

LES RÉACTEURS NUCLÉAIRES À EAU PRESSURISÉE

Les réacteurs à eau pressurisée (REP), également appelés réacteurs à eau sous pression, ou PWR pour *pressurized water reactor* en anglais, sont les réacteurs en fonctionnement, en France. Ces réacteurs utilisent le même principe de fonctionnement que les centrales thermiques à savoir la transformation de la chaleur en électricité. Dans une centrale thermique la chaleur est produite par la combustion de pétrole ou de gaz, dans une centrale nucléaire la chaleur provient de la fission de gros noyaux lourds, comme l'uranium ou le plutonium, contenu dans des barreaux solides, dits éléments combustibles.

LES ÉLÉMENTS GÉNÉRIQUES D'UN RÉACTEUR À EAU PRESSURISÉE

Un atome d'uranium se brise en deux lorsqu'un neutron vient le percuter. Cette fission libère d'autres neutrons et s'accompagne d'un grand dégagement d'énergie, c'est-à-dire de la chaleur. Le réacteur nucléaire est un système permettant de contrôler ces fissions en chaîne et de récupérer la chaleur qu'elles dégagent.

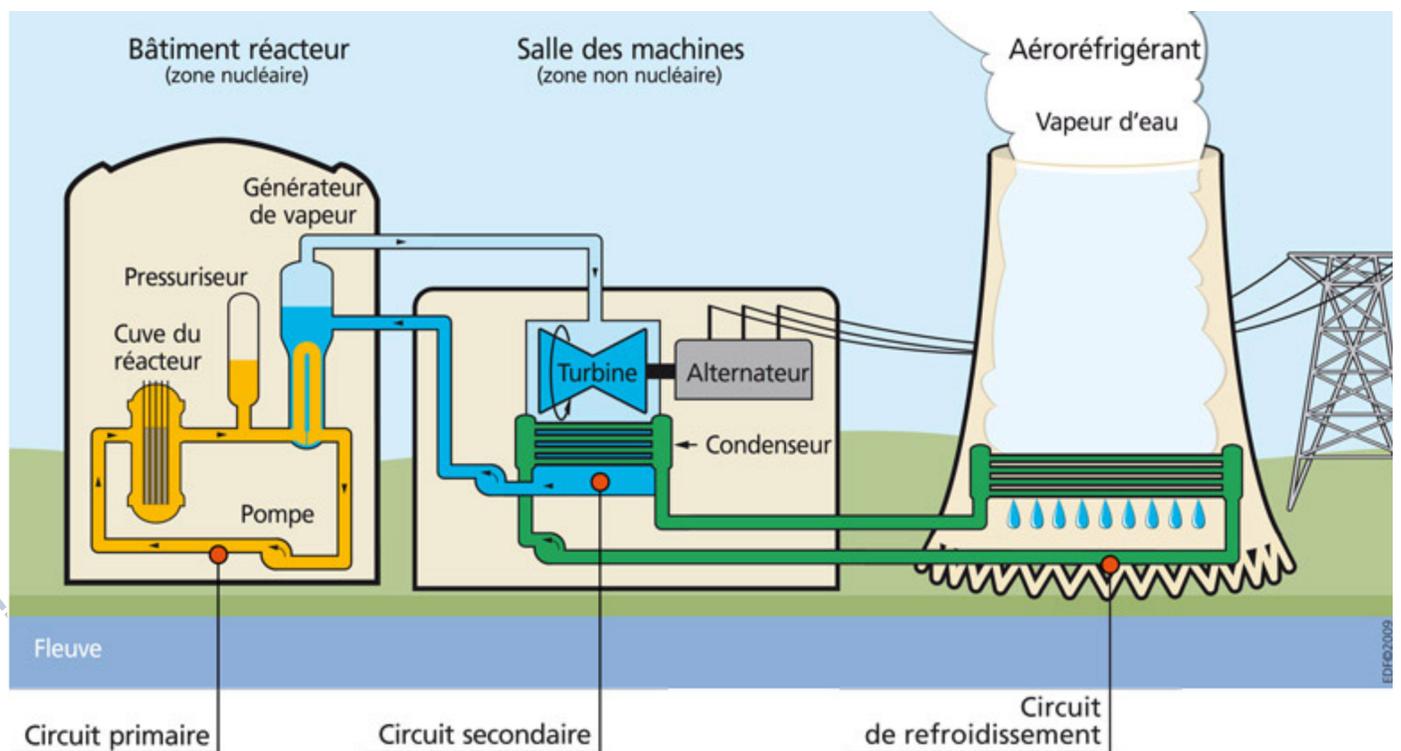


Schéma de principe d'un réacteur à eau pressurisée (source : IRSN)

Un réacteur est caractérisé par les éléments suivants :

- la cuve du réacteur,
- le circuit primaire,
- le circuit secondaire,
- le circuit de refroidissement.

