



Collectif Citoyen de MIONS

Café des Sciences

L'énergie Nucléaire

INTERVENANTS :

Jean François VEDRINE

*Ex Responsable unité à la
centrale du BUGEY*

J. PHILLIPS

*Ex Responsable d'exploitation sur le
site du BUGEY*

Mercredi

08

Juin

2011

20h

Centre Culturel Jean Moulin MIONS
Salle de cinéma

ENTREE LIBRE

Photo: J. VEDRINE - 2011 - MIONS

LA MATIERE

La **matière** est la substance qui compose tout corps. Ses trois états les plus communs sont l'[état solide](#), l'[état liquide](#), l'[état gazeux](#). La matière occupe de l'[espace](#) et possède une [masse](#). Ainsi, en [physique](#), tout ce qui a une masse est de la matière.

On distingue :

- **Le corps pur simple**, constitué d'un seul type d'[atomes](#).

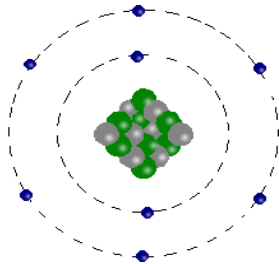
Il peut être de deux nature différentes:

- Un corps simple élémentaire, où les atomes ne sont pas organisés en [molécule](#).

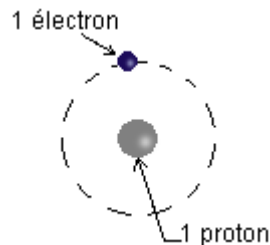
C'est le cas par exemple des [métaux](#) comme le [fer](#), le [cuivre](#), etc.

- Un corps simple moléculaire, où les atomes identiques sont organisés en [molécules](#).

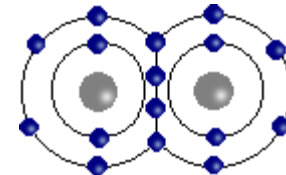
C'est le cas du [dioxygène](#) (O_2), de l'[ozone](#) (O_3), etc.



1 Atome d'Oxygène



1 Atome d'Hydrogène



Molécule d'Oxygène O_2

- **Le corps pur composé** : Substance constituée à partir d'[atomes](#) de natures différentes. Il peut être sous la forme d'une molécule, d'un sel. C'est le cas :

De l'eau H_2O , du Chlorure de sodium $NaCl$

Molécule et Atome

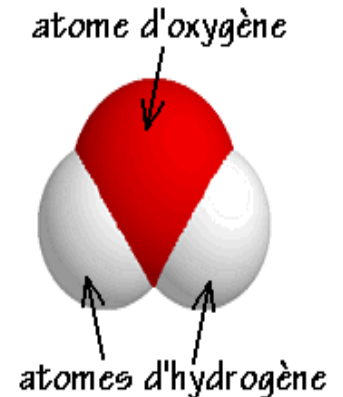
La matière n'est finalement qu'un assemblage d'atomes mais la façon dont ils s'assemblent est très différente suivant le corps considéré. Dans un morceau de fer, on a un empilement d'atomes de fer identiques mais dans l'eau les atomes sont associés entre eux par "paquets" identiques d'atomes. Un "paquet" est appelé molécule, dans le cas de l'eau chaque "paquet" contient 1 atome d'oxygène et 2 atomes d'hydrogène.

Une molécule est formée par un groupe d'atomes liés entre eux

La formule est formée par les symboles des atomes présents, le nombre de chaque atome présent est écrit en bas à droite du symbole (en indice). L'indice 1 ne s'écrit pas, on écrit juste le symbole de l'atome.

La formule de la molécule d'eau s'écrit : H_2O

2 atomes d'hydrogène 1 atome d'oxygène



Une goutte d'eau d'une masse de 10mg contient 30 000 milliards d'atomes d'Oxygène et 60 000 milliards d'atomes d'Hydrogène.

L' ATOME - ENERGIE NUCLEAIRE

Au quatrième siècle avant notre ère, le philosophe grec Démocrite a le premier l'intuition que la matière est constituée de "grains" de matière infimes, tellement petits que l'on ne pourrait pas les couper en deux, d'où leur nom de :

atomos qui signifie indivisible en grec.

Un atome contient un noyau situé en son centre et des électrons qui "tournent" autour du noyau.

Le noyau contient des nucléons, c'est à dire des protons et des neutrons.

Il y a exactement le même nombre d'électrons et de protons dans un atome, un atome est donc électriquement neutre

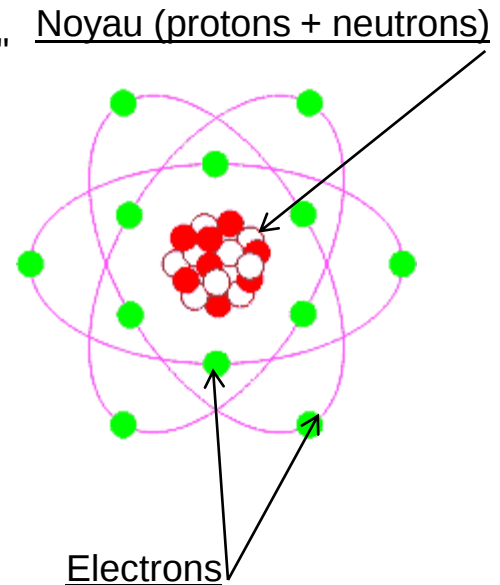
Représentation symbolique d'un élément



A = Nombre de masse (protons + neutrons)

X désignant le symbole chimique

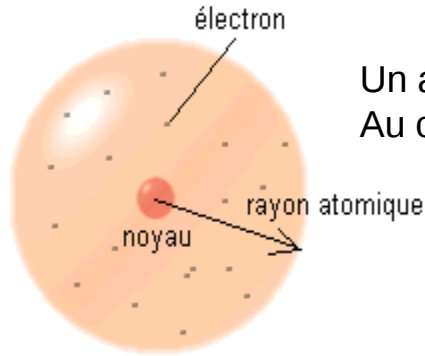
Z = Numéro Atomique = nombre de protons = nombre d'électrons



(A) 235 → (92 protons + 143 neutrons)

(Z) 92 **U** → (92 protons donc 92 électrons)

DIMENSIONS DE L'ATOME



Un atome peut être représenté par une sphère dont le rayon est de l'ordre de 10^{-10} m. Au centre de cette sphère, se trouve le noyau dont le rayon est de l'ordre de 10^{-15} m.

