléide est en contact direct avec les cellules.

Exemple : Le Radon-222 est un émetteur alpha naturel gazeux. Il est le seul descendant gazeux de l'Uranium-238, présent dans les régions granitiques, qui donnera le Radon-222 qui s'échappera des failles granitiques. Il s'infiltrera alors dans les maisons puis, lorsqu'il sera inhalé par l'habitant il se retrouvera directement au contact de l'épithélium pulmonaire avec de nombreux effets sur la santé.

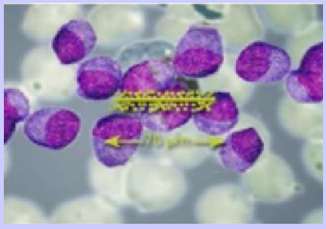


Comme on le voit sur le schéma, une fois inhalé le Radon-222 va subir plusieurs désintégrations avec l'émission de plusieurs particules α qui dégraderont l'épithélium.

Il existe aussi des applications en thérapeutique :



Cette utilisation est nommée **la radiothérapie métabolique**. Ce qui est intéressant avec ces particules est leur fort effet ionisant à courte distance. Il est alors plus facile de **cibler les cellules cancéreuses** (**trajet des particules α = 10 à 20 µm**, ce qui correspond à 1 à 2 cellules) sans toucher les cellules saines.



Le tutorat est un service GRATUIT (et super méga génial). Toute vente ou reproduction est interdite

FINITO PIPOOOOOO



/DEDISSSSS/

Dédi à Elora et ses talents sur word ○(^ 皿 ^)っ Hehehe...

Dédi à océane et ses magnifiques images sur son diapo (on se sait pour la ref) #chewbacca

Dédi à Kelliah qui met des sourires sur le visage des gens

Dédi à Olivia bien sûr (au Lolapallozza 2025)

Dédi à Léna (LenADN) → Swiftieee

Dédi à Axel (le tea des mascottes ...) → il a le plus beau des chapeaux btw

Dédi à mes fillots (Corina,Bianca,Eva,Gabriel et Justine)
→ Vous allez deadddd





Dédis à mes fillots officieux (Fleur,Manon et Calie)
→ Teammm Biofillote

Dédi à Paul ofc mon co-parrain

Dédis à la photo de Schaima et Celia en TP où elles ont renversées le bleu de méthylène (elles étaient trop gênées mdrrr)

Anti-dédi à Hugo qui a fait une anti-dédi à Taylor Swift (Taytay pour les intimes)

Dédi à Cosmina la reine (livies, swiftie ....)

« 2 x 2 = 4 non mais c'est 2 + 2 = 4 » (j'espère vous avez la ref)

Dédi à Sue me de Audrey Aubert



Dédi à Océane #leridiculenetuepas (que du love 😊)

Dédi à Maryphilis qui me donne tout le temps des bonbons #gourmand

On était làà

Dédi à vous les LAS 2/3 vous avez tellement de courage de refaire une anéeee !!!!!
Je crois en VOUS !

Dédi à vous les P1 qui lisez pour la première fois ce cours !!

Dédi à tous ceux qui lisent cette fiche. Bravo d'être arrivé jusqu'au bout.
Ne culpabilisez pas ce n'est que le début . C'est déjà fort d'être là , de lire cette fiche et de ne pas jeter votre support par la fenêtre. Vous êtes tous des pains n'oubliez pas. Vous rendez forcement quelqu'un fière , même si vous ne le pensez pas , c'est sûr . (merci LanUgo pour ce petit mot)

Dormez bien c'est méga importantt ++++
Vous êtes les meilleurs 😊

On se retrouve soonnn

Bisousss

Le tutorat est un service GRATUIT (et super méga génial). Toute vente ou reproduction est interdite