

Chapitre 3 : Les substances radioactives et l'énergie nucléaire.

Les stocks des combustibles traditionnels vont s'épuiser dans quelques décennies. Il est donc nécessaire de chercher des énergies alternatives qui puissent satisfaire la demande croissante en énergie. L'énergie nucléaire est l'une de ces alternatives, bien qu'elle suscite des inquiétudes. Il existe aussi d'autres alternatives plus propres (solaire ; éolien ; géothermie...)

La pollution nucléaire est une menace pour l'environnement et la santé. L'utilisation de l'énergie nucléaire doit donc être accompagnée rigoureusement de plusieurs précautions.

☐ Quels sont les impacts négatifs de l'utilisation de l'énergie nucléaire sur la santé et l'environnement ?

☐ Quelles sont les alternatives possibles ?

I- La radioactivité.

.1- structure de l'atome.

Le noyau de l'atome est constitué de neutrons et de protons. Ces particules s'appellent nucléons.

Z = nombre de protons = nombre de charges = numéro atomique.

A = le nombre de masse = nombre de nucléons

$$N = A - Z$$

Le nombre Z est caractéristique de chaque élément chimique.

Chaque élément chimique est représenté comme suit : A_ZX

Si le numéro atomique change le nom de l'élément change aussi.

Les atomes qui ont le même numéro atomique mais des nombres de masse différents sont appelés isotopes. Le noyau de l'atome est appelé nucléide.

.2- Les types de radiation

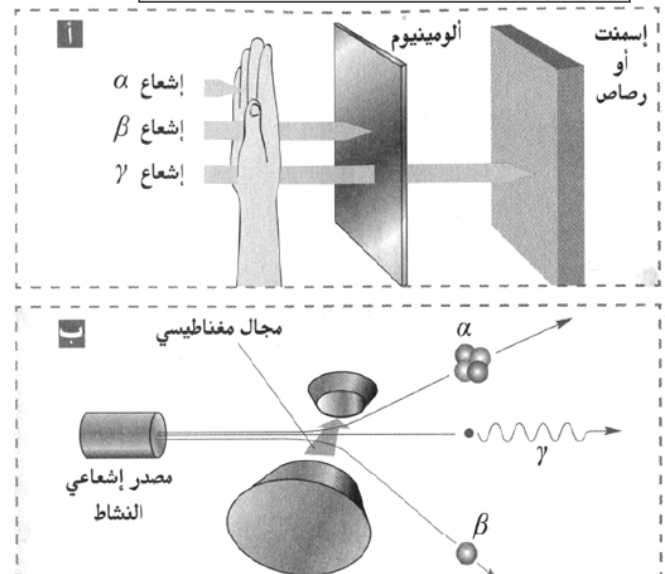
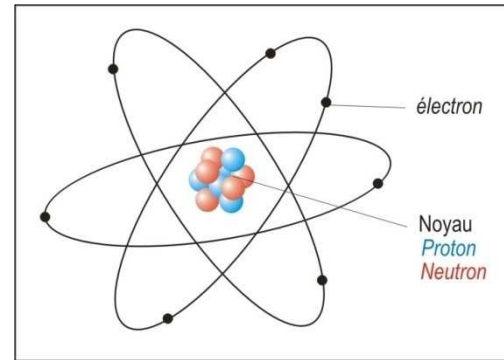
en 1899, Ernest Rutherford a découvert que la désintégration de l'uranium libère trois types de radiations qu'il a classées selon leur capacité à traverser la matière.

▪ Les particules α : Ce sont les nucléides d'hélium. Ils peuvent être stoppés par une feuille ordinaire.

▪ Les particules β : (β^+ ; β^-) : Ce sont des électrons ou des positrons. Ils détiennent une forte énergie, et ils ne peuvent être stoppés que par une feuille d'aluminium dont l'épaisseur dépasse 6 mm.

▪ Les particules γ : Ce sont des photons à très haute énergie. Ils ne sont stoppés que par une plaque de plomb de quelques centimètres d'épaisseur.

