

Les technologies du nucléaire

Une centrale nucléaire a pour vocation la production d'électricité. Au même titre que les chaudières au gaz ou au fioul, l'objectif est de produire de la vapeur grâce à une source d'eau et de chaleur et d'utiliser cette vapeur pour faire tourner une turbine qui à son tour entraîne un alternateur.

Le principe de fission nucléaire

Dans le cas des centrales nucléaires, la chaleur a comme source une réaction particulière : **la fission nucléaire**. Certains atomes ont un gros noyau capable de se casser en deux sous l'effet d'une collision avec un projectile. Les plus connus sont l'uranium 235 et le plutonium 239. Le neutron est le projectile le plus utilisé car il n'est pas chargé électriquement et relativement léger. Cette cassure libère une grande quantité d'énergie sous forme d'énergie cinétique : les deux morceaux finaux, la plupart du temps radioactifs, sont éjectés à grande vitesse. À l'image d'une boule de billard, ils entrent en collision avec les autres atomes présents autour d'eux. Ces chocs en cascade les ralentissent mais entraînent une libération de chaleur. C'est cette chaleur qui est ensuite valorisée sous forme d'électricité.

Les atomes et la radioactivité

Un atome de matière est constitué d'un noyau de protons et de neutrons, et d'un nuage d'électrons. La radioactivité est un phénomène naturel spécifique à certains atomes appelés radionucléides. Contrairement à la majorité des atomes constituant la matière dont le noyau est relativement stable, les radionucléides ont un noyau instable et ont tendance à se transformer en d'autres atomes radioactifs ou non. Cette instabilité peut être due à un excès de protons, de neutrons voire des deux. Les radioisotopes existent naturellement mais peuvent aussi être produits artificiellement par une réaction nucléaire. Ces transformations s'accompagnent de l'émission de rayonnements pouvant avoir des impacts sanitaires et environnementaux en fonction de leur nature et de la durée d'exposition.

Chaque fission libère également deux à trois neutrons qui constituent de nouveaux projectiles capables de provoquer de nouvelles fissions et ainsi de suite... Dans un réacteur nucléaire ces réactions en chaîne sont maîtrisées de manière à avoir un nombre de fission constant. La quantité de chaleur produite est ainsi contrôlée.

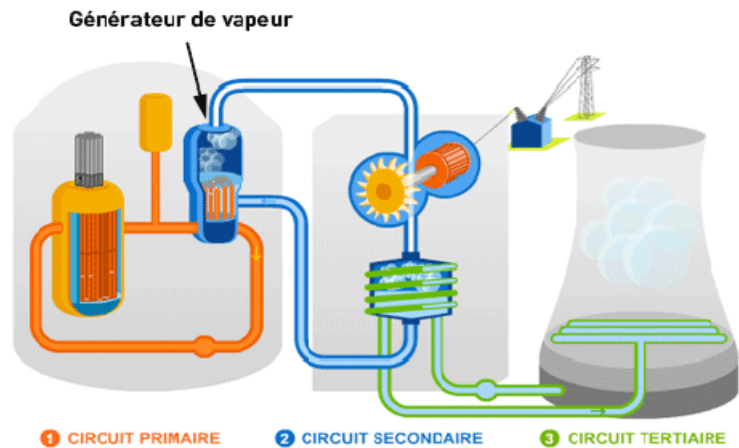
Les composants d'un réacteur nucléaire

Pour faire fonctionner un réacteur nucléaire, il est donc nécessaire de disposer d'un combustible contenant des atomes fissionables, d'un système capable de piéger les neutrons excédentaires pour maîtriser la réaction, d'un élément chargé de ralentir les neutrons pour qu'ils aient la vitesse adéquate pour provoquer des fissions et d'un matériau caloporteur pour récupérer la chaleur produite.

Le combustible

Le montage du combustible

Une fois enrichi, le combustible est broyé finement puis cuit afin d'obtenir de petits cylindres d'1 cm de long et gros comme des petits morceaux de craie, appelés "pastilles". Les pastilles sont ensuite enfilées dans de longs tubes métalliques de 4 m de long, étanches, pour constituer les "crayons" de combustible. Ces crayons sont à leur tour assemblés en "fagots". Chaque assemblage contient 264 crayons. Le chargement d'un réacteur nucléaire de 900 mégawatts (millions de watts) nécessite 157 assemblages contenant en tout 11 millions de pastilles.



Plusieurs atomes peuvent être intéressants pour servir de combustible : uranium 233, uranium 235, plutonium 239 et le plutonium 241. Mais seul l'uranium 235 se trouve à l'état naturel. Il est donc très souvent utilisé.

Si l'uranium est un métal relativement répandu dans l'écorce terrestre, il ne s'extrait pas directement sous sa forme pure. Le cycle du combustible nucléaire commence donc par l'extraction du minerai uranifère dans des mines à ciel ouvert ou en galeries souterraines. La teneur du minerai en uranium est en général assez faible (entre 0,1 et 0,5 % en France). Il est donc indispensable de le concentrer par diverses opérations chimiques. Il doit ensuite être débarrassé des impuretés par différentes étapes de purification puis converti en tétrafluorure d'uranium (UF₄) constitué de quatre atomes de fluor et d'un atome d'uranium.

Une fois l'uranium concentré, il faut ensuite "l'enrichir" pour obtenir un combustible dont la proportion d'uranium 235 se situe entre 3 et 5 %. L'objectif est donc de séparer l'uranium 235 de l'uranium 238, un isotope légèrement plus lourd naturellement présent mais inintéressant pour la fission nucléaire. De tous les procédés d'enrichissement étudiés jusqu'à présent, deux ont été développés à l'échelle industrielle : la diffusion gazeuse et l'ultracentrifugation. Les deux techniques utilisent la différence de poids entre les deux isotopes pour les séparer.

