

Chapitre II

Les centrales nucléaires

La production d'énergie électrique par une centrale nucléaire est basée sur **la fission de noyaux atomiques** d'un **combustible nucléaire** (uranium ou du plutonium) qui permet de libérer une **énergie sous forme de chaleur**. Cette dernière est utilisée pour faire chauffer de l'eau afin d'obtenir une vapeur. La pression de cette vapeur d'eau entraîne ensuite en rotation une turbine accouplée à un alternateur qui produit à son tour de l'électricité.

I. La fission nucléaire

Dans une centrale nucléaire l'électricité est produite en faisant bouillir de l'eau grâce à la chaleur dégagée par la **fission** de leur **combustible nucléaire** (généralement c'est de l'uranium 235).

En effet, lorsqu'un noyau d'atome **d'uranium 235** est bombardé par un neutron (fig.17), il va devenir instable, s'étirer et se **fractionne en deux parties**, cette réaction est appelée **fission**.

Et la réaction nucléaire par fission va :

- libérer une grande quantité d'énergie sous forme de chaleur (**C'est cette énergie que l'on utilise pour produire de l'électricité**).
- dégager une partie de cette énergie sous forme de rayonnement (radiation alpha, bêta ou gamma).
- libérer des **neutrons** qui viennent alimenter la réaction de fission et bombarder les nouveaux noyaux (**réaction en chaîne**)

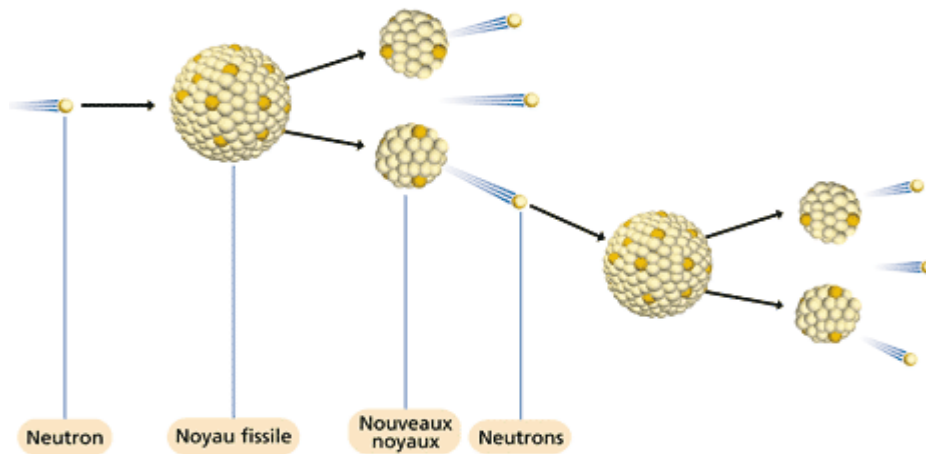


Fig. 17 : fission et réaction en chaîne

Chaque fission produit à son tour des neutrons d'énergie élevée qui, en se déplaçant parmi les atomes d'uranium 235, peuvent provoquer la fission d'un nouveau noyau d'atome d'uranium 235 et générer ainsi des **réactions en chaîne** (cascade de fissions) (fig. 17). On dit que La fission d'un **gramme d'uranium** produit plus de chaleur que la combustion d'une **tonne de pétrole**.

II. Réacteur nucléaire

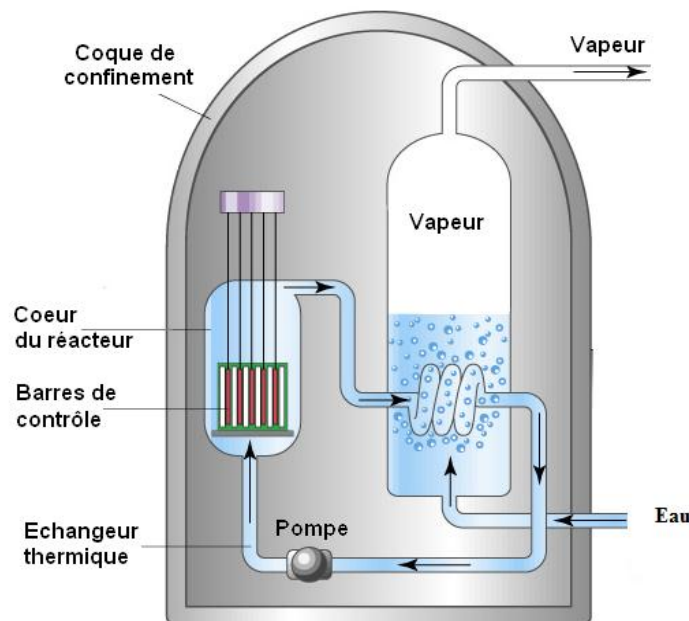


Fig. 18 : réacteur nucléaire

Un réacteur nucléaire sert à bouillir de l'eau, et d'utiliser la vapeur produite pour faire tourner une turbine qui elle-même entraîne un alternateur pour générer de l'électricité.