LA CUVE DU RÉACTEUR

La cuve du réacteur contient le combustible nucléaire qui est de l'oxyde d'uranium

faiblement enrichi en uranium 235. Cet isotope de l'uranium est plus facilement fissile. Ce combustible se présente sous la forme de petites pastilles empilées et maintenues dans des gaines en zircaloy étanches appelées crayons.

Ces crayons de combustibles sont agencés sous la forme d'assemblages dont la tenue mécanique est assurée par des grilles. Selon le modèle de REP, 144 à 204 assemblages sont chargés dans la cuve du réacteur.

C'est dans ces crayons que la réaction en chaîne de fission va se produire. La chaleur produite va être transmise à l'eau de la cuve qui entoure les crayons de combustible.

LE CIRCUIT PRIMAIRE

Le circuit primaire fermé est rempli d'eau à haute température. Pour éviter l'ébullition, la pression et la température doivent être maintenues respectivement à 155 bars et environ 300 °C. Un pressuriseur, placé dans le circuit, permet d'ajuster la pression et la température.

L'eau du circuit primaire sert aussi de modérateur pour ralentir les neutrons émis par la fission. La vitesse de ces neutrons doit passer d'une vitesse de 20 000 km/s à 2 km/s afin de produire plus facilement les réactions de fission.

L'eau de ce circuit permet d'évacuer du cœur du réacteur la chaleur dégagée par les fissions vers un générateur de vapeur. Des pompes assurent la circulation de l'eau dans ce circuit.

LE CIRCUIT SECONDAIRE

Le circuit secondaire lui aussi fermé transite par le générateur de vapeur. Dans ce générateur de vapeur, l'eau chaude du circuit primaire transmet sa chaleur à l'eau du circuit secondaire qui va se transformer en vapeur. La pression de cette vapeur (de l'ordre de 70 à 80 bars) fait tourner une turbine qui entraîne à son tour un alternateur produisant un courant électrique alternatif.

LE CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT

Le circuit de refroidissement fermé et situé à la sortie de la turbine va transformer la vapeur du circuit secondaire en eau grâce à un condenseur dans lequel circule de l'eau froide en provenance de la mer ou d'un fleuve. Si le débit de la rivière est trop faible l'eau de ce troisième circuit peut être refroidie au contact de l'air circulant dans de grandes tours appelées aéroréfrigérants.

Ces trois circuits sont indépendants et n'échangent que de la chaleur.

L'EXPLOITATION COURANTE D'UN RÉACTEUR ÉLECTRONUCLÉAIRE

Pour démarrer la réaction en chaîne dans un réacteur, une source de neutrons est nécessaire. Cette source émettrice de neutrons peut être par exemple une association d'américium et de béryllium.

Une fois la réaction amorcée, le bore, présent dans l'eau du circuit primaire sous forme d'acide borique dissous, permet, par sa capacité à absorber les neutrons, de modérer la réaction en chaîne. La concentration en bore est ajustée en fonction de l'épuisement progressif du combustible. L'acide borique qui est ajouté dans l'eau du circuit primaire abaisse le pH et augmente ainsi le potentiel de corrosion. Pour éviter cet effet, un agent alcalinisant, en général de l'hydroxyde de lithium, est ajouté à l'eau du circuit primaire.

Des dispositifs de contrôle permettent de réguler la population des neutrons et de maintenir la puissance thermique du réacteur au niveau désiré. Cette régulation est réalisée par des barres de commande, également appelées "barres de contrôle". Ces barres contenant du bore, du cadmium ou du gadolinium absorbent les neutrons. La montée ou la descente de ces barres permet de contrôler le nombre de neutrons à absorber et ainsi piloter le réacteur. En cas d'incident ces barres de commande placées au sein du combustible chutent et stoppent presque instantanément la réaction en chaîne.

Le combustible est utilisé lorsqu'il ne contient plus suffisamment de noyaux fissiles pour que la réaction en chaîne soit maintenue. Par ailleurs, la gaine étanche contenant le combustible peut s'altérer dans le temps sous l'effet de l'irradiation et de la corrosion. Le combustible du réacteur doit donc être périodiquement renouvelé.

Le rechargement du combustible nécessite l'arrêt du réacteur. Il s'effectue de manière fractionnée ; seulement une partie du combustible est rechargée (1/3 ou 1/4). Un cycle correspond à la durée de fonctionnement d'un réacteur entre deux recharges (1 à 2 ans). Un combustible peut durer 3 ou 4 cycles, soit entre 3 et 5 ans.

Après déchargement le combustible utilisé est envoyé vers une piscine couplée au réacteur de façon à dissiper la chaleur résiduelle. Ce combustible sera envoyé ultérieurement à l'usine de recyclage de la Hague dans le but de fabriquer de nouveaux combustibles et de vitrifier les 4% de déchets de haute activité.

Rédigée par les membres du groupe d'experts scientifiques associés et du groupe permanent « Santé » de l'ANCCLI - 2021