Le noyau est 100 000 fois plus petit que l'atome entier.

Pour mémoire rappel des unités :

Deci	Centi	Mili	Micro	Nano	Pico	Femto	Atto
10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}	10^{-18}

Si on assimile le noyau à une tête d'épingle de rayon **1 mm** l'électron va se trouver à une distance de **100 m**
Si le noyau était un ballon de foot de **20 cm** de diamètre, l'atome correspondant serait une sphère de **20 km** !
L'infiniment petit dans l'infiniment grand et du vide entre les deux.

Un atome est donc très petit. Il y a 11 milliards de milliards d'atomes dans un milligramme de fer

Pour en revenir à nos atomes, dans la nature il existe naturellement 104 types d'atomes qui se différencient par le nombre de protons et d'électrons. Cela va de l'hydrogène qui a juste un proton avec un électron qui tourne autour, au Kourchatovium qui possède 104 électrons et 104 protons.

L'URANIUM

Le nombre de neutrons dans un atome est variable, en général il est proche du nombre de protons. Deux atomes de même numéro atomique (nbre de protons) mais ayant un nombre de neutrons différents sont des **isotopes**:

Leurs propriétés **chimiques sont identiques** mais leurs propriétés **physiques sont différentes**

Par exemple : l'uranium **235** contient 92 protons et 143 neutrons ($235=92+143$)

l'uranium **238** contient 92 protons et 146 neutrons ($238=92+146$)



L'uranium est une ressource non renouvelable, pas toujours facilement exploitable dans des conditions économiques acceptables.

L'uranium a 17 isotopes, tous radioactifs, dont 3 seulement sont présents à l'état naturel : ^{238}U ; ^{235}U et ^{234}U . Dans une tonne d'uranium naturel pur nous avons 7,1 kg d'uranium 235 et 54 g d'uranium 234, le reste étant de l'uranium 238. (^{238}U : 99,28 % ; ^{235}U : 0,71 %)

pechblende (UO_2) ou minerais d'uranium

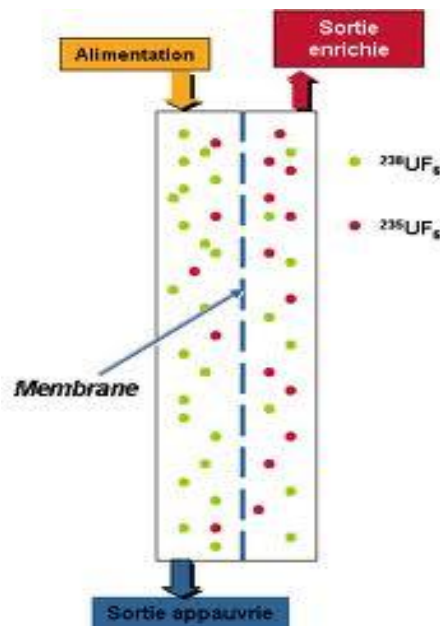
L'[uranium 235](#) est le seul [isotope fissile](#) naturel, ce qui permet l'exploitation de l'uranium dans les [réacteurs nucléaires](#) . Pour cela il faut disposer d'un uranium 238 qui contienne entre 3 et 5% de l'isotope 235. Les deux isotopes ^{235}U et ^{238}U ayant les mêmes propriétés chimiques.

L'**enrichissement de l'uranium** est le procédé consistant à augmenter la proportion d'[isotope fissile](#) dans l'[uranium](#). L'opération la plus commune est l'enrichissement de l'[uranium](#) naturel en son isotope 235. Par extension, l'enrichissement est aussi la teneur en matière fissile.

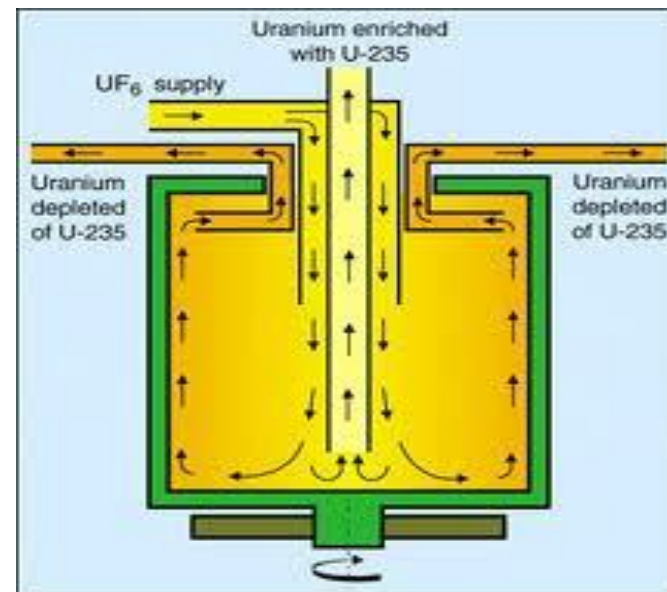
L'uranium naturel 238 contient 0,71 % d'uranium 235. Or pour provoquer une réaction de [fission nucléaire](#) dans les [réacteurs à eau pressurisée](#).