Cela est assuré par une réaction de fission en chaîne des atomes de l'uranium qui s'effectue au niveau de **cœur du réacteur**.

Dans un réacteur nucléaire, la réaction en chaîne est maîtrisée et se maintient à un rythme de fissions constant grâce à **des barres de contrôle** qui régulent le nombre de neutrons et à un **modérateur** qui régule leur vitesse (ralentissement des neutrons afin d'augmenter les chances qu'ils provoquent une fission).

On trouve donc principalement dans un réacteur nucléaire :

- **coque de confinement (ou enceinte de confinement)** : elle est à simple ou à double enceinte, c'est une structure en béton ou en acier, elle protège le public et l'environnement des produits radioactifs,
- **cœur du réacteur** : c'est la partie active du réacteur,
- **le circuit d'eau primaire** : son rôle est d'assurer le transfert thermique entre le cœur du réacteur et les générateurs de vapeur,
- **les générateurs de vapeur** et aussi une partie du circuit d'eau secondaire
- **les pompes primaires** servant à faire circuler le fluide caloporteur (eau),
- **le pressuriseur** : qui a pour fonction de maintenir l'eau traitée du circuit primaire à l'état liquide en la pressurant (pour que le liquide ne se vaporise pas) (il est représenté dans la fig. 21)

Nous allons expliquer brièvement la partie active du réacteur nucléaire qui est le *cœur du réacteur*.

III Cœur du réacteur :

C'est la partie active du réacteur (fig.19), elle contient : le combustible nucléaire, fluide caloporteur, modérateur et les barres de contrôle.

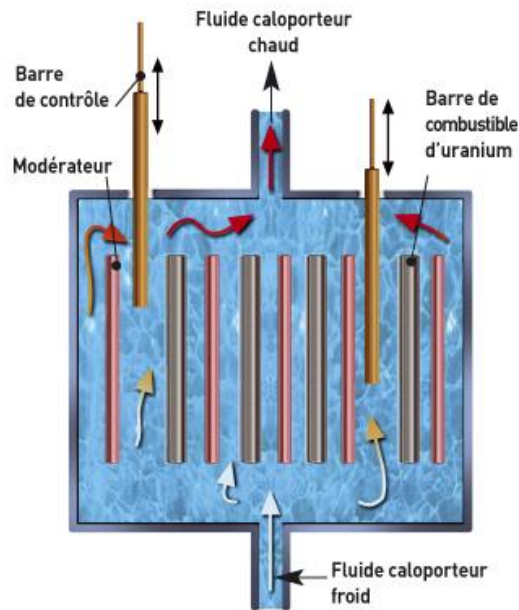


Fig. 19 : Cœur du réacteur

III.1. Le combustible nucléaire :

Un combustible nucléaire est la matière dont on extrait l'énergie dans un réacteur grâce à la réaction de fission. Celle-ci consiste à « casser » le noyau des atomes en les bombardant avec des neutrons. Parmi les principaux atomes fissiles utilisés comme combustible nucléaire est **l'uranium 235**, Celui ci est placé dans le **cœur du réacteur**.

Le combustible se trouve sous forme de pastilles d'uraniums arrangés l'un après l'autre dans des crayons pour former les *barres de combustible d'uranium* (fig. 20)

La préparation des assemblages de combustible

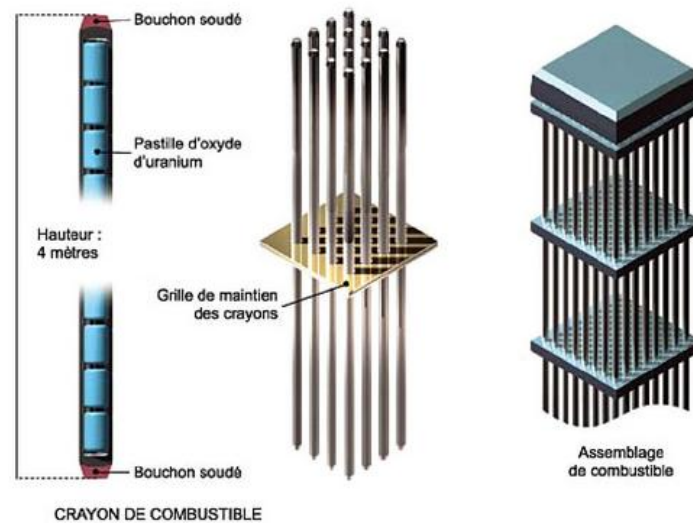


Fig. 20 : Combustible nucléaire

III.2. Les Barres de contrôle (fig. 18 et 19)