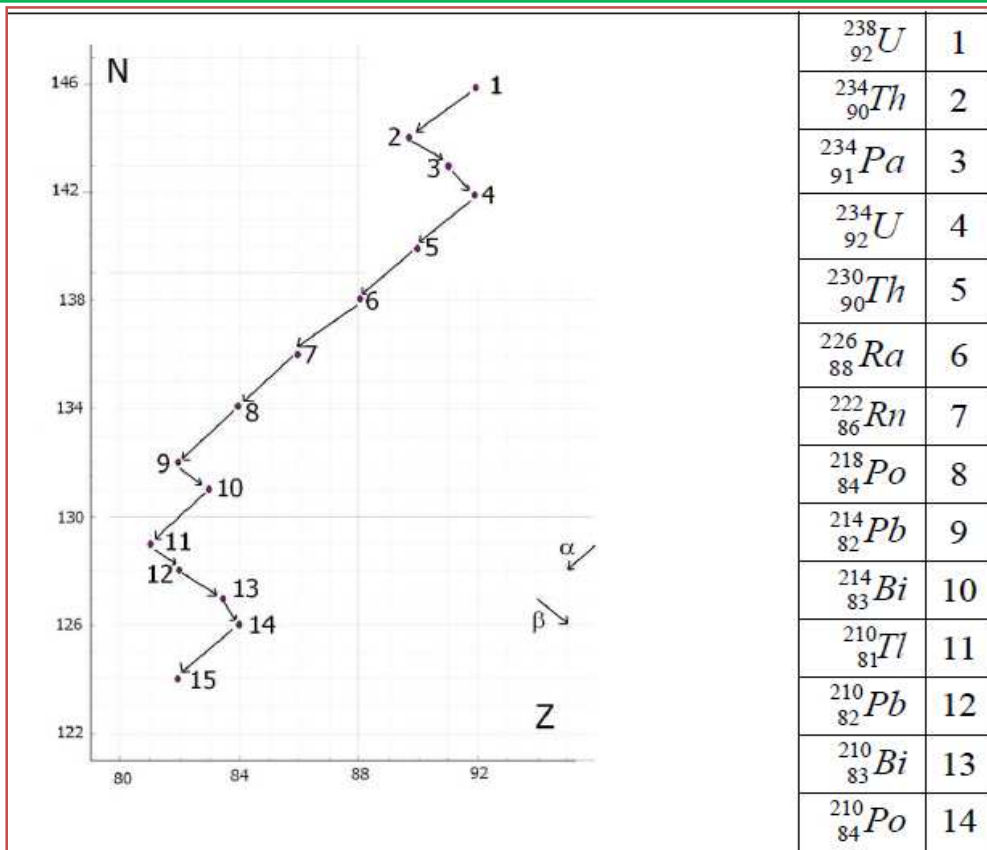
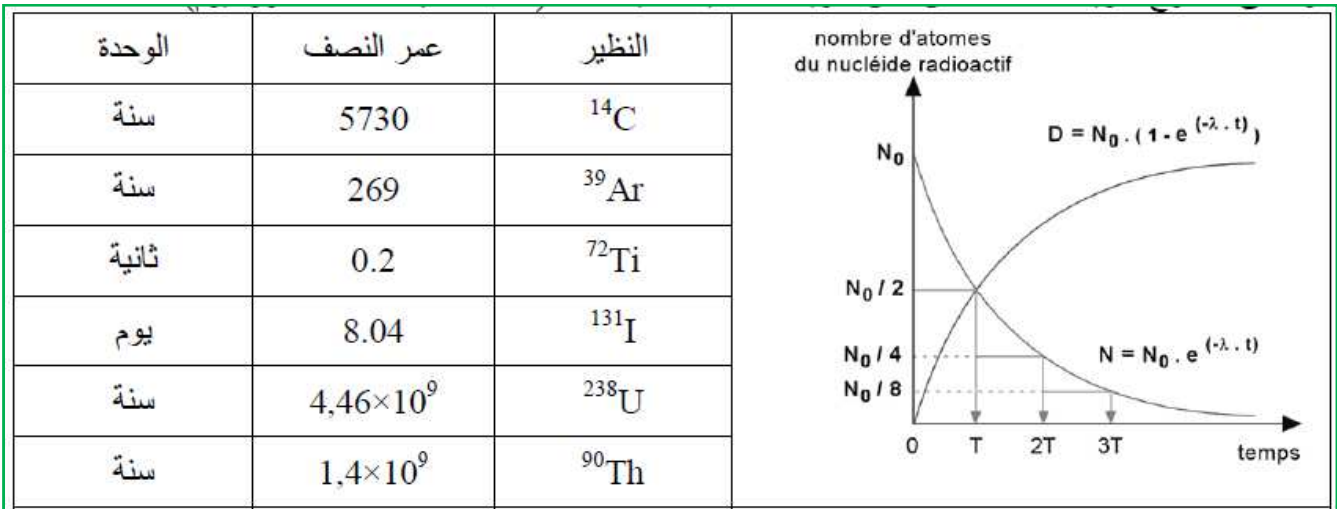
Lorsqu'un faisceau de particules est dévié par un champ magnétique, cela signifie que ces particules sont chargées électriquement.