Les deux procédés industriels actuellement utilisés sur le plan mondial sont :

La diffusion gazeuse

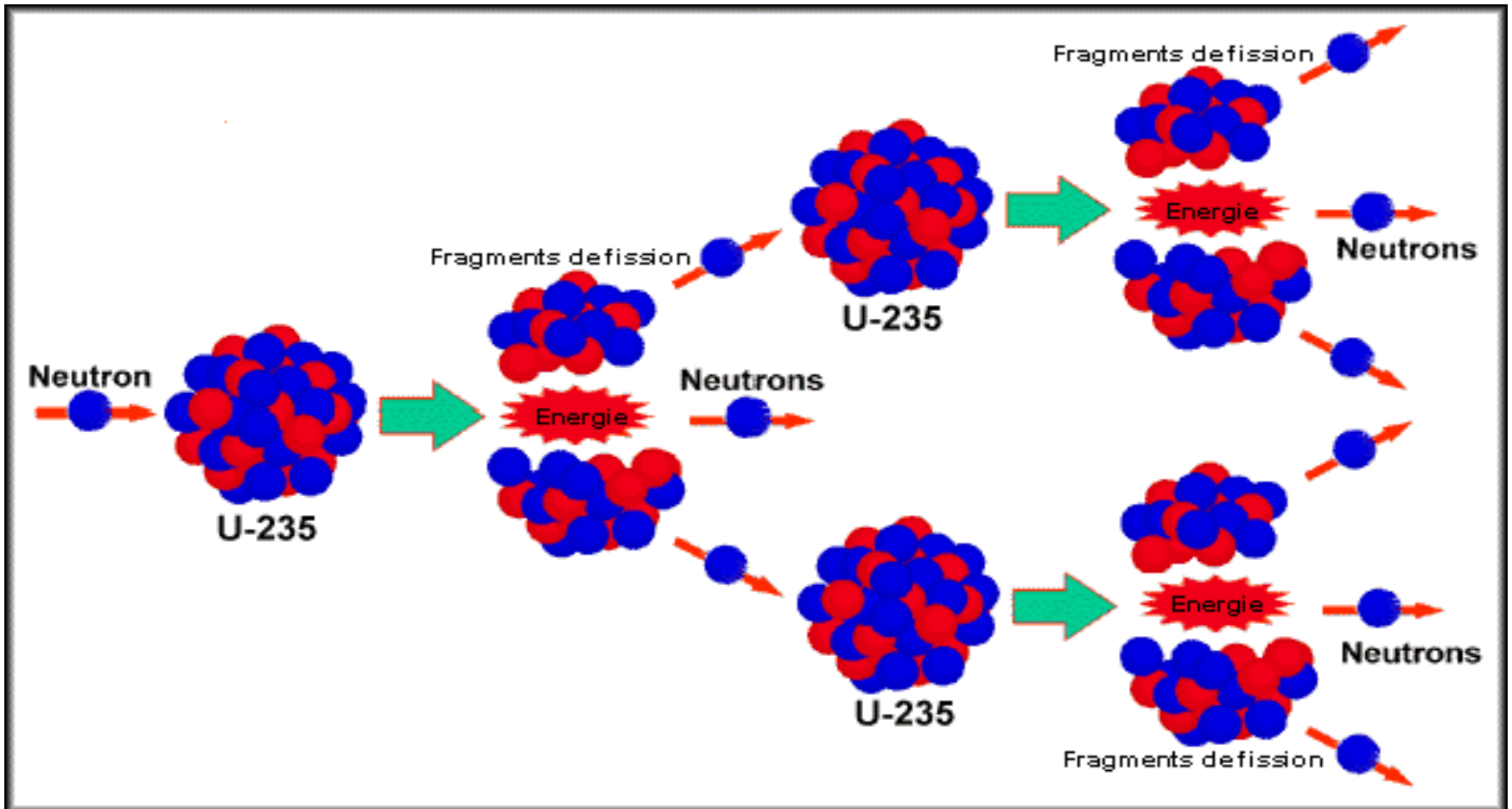


La centrifugation

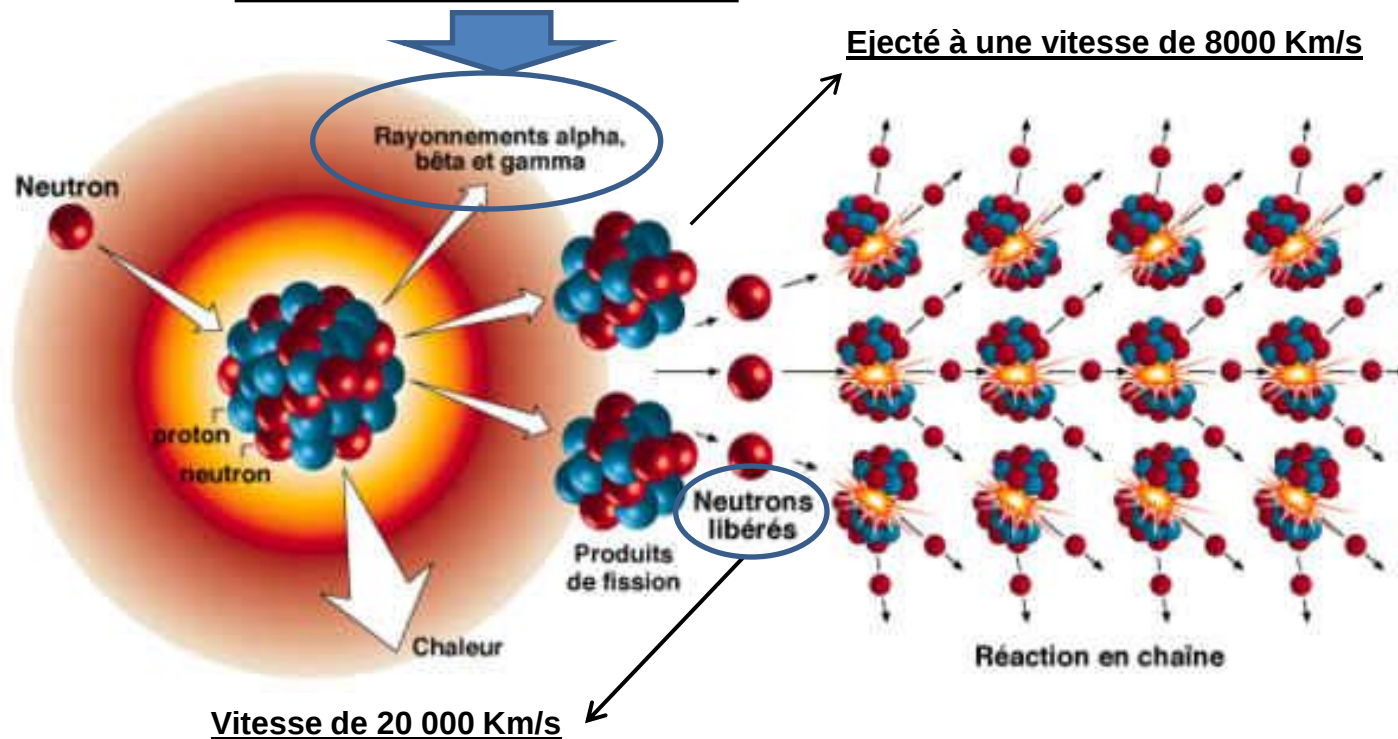


REACTION EN CHAINE – FISSION NUCLEAIRE

La **fission nucléaire** est le phénomène par lequel le [noyau d'un atome](#) lourd (tels les noyaux d'[uranium](#)) est divisé en plusieurs [nucléides](#) plus légers, généralement deux nucléides. Cette [réaction nucléaire](#) se traduit aussi par l'émission de neutrons et un dégagement d'énergie très important ≈ 200 MeV. Soit l'équivalent de 4.6 millions de thermies (2 MWj ou 5350 KWh)