Servent à absorber les neutrons (ajustant la réaction de fission en chaîne) afin de maintenir et contrôler la puissance de réacteur au niveau quand veut, et par conséquent régler la puissance électrique souhaitable. Pour cela on fait descendre ou augmenter les barres à partir d'une salle de commande. En plongeant totalement les barres de contrôle au cœur du réacteur, la fission peut être ralentie, voire stopper.

III.3. Le fluide caloporteur (fig. 19)

L'énergie libérée sous forme de chaleur lors de la fission des noyaux d'uranium 235 est récupérée pour servir à la production d'électricité. Ce rôle est assuré par le caloporteur. En circulant autour des barreaux d'uranium, ce fluide joue deux rôles : prendre la chaleur du combustible pour la transporter hors du cœur du réacteur et maintenir sa température à une valeur qui convient aux tenues des matériaux.

III.4. Modérateur (figure 19)

Le modérateur est une substance sert à ralentir la vitesse des neutrons qui sont souvent trop énergétiques pour provoquer **efficacement** une nouvelle fission.

IV. Principe de fonctionnement

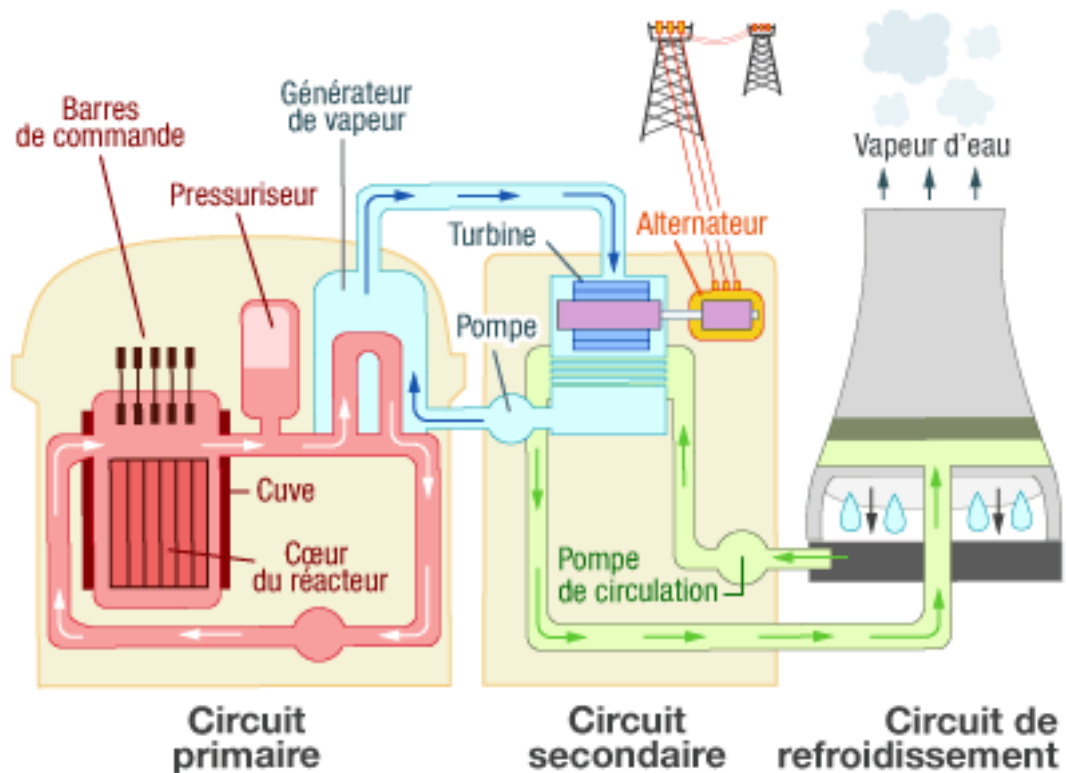


Fig. 21 : principe d'une centrale nucléaire

Le principe de fonctionnement d'une centrale nucléaire (fig. 21) pour produire de l'électricité s'effectue selon le processus suivant :

- **Le circuit primaire couleur en rose** (pour extraire la chaleur)

Dans le réacteur, la fission des atomes d'uranium (uranium enrichi) produit une grande quantité de chaleur. Cette chaleur fait augmenter la température de l'eau qui circule autour du réacteur, à 320 °C L'eau est mise sous pression pour la maintenir à l'état liquide (et l'empêcher à bouillir).