.3- La radioactivité naturelle

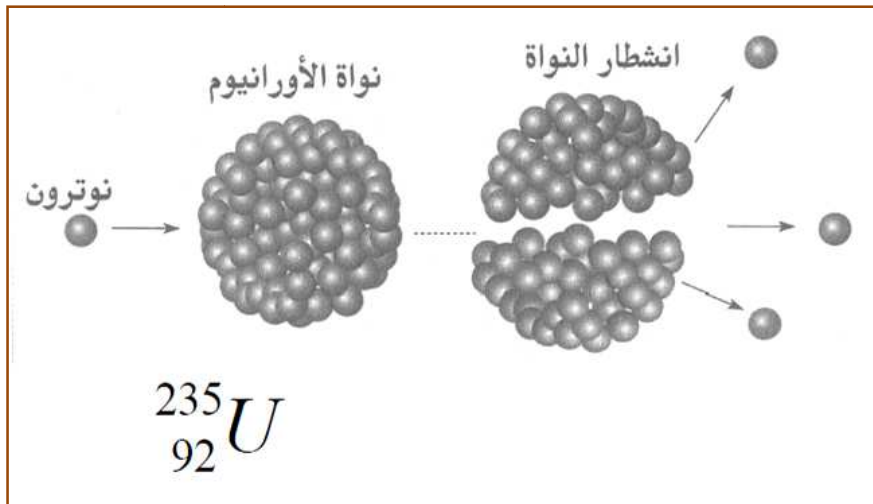
Plusieurs isotopes se désintègrent de façon spontanée et naturelle. En effet, un nucléide instable se désintègre et génère ainsi un nucléide plus stable avec émission d'une ou plusieurs particules. Il s'agit donc d'une réaction nucléaire.

Les radiations α ; β ; γ sont libérées par des nucléides radioactifs pères qui se désintègrent pour donner de nouveaux nucléides fils. La désintégration s'effectue lentement au fil du temps. La demi-vie d'un nucléide radioactif est la période T qui correspond à la désintégration de 50 % des nucléides constituant un échantillon donné. Les nucléides fils peuvent eux même être radioactifs. Ainsi, la désintégration se poursuit jusqu'à atteindre un nucléide stable et non radioactif. Les nucléides qui sont issus d'un même nucléide originel constituent une filiation radioactive (par exemple la filiation radioactive de l'uranium).



.4- La radioactivité artificielle ou induite : la fission nucléaire

Les réactions de fission nucléaire s'effectuent dans les centrales nucléaires (réacteurs) en utilisant le nucléide d'uranium qui est bombardé par des neutrons thermiques. La fission aboutit à la libération d'une quantité d'énergie impressionnante que l'on peut exploiter de plusieurs façons. Les particules libérées au cours de la fission provoquent des vibrations thermiques au sein du réacteur ; ce qui provoque une importante augmentation de la température. Cette énorme chaleur est exploitée pour produire de l'énergie.



Bilan :

- Un atome est constitué d'un noyau (nucléide) qui contient plusieurs nucléons (protons + neutrons) entourés par un nuage électronique.
- Dans la nature, il existe plusieurs éléments chimiques dont le noyau n'est pas stable. Ce qui explique sa désintégration. Donc la désintégration du nucléide père donne un nucléide fils plus stable. Cette réaction nucléaire s'accompagne de la libération de plusieurs types de radiations (α ; β ; γ). C'est la radioactivité naturelle. Chaque nucléide instable se caractérise par sa demi-vie. Généralement les nucléides constituent des filiations radioactives comme la filiation de l'uranium.
- La radioactivité induit au niveau des réacteurs nucléaires libère d'énormes quantités d'énergie exploitable de plusieurs manières.

.II- L'utilisation des substances radioactives.