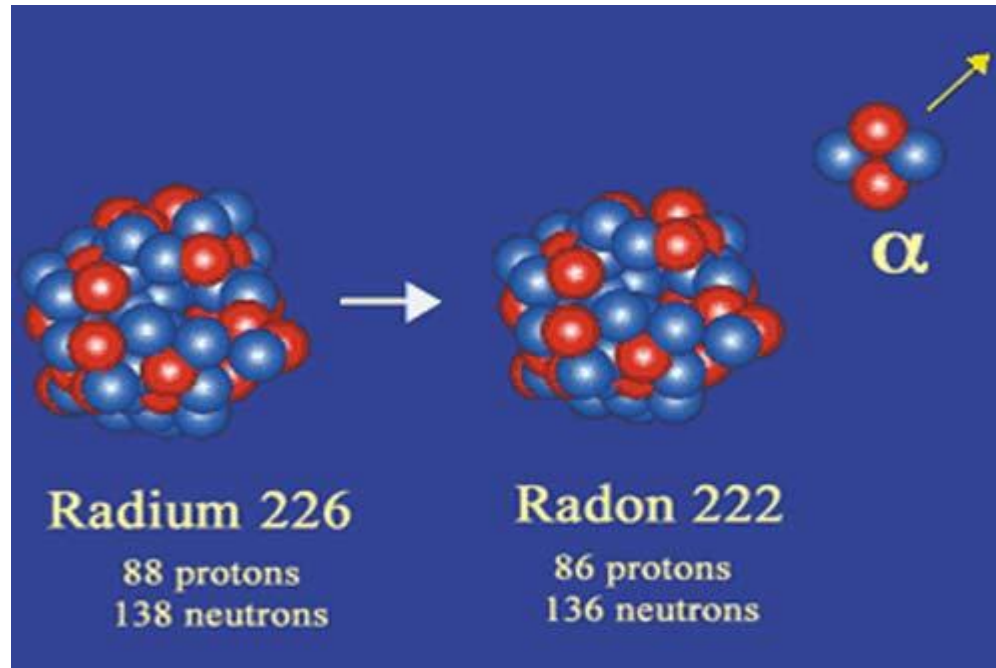
LA RADIOACTIVITE



Parmi les quelques 325 noyaux recensés (combinaison de protons et neutrons) 51 ont tendance à se modifier spontanément en éjectant une ou plusieurs particules. On dit qu'ils sont instables par opposition aux 274 noyaux stables qui eux ne subissent aucune transformation. On appelle ces émissions de particules la **«RADIOACTIVITE»**

L'activité d'une source radioactive se mesure en becquerels (Bq), unité correspondant au nombre de désintégrations par seconde. $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq

Radioactivité alpha (α)

