

## Étude de documents : Principe de fonctionnement d'une centrale nucléaire

À travers l'étude des documents ci-dessous, on s'intéressera au fonctionnement d'une centrale nucléaire de type *REP* (Réacteur à eau pressurisée).

### Document 1 : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UNE CENTRALE NUCLÉAIRE

Les réacteurs à eau pressurisée (REP) constituent l'essentiel du parc actuel : 60 % dans le monde et 80 % en Europe, près de 100 % en France. En 1995, leur puissance électrique totale installée s'élevait à 221,6 GW.



FIGURE 1 – La centrale de Paluel en Haute-Normandie est composée de quatre réacteurs à eau pressurisée ou REP. La filière des réacteurs REP est de loin la plus répandue à l'heure actuelle. Chaque réacteur ou tranche possède une puissance de 1,3 GW électriques. La construction de ces centrales étant coûteuse, en particulier en raison des exigences de sûreté, les installations doivent être importantes afin d'être compétitives. Cette grosse centrale est capable de satisfaire les besoins en électricité d'environ 5 millions de personnes dans un pays développé comme la France.

Les réacteurs REP sont dits de seconde génération, car ils ont pris la succession des premiers réacteurs, dont beaucoup fonctionnaient à l'uranium naturel. Ils sont de conception américaine. Leur essor date des années 1970, où il a été possible de disposer à des fins civiles d'uranium modérément enrichi. En France, les REP ont été construits par la société FRAMATOME principalement dans les années 80.

Le combustible modérément enrichi (de 3 à 5 %) en uranium-235 fissile permet d'utiliser l'eau ordinaire pour ralentir les neutrons. L'eau qui ralentit les neutrons et refroidit également le cœur du réacteur est sous haute pression (155 bar) et ne bout pas même si sa température est de l'ordre de 300 °C. Elle passe à travers un échangeur de chaleur où elle transfère sa chaleur à de l'eau maintenue à une pression plus faible. Cette eau *secondaire*, portée à ébullition dans ce générateur de vapeur, actionne, comme dans les réacteurs BWR à eau bouillante, une turbine pour produire de l'électricité.

La vapeur secondaire qui se détend dans la turbine n'est donc pas en contact avec des éléments radioactifs. Elle est recyclée après avoir été condensée. Le panache de vapeur qui s'échappe de la tour de la centrale provient d'un troisième circuit d'eau tertiaire qui refroidit le condenseur. Pour être rejeté dans l'environnement, un produit radioactif doit franchir trois barrières, de la gaine de zirconium qui enserme les pastilles de combustible à l'eau primaire, de l'eau primaire à l'eau secondaire, de l'eau secondaire à l'eau tertiaire. De ce fait, les réacteurs REP sont les plus propres des réacteurs de seconde génération.

Ces multiples obstacles, qui garantissent un fonctionnement propre, ont un coût : celui d'échangeurs et de générateurs de vapeur complexes.

L'eau primaire sous pression sert à la fois de fluide *caloporteur* et de modérateur. Ce double rôle offre une sécurité importante. Si l'eau disparaît brutalement à la suite d'une rupture de canalisation, la chaleur n'est plus évacuée. Mais en même temps, l'eau jouant aussi le rôle de modérateur, les neutrons ne sont plus ralentis, la

réaction en chaîne s'arrête et avec elle le dégagement de l'énergie de fission. L'arrêt des fissions limite la gravité de l'accident.

En temps ordinaires, les ingénieurs choisissent un point de fonctionnement qui assure une stabilité naturelle, un point d'équilibre : le réacteur est conçu de telle façon que la réactivité diminue si la température du cœur augmente et inversement dans le cas contraire.

La sécurité en cas d'accident est assurée par les trois barrières qui séparent les matières radioactives de l'environnement : la gaine séparant le combustible de l'eau primaire, les parois de la cuve du réacteur et des échangeurs de chaleur ; l'enceinte de la centrale. L'accident le plus grave survenu à un tel réacteur fut celui de Three Mile Island aux États-Unis en 1979. C'est en raison de l'existence de ces trois barrières, qu'il n'y eut pas de retombées radioactives significatives pour la population.