.1- Production de l'énergie électrique.

L'uranium se désintègre au cœur du réacteur nucléaire. La réaction nucléaire est contrôlée par des tiges de cadmium qui absorbent une partie des neutrons issus de la fission nucléaire. Ce qui permet de réguler la libération de l'énergie. La température de l'eau augmente dans le circuit secondaire, suite au transfert de chaleur à partir du circuit primaire. L'eau devenue sous forme de vapeur fait tourner les alternateurs qui produisent l'électricité.

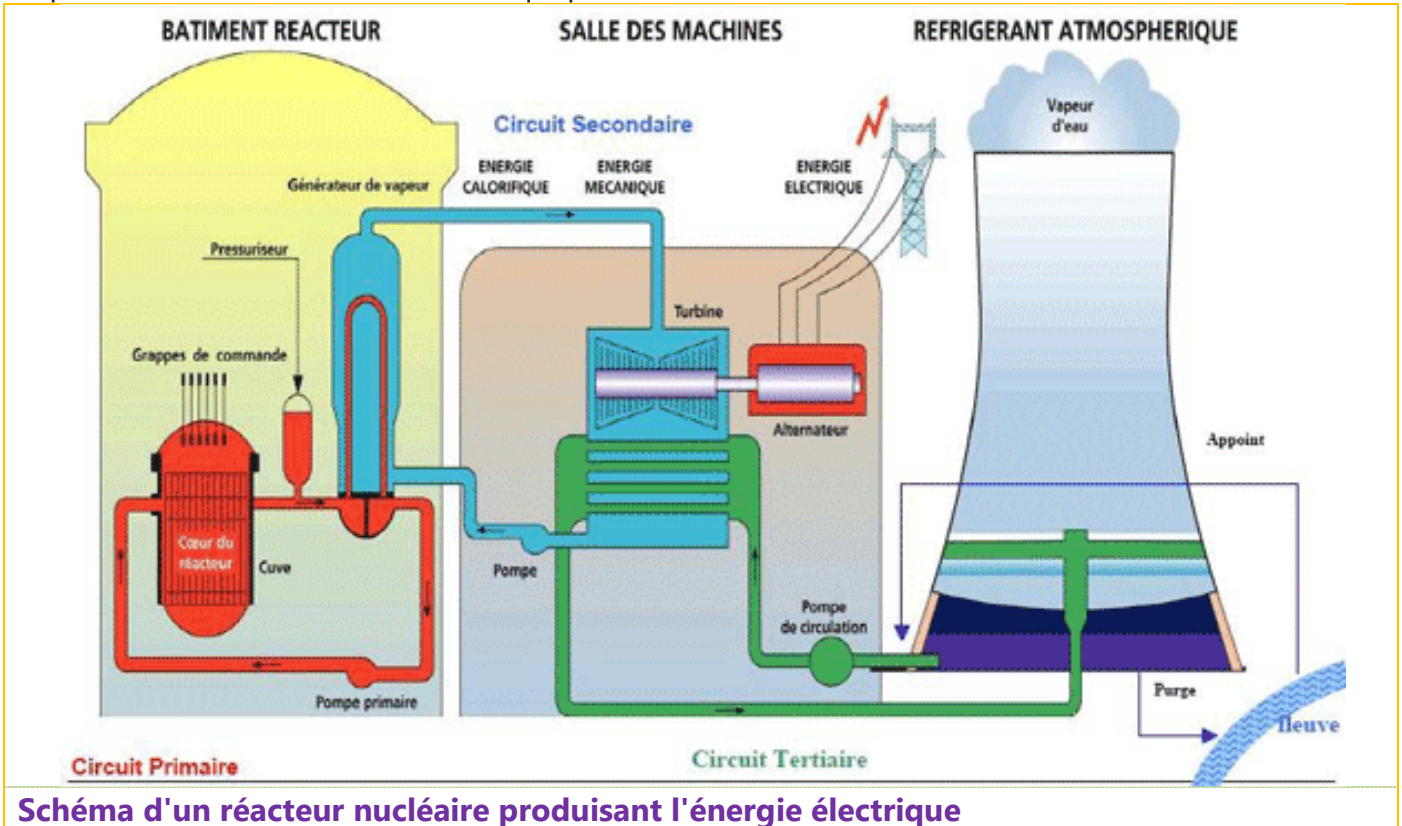
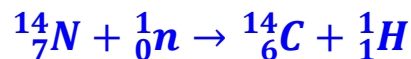