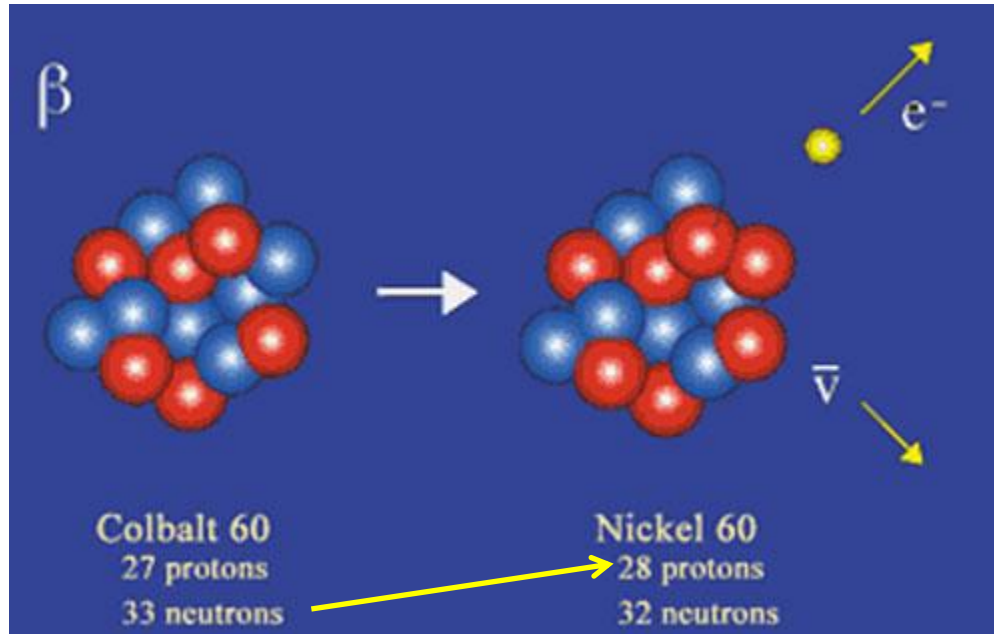


L'origine de la radioactivité alpha est une instabilité globale du noyau de l'atome qui se stabilise en éjectant ces deux protons et deux neutrons. C'est à dire un [noyau d'hélium](#). Ainsi le noyau, en perdant deux protons et deux neutrons, change de nature.

Par exemple, un atome de radium 226 (88 protons et 138 neutrons) devient, par radioactivité alpha, un atome de Radon 222 (86 protons et 136 neutrons).

La désintégration libère 4,6 millions d'électronvolts d'énergie.

Radioactivité bêta (β)



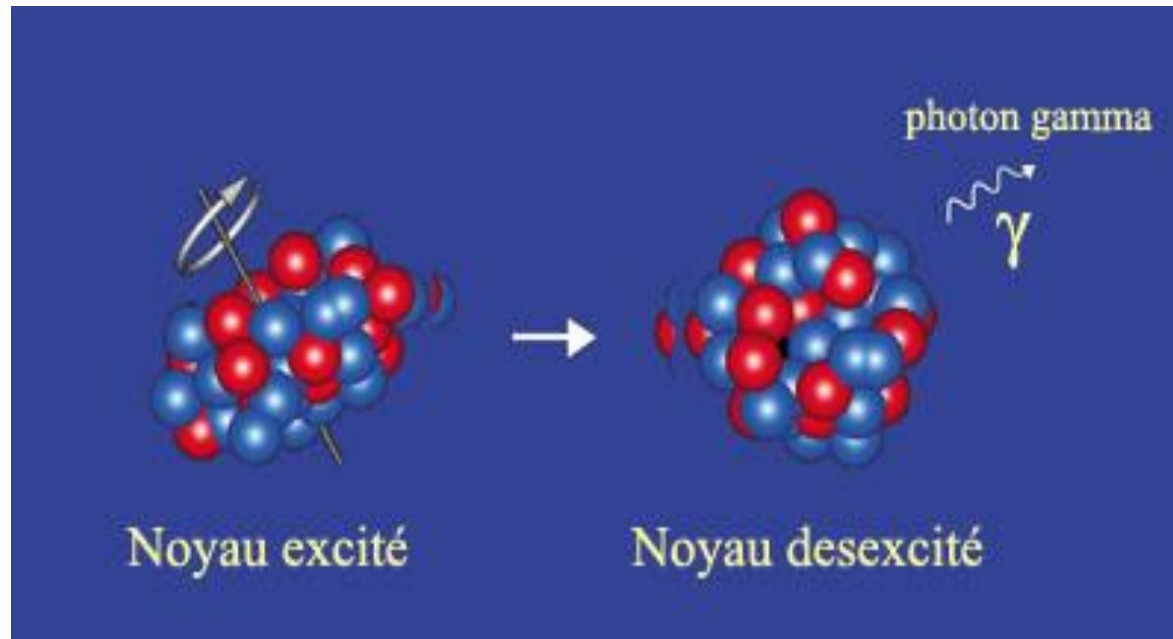
Le noyau recherche de la stabilité par la transformation :

- d'un proton en neutron ou d'un neutron en proton
- Le noyau change donc de nature par désintégration d'un proton ou d'un neutron et l'éjection d'un électron

Exemple

- Un atome de [Cobalt 60](#) (27 protons et 33 neutrons) devient, par radioactivité, un atome de [Nickel 60](#) (28 protons et 32 neutrons).
- Un atome de [Carbone 14](#) (6 protons et 8 neutrons) se désintègre en un atome d' [Azote 14](#) (7 protons et 7 neutrons).

Radioactivité gamma (γ)



La radioactivité gamma se produit quand une désintégration ou un événement comme la capture d'un neutron a laissé le noyau avec un trop plein d'énergie.

Le noyau "**excité**" revient généralement très rapidement à un état plus normal en émettant une radiation gamma qui emporte l'excédent d'énergie. Sans qu'il y ait émission de particules.