- **Le circuit secondaire couleur en bleu** (pour produire la vapeur)

Le circuit primaire chauffe le circuit secondaire par échange thermique. Dans le générateur de vapeur, l'eau du circuit secondaire se transforme en vapeur. La pression de cette vapeur fait tourner une turbine qui entraîne à son tour un alternateur. Grâce à l'énergie fournie par la turbine, l'alternateur produit un courant électrique alternatif. Un transformateur élève la tension du courant électrique produit par l'alternateur pour qu'il puisse être plus facilement transporté dans les lignes de haute tension.

- **Le circuit de refroidissement ou circuit tertiaire couleur en vert** (pour condenser la vapeur et évacuer la chaleur)

L'eau de ce troisième circuit refroidit le circuit secondaire à travers un condenseur alimenté par de l'eau en provenance de la mer ou d'un fleuve. Cette eau peut également être refroidie au contact de l'air dans des tours de refroidissement, ou aéroréfrigérants.

En effet, L'eau échauffée provenant du condenseur, répartie à la base de la tour, est refroidie par le courant d'air qui monte dans la tour. Une grande partie de cette eau retourne vers le condenseur, mais une petite partie s'évapore dans l'atmosphère, ce qui provoque l'échappement de la vapeur d'eau des tours de réfrigération.

V. Types de réacteurs

Il existe plusieurs types de réacteurs, on peut citer :

V.1 Réacteur à eau pressurisée (REP) : ou (**PWR** *pressurized water reactor* en anglais)

C'est le type des réacteurs nucléaires le plus utilisé et le plus répandue. Ce réacteur se compose de trois circuits, qui lui permettent d'utiliser l'énergie fournie par la fission des atomes d'uranium enrichi contenus dans son "cœur nucléaire".

Les REP utilisent de l'eau comme fluide caloporteur. Cette eau est maintenue sous haute pression pour rester sous forme liquide, et la vaporisation de l'eau du circuit secondaire se fait au niveau des générateurs de vapeur (fig. 22).

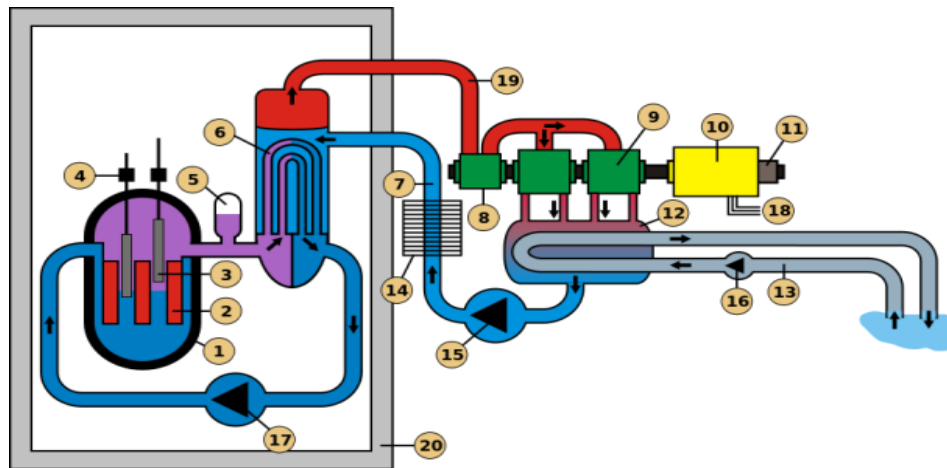


Fig. 22 : Réacteur à eau pressurisée (REP)

1. Cuve du réacteur en acier
2. Élément de combustible
3. Barre de commande ou de contrôle (de la réactivité)
4. Moteur de la barre de commande (ou de contrôle)
5. Pressuriseur situé dans le circuit primaire
6. Tube en U inversé du générateur de vapeur (GV) (le GV, un échangeur de chaleur, en compte des milliers)
7. Eau d'alimentation
8. Turbine haute pression (HP)
9. Un des corps de la turbine basse pression (BP)
10. Alternateur
11. Excitatrice
12. Condenseur (échangeur de chaleur)
13. Eau froide du circuit de refroidissement
14. Pré-réchauffeur
15. Turbopompe alimentaire (circuit secondaire)
16. Pompe de circulation à eau froide (circuit de refroidissement)
17. Pompe primaire centrifuge de l'eau traitée (borée) (circuit primaire)
18. Raccordement au réseau électrique
19. Vapeur du circuit secondaire
20. Enceinte de confinement en béton, mise en dépression