Schéma d'un réacteur nucléaire produisant l'énergie électrique

.2- La datation absolue avec la radioactivité

Exemple de la datation au ^{14}C : Le noyau du ^{14}C se forme dans les couches supérieures de l'atmosphère à partir de l'azote. Et ceci sous l'effet des neutrons qui proviennent de l'espace :



Les plantes absorbent le ^{12}C et le ^{14}C sous forme de dioxyde de carbone CO_2 . Le carbone passe aux animaux suivant les chaînes alimentaires. Après la mort d'un être vivant l'absorption du ^{14}C s'arrête, et ce dernier diminue au fil du temps suite à sa désintégration (radioactivité naturelle). Sachant que la demi-vie du ^{14}C est de 5730 ans, on compare la radioactivité résiduelle a dans le reste de la plante ou de l'animal avec la radioactivité a_0 d'une plante ou d'un animal vivant comparable avec le fossile. On peut donc dater la mort de l'être vivant grâce à la radioactivité naturelle. On a pu dater des événements géologiques, des fossiles et des roches. Par exemple, on a daté des roches âgées de plus de 3 milliards d'années.

Les isotopes à demi-vie élevées sont utilisés pour dater les événements très anciens (uranium). Ceux à demi-vie réduite sont utilisés pour dater les événements récents

Exemples

- ♦ Pour dater un parchemin remontant à l'Antiquité on utilise le ^{14}C
- ♦ Pour dater une roche vieille de quelques dizaines à quelques centaines de millions d'années, on utilise le couple Rubidium-Strontium (Rb/ Sr).

.3-Utilisation des substances radioactives dans le domaine industriel

Le traitement avec les radiations ionisantes est une méthode physique destinée à la stérilisation de quelques aliments comme les épices. Ainsi on peut augmenter la période de conservation de ces produits. Ce traitement est complémentaire à la congélation, au traitement chimique et à la cuisson.

Les aliments sont exposés aux rayons γ issu du Cobalt 60 radioactive, aux rayons X ou à un faisceau d'électrons. Il faut prendre des précautions en ce qui concerne les doses de radiation pour ne pas rendre les aliments toxiques. Ce traitement inhibe la germination des graines et des spores, empêche le développement des insectes et tue les micro-organismes pathogènes.

.4- Les utilisations de la radioactivité dans le domaine médical

.a- Le diagnostic médical

☐ L'imagerie médicale utilisant le scanner et autres appareils se base sur les rayons X pour produire une image en 2D ou en 3D de l'organe exploré.

☐ La technique de la scintigraphie se base sur l'injection au patient d'une quantité très faible d'une substance radioactive qui diffuse dans l'organisme et se fixe sur un ou plusieurs organes. Avec une caméra spéciale on détecte les radiations émises par l'organe. L'intensité de la radioactivité dépend de la quantité de la substance radioactive fixée qui dépend elle-même de la nature et du fonctionnement de l'organe.

L'iode est utilisé pour explorer la thyroïde ; le calcium marqué (ou le technétium) est utilisé pour explorer les os.

L'image de l'organe malade n'est pas homogène comme celle de l'organe normal. D'autre part quelques cellules cancéreuses fixent la substance radioactive plus que les cellules normales.

.b- La radiothérapie

Les radiations ionisantes sont utilisées de façon ciblée pour tuer les cellules cancéreuses au niveau d'une tumeur. Cette technique a profité du développement de l'informatique et de l'imagerie médicale. En effet la précision a permis de cibler les cellules en question et utiliser les doses de radiations optimales pour atteindre l'objectif sans endommager les cellules saines.

BILAN

☐ Au cours de la fission nucléaire induite au niveau des réacteurs nucléaires, l'énergie libérée est utilisée pour produire de l'électricité. Les radiations ionisantes sont utilisées pour stériliser les aliments. La radioactivité naturelle et exploitée dans le domaine de la datation absolue des objets et des événements géologiques, paléontologiques et archéologiques.

☐ Dans le domaine médical, la radioactivité est utilisée dans le diagnostic médical. C'est le cas de plusieurs techniques d'imagerie médicale. La radiothérapie consiste surtout à détruire certaines cellules, notamment les cellules cancéreuses.