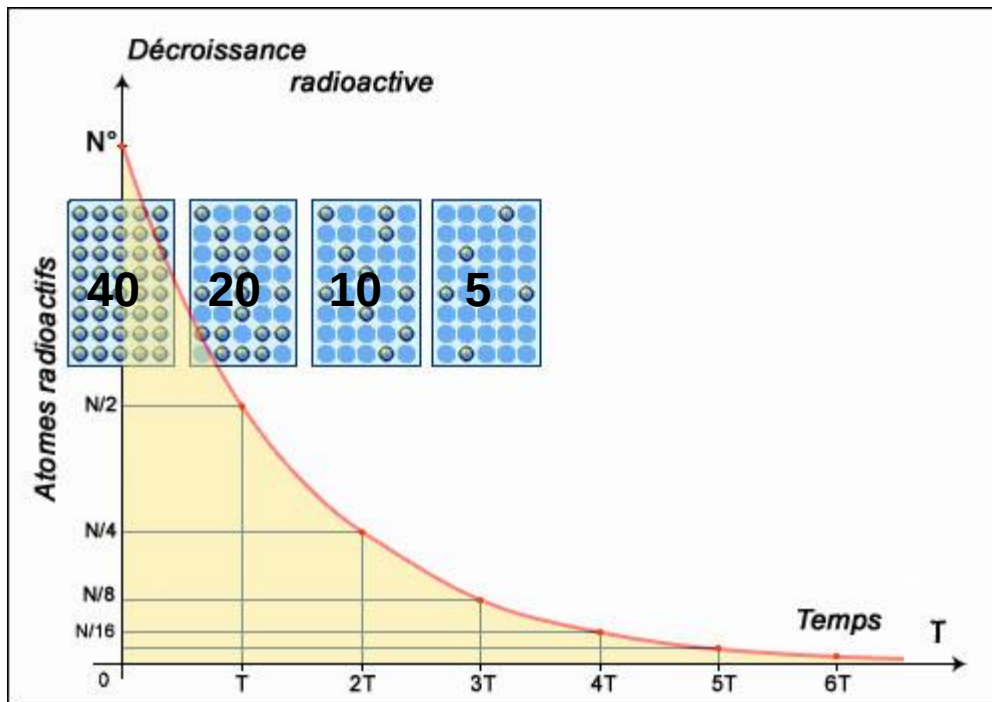
Les rayons gamma sont de même nature que les photons de lumière et les rayons X : de nature électromagnétique, mais leurs énergies sont des centaines de milliers de fois plus grandes, de 100 000 à quelques millions d'électronvolts et sont animés d'une vitesse égale à celle de la lumière.

Soit = **299 792 458 m / s (300 000 Km / s)**

Périodes et activités

Au fur et à mesure que ses atomes se désintègrent, l'activité d'un **élément radioactif** diminue. Nous sommes dans la phase décroissance radioactive appelée période radioactive.

La période **T** est le temps au bout duquel il ne reste plus que la moitié des noyaux radioactifs.



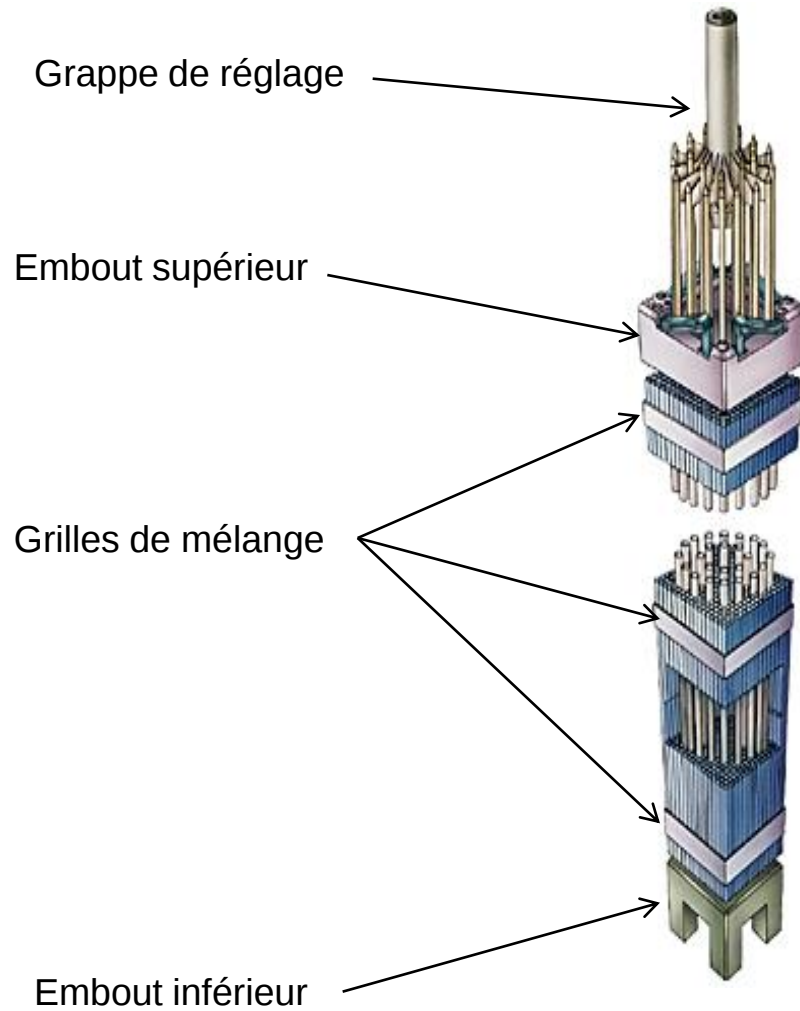
Radionucléides		PERIODE
^{212}Po	Polonium	3.10^{-7} sec
^{128}I	Iode	25 minutes
^{131}I	Iode	8 jours
^{24}Na	Sodium	15 heures
^{90}Sr	Strontium	28 ans
^{222}Rn	Radon	3.8 jours
^{60}Co	Cobalt	5.3 ans
^{239}Pu	Plutonium	24100 ans
^{238}U	Uranium	$4.5 \cdot 10^9$ ans
^{232}Th	Thorium	$14 \cdot 10^9$ ans