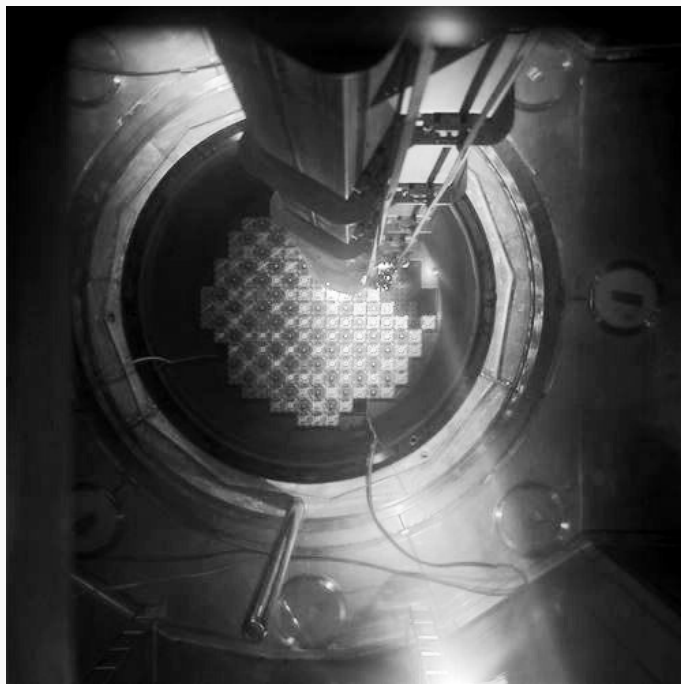


FIGURE 2 – Photographie du cœur d'un réacteur en cours de chargement à la centrale de Civaux, en Poitou-Charentes. Le couvercle de la cuve a été ouvert, et l'on aperçoit au fond de celle-ci la mosaïque des assemblages déjà en place, alors qu'un robot de manutention introduit un nouvel assemblage. Toutes les manutentions se font sous eau.