V.2 Réacteur à eau bouillante (REB) : ou (BWR *boiling water reactor* en anglais)

Un réacteur REB fonctionne avec de l'uranium enrichi. Mais contrairement au réacteur à eau pressurisée, l'eau est vaporisée (elle n'est plus pressurisée dans le cœur) et passe directement dans la turbine, sans circuit secondaire. L'enceinte de confinement empêche la dissémination de produits radioactifs en cas d'endommagement du cœur (fig. 23).

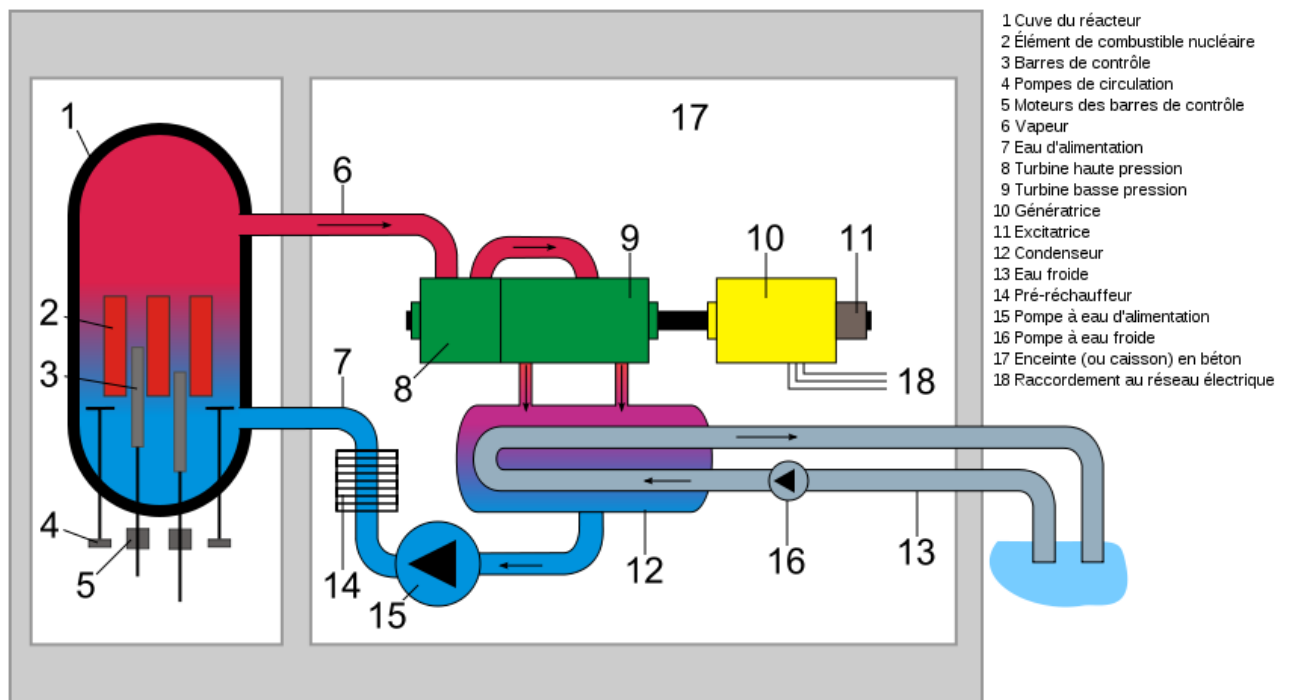


Fig. 23 : Réacteur à eau bouillante (REB)

IV. avantages et inconvénients des centrales nucléaires

Avantage :

- Très productrice et disponibilité de l'uranium que l'on trouve en grande quantité.
- Elle ne rejette pas de CO₂ mais seulement de la vapeur d'eau.

Inconvénients :

- Un des principaux problèmes qui sont souvent abordés est celui des déchets nucléaires (transport, stockage). En effet, ces déchets radioactifs sont très mauvais pour la santé et leur radioactivité diminue de façon très très lente :
- installation très coûteuse et nécessite de nombreuses précautions afin d'éviter les risque d'explosion, de fuite, de radiation.....
- Durée de vie des centrales nucléaires limitées (20 à 30 ans).