PASTILLES D'URANIUM

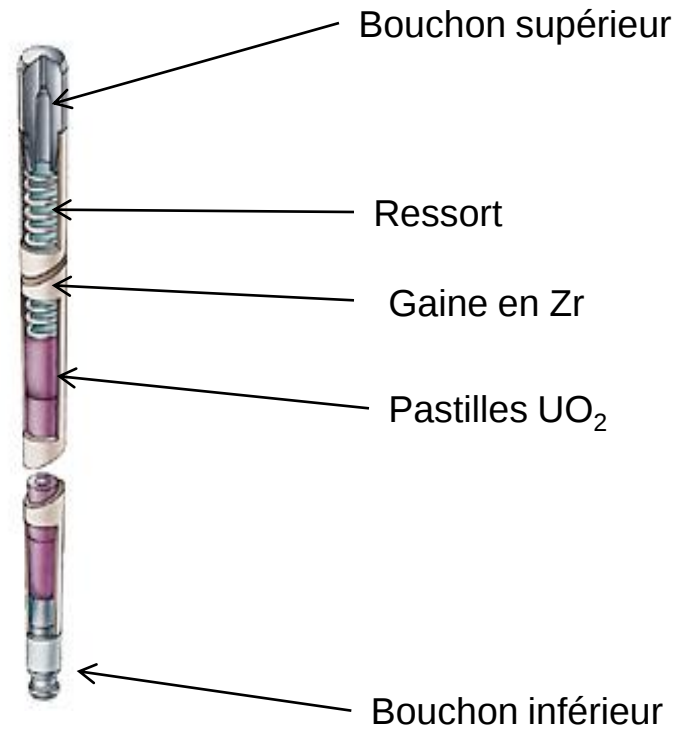


Dimensions : Diamètre 8.179 / 8.204 mm Hauteur = 12.19 / 14.73 mm Poids = 6.500 / 8.100 g
Densité = 10.96

ASSEMBLAGE COMBUSTIBLE



Crayon combustible



L'uranium

- L'uranium est répandu dans les profondeurs du globe (la désintégration d'uranium 238 et 235 et d'autres radionucléides entretient encore en [chaleur](#) le [cœur métallique](#), mais surtout le [manteau rocheux](#) de la Terre, et donc toute sa [géothermie](#).
- L'uranium est une [ressource non renouvelable](#), pas toujours facilement exploitable dans des conditions économiques acceptables.
- , à des teneurs d'environ 3 g/tonne. Ainsi, le sous-sol d'un jardin sur un carré de 20 m de côté peut-il en contenir, sur une profondeur de 10 m, environ 24 kg. Ce qui fait de l'ordre du millier de milliards de tonnes rien que pour l'écorce terrestre, sans compter le manteau. En terme de [réserve mondiale](#), cependant, l'immense majorité de cette masse est bien sûr inexploitable dans les conditions économiques actuelles. La gamme de valeur est très large selon les roches, et varie de 0,1 ppm dans les [carbonates](#) à 350 ppm dans les [phosphates](#)^[13].
- L'[eau de mer](#) contient environ 3 mg d'uranium par m³ selon le [CEA](#) et la [COGEMA](#)^[14], soit 4,5 milliards de tonnes d'uranium dissous dans les océans.
- Les eaux douces en contiennent souvent aussi en diverses concentrations ; dont par exemple le [Rhône](#) qui en charrie environ 29 t/an, provenant essentiellement du ruissellement des roches uranifères des [Alpes](#). Pourtant, en extraire de l'eau ne serait pas énergétiquement rentable^[15].
- Au niveau mondial, la production 2009 atteignait 50.572 [tonnes](#), dont 27,3% extraites du [Kazakhstan](#). D'autres ressources importantes sont détenues par le [Canada](#) (20,1%), l'[Australie](#) (15,7%), la [Namibie](#) (9,1%), la [Russie](#) (7,0%), et le [Niger](#) (6,4%).^[16]