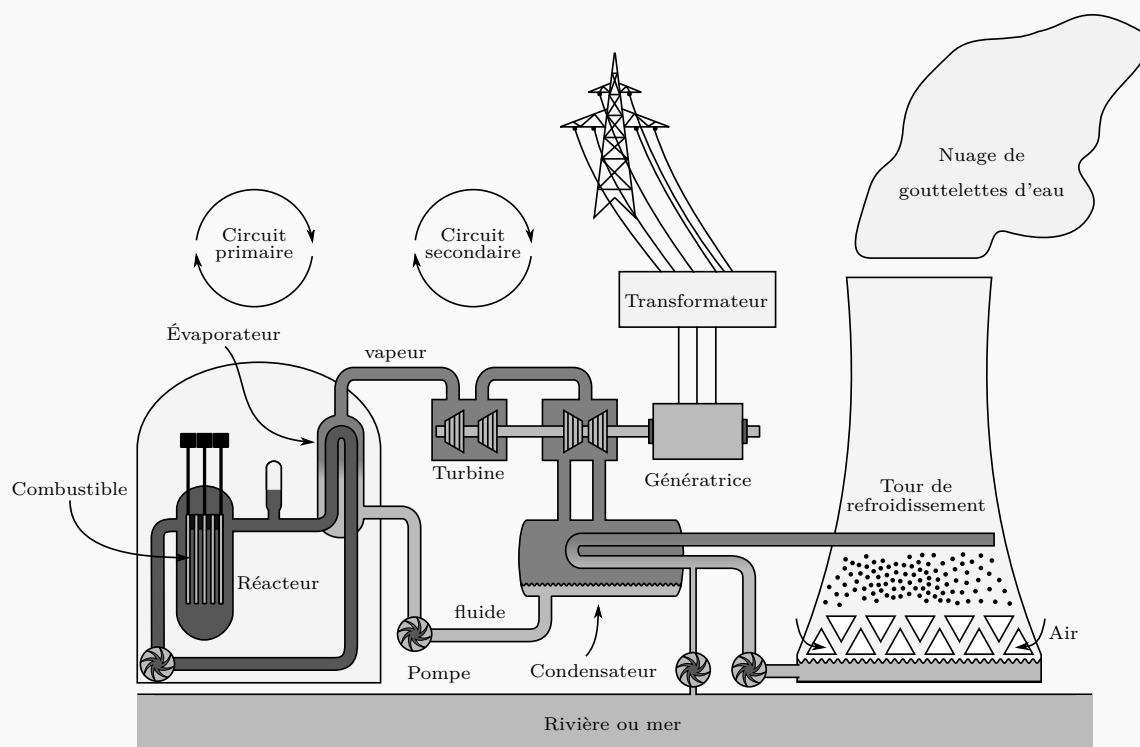


FIGURE 3 – Schéma du principe de fonctionnement d'une centrale nucléaire REP.

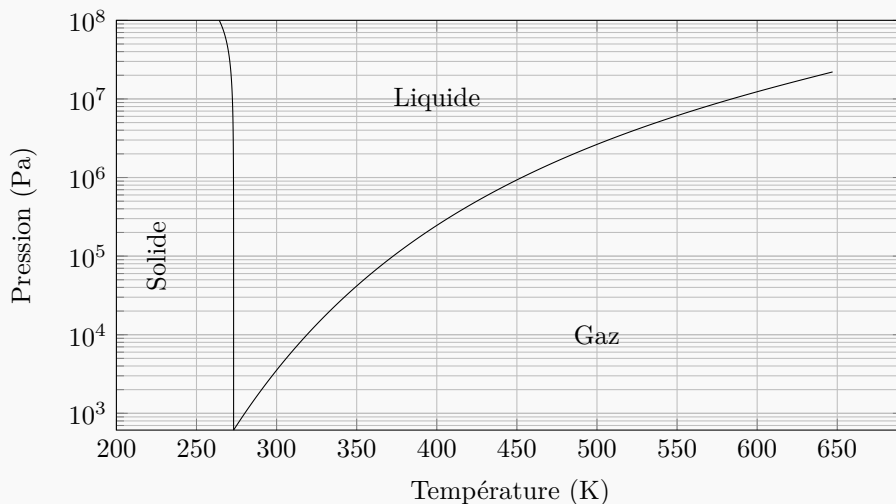
**Document 2 : DIAGRAMME  $P - T$  DE L'EAU**

FIGURE 4 – Diagramme de phases de l'eau.

**Document 3 : PARAMÈTRES DE FONCTIONNEMENT DU CIRCUIT PRIMAIRE DE CENTRALES À REP**

Dans le tableau ci-dessous on donne les paramètres de fonctionnement des réacteurs à eau pressurisée des centrales françaises les plus récentes :

Puissance thermique de la chaudière	4270 MW
Puissance électrique nette	1450 MW
Pression	155 bar
Température en entrée de cuve du réacteur	292 °C
Température en sortie de cuve du réacteur	328 °C
Température moyenne de l'eau dans le cœur	310 °C

1. Quel est le fluide utilisé dans les différents circuits d'une centrale REP ?
2. Quel est l'état physique du fluide dans le circuit primaire ?
3. Quelle est la pression minimale de l'eau dans le circuit primaire pour qu'elle conserve cet état physique. Est-ce compatible avec la valeur de pression utilisée dans un REP ?
4. Représenter schématiquement les transferts d'énergie du circuit primaire et ceux du circuit secondaire.
5. Représenter les transferts d'énergie de l'ensemble primaire+secondaire.
6. Pourquoi utilise-t-on plusieurs circuits séparés dans une centrale nucléaire, alors que ça n'est pas le cas pour une centrale thermique traditionnelle ?
7. Quelle est la valeur du rendement énergétique d'un réacteur à eau pressurisée ? Quelle est la valeur théorique maximale ? Commenter.
8. Pourquoi utilise-t-on une tour de refroidissement et pas uniquement l'eau de la rivière (que l'on rejetterait dans la rivière) ?