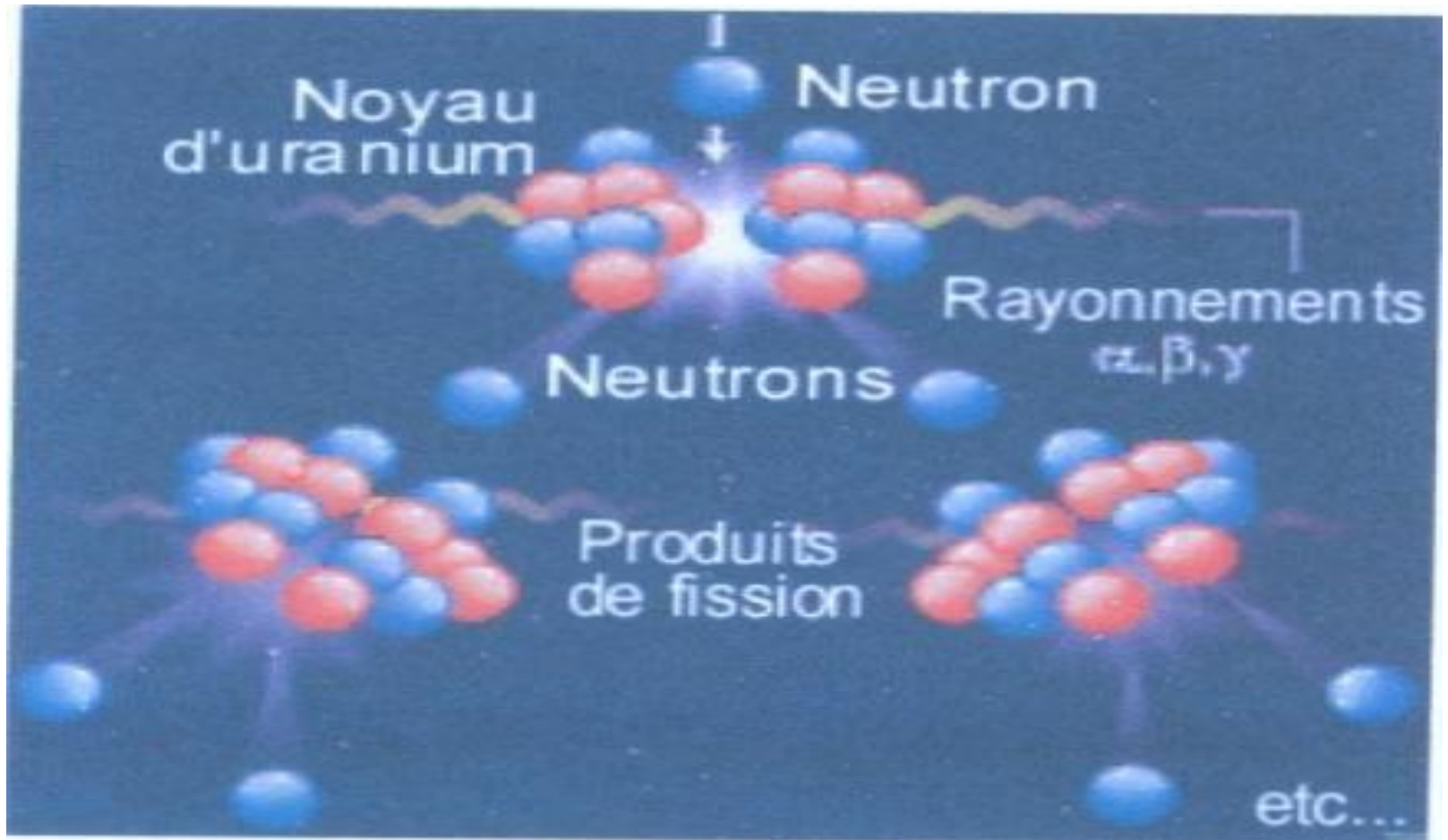
CLASSIFICATION PERIODIQUE DES ELEMENTS

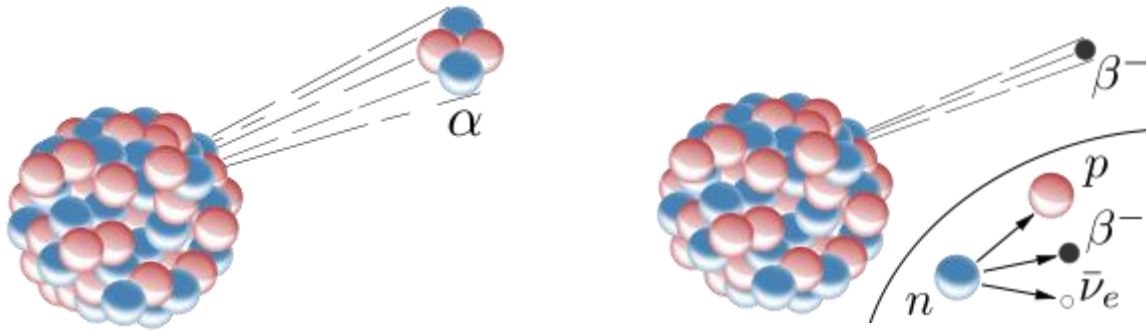
TABLEAU DE MENDELEIEV

- Métaux de transition
- Halogènes
- Métaux pauvres
- Non-métaux
- Gaz rares
- Lanthanides
- Actinides
- Métaux alcalins
- Métaux alcalino-terreux

	I	II											III	IV	V	VI	VII	VIII
1	H 1																	He 2
2	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
3	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
4	K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
5	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
6	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
7	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Rf 104	Db 105	Sg 106	Bh 107	Hs 108	Mt 109	Uum 110	Uuu 111	Uub 112		Uuq 114		Uuh 116		Uuo 118
			Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71		
			Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103		

LA RADIOACTIVITE





Rayonnement α : un noyau atomique instable émet une particule lourde chargée positivement constituée de deux protons et de deux neutrons (noyau d'hélium-4).. Ce mécanisme se produit sur une très courte distance . Le pouvoir de pénétration des rayonnements alpha est faible une simple feuille de papier ou 4 à 5 cm d'air les arrêtent totalement

rayonnement β^- : un noyau atomique instable émet une particule légère et chargée négativement (un électron) qu'une feuille d'aluminium peut arrêter. Le parcours des électrons dans la matière est plus important que celui des particules alpha (de l'ordre de quelques mètres maximum dans l'air).

rayonnement β^+ : un noyau atomique instable émet une particule légère et chargée positivement (un positron) qui interagit immédiatement avec un électron du milieu provoquant son annihilation et la production de deux rayons gamma de 511 keV chacun.

rayonnement γ : un noyau atomique qui se trouve dans un état d'énergie instable, émet un photon très énergétique, donc très pénétrant, pour atteindre un état d'énergie stable ; il faut environ 1 à 5 centimètres de plomb pour l'absorber.

- L'uranium est mis en évidence en [1789](#) par le [chimiste prussien Martin Heinrich Klaproth](#) qui examine un morceau de roche qu'on lui a apporté de [Saint Joachimsthal](#). Cette roche est de la [pechblende](#) (UO_2), un [minerai](#) d'uranium. Klaproth donna le nom d'« urane » ou « uranite » au composé qu'il venait d'identifier, en référence à la découverte de la planète [Uranus](#) faite par [William Herschel](#) 8 ans plus tôt ([1781](#)).
- Ce n'est qu'en [1841](#) que le chimiste [français Eugène-Melchior Péligot](#) établit que l'urane était composé de deux atomes d'[oxygène](#) et d'un de [métal](#) qu'il isola et nomma uranium. Il estima alors la masse volumique de l'uranium à 19 g/cm^3 .
- Le Français [Henri Becquerel](#) ne découvrit la propriété [radioactive](#) de l'uranium que beaucoup plus tard, en [1896](#), lorsqu'il constata que des [plaques photographiques](#) placées à côté de sels d'uranium avaient été impressionnées sans avoir été exposées à la lumière. Les plaques avaient été noircies par les rayonnements émis par les sels : c'était la manifestation d'un phénomène jusqu'alors inconnu, la [radioactivité naturelle](#).