

LES MOYENS DE REFRIGERATION DES CENTRALES NUCLEAIRES

Sur le schéma ci-dessous, nous voyons :

1. Le circuit primaire (en rouge) qui tourne en boucle fermée,
2. Le circuit eau-vapeur secondaire (en vert et bleu) qui tourne également en boucle fermée et opère une séparation entre l'eau radioactive du circuit primaire et la partie conventionnelle,
3. Le circuit de refroidissement du condenseur (en rose) qui sert à transformer la vapeur qui s'échappe de la turbine en eau qui repart vers les générateurs de vapeur.

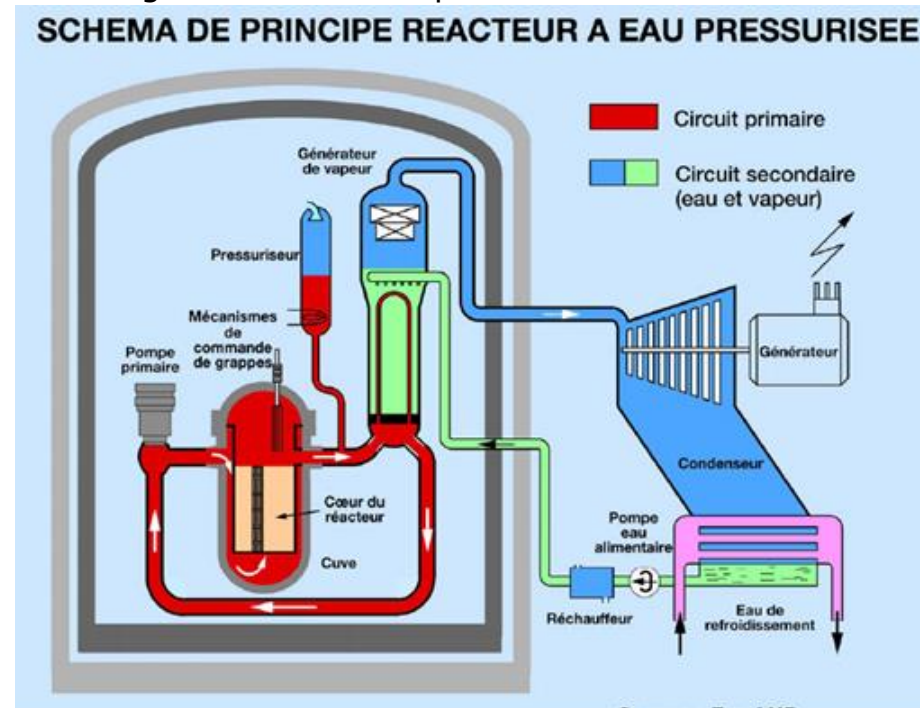


Figure N°1 – Centrale en circuit ouvert

La différence entre centrales à circuit ouvert avec l'eau de mer ou du fleuve pour source froide ou à circuit fermé avec l'air pour source froide s'opère sur ce troisième circuit.

Pour les tranches en bord de mer, la solution retenue est celle du circuit ouvert. Elle est prélevée en eau de mer et rejetée au large par un émissaire. Certaines centrales en bord de grand fleuve sont aujourd'hui en circuit ouvert, Tricastin, Bugey 2-3, Saint Alban, et Fessenheim pour mémoire.

Le rendement global d'une centrale nucléaire à eau pressurisée est de l'ordre de 35 % en raison du faible niveau de température de sortie vapeur du générateur de vapeur qui est de l'ordre de 280°C. Dit autrement, la puissance thermique d'un réacteur de 900 MW électrique est de 2700 MW dont 1800 MW seront ramenés à basse température (30 à 35°C) donc inutilisable car très dégradée. C'est hélas le principe physique de fonctionnement de toute machine thermique (Principe de Carnot ou 1^{er} principe de la thermodynamique).

Les centrales thermiques supercritiques ont des températures de sortie vapeur de 600 à 620°C et ont donc un meilleur rendement thermique. Cependant, quand elles sont au charbon (le plus souvent) il faut les doter d'un dépoussiéreur, d'un dispositif de désulfuration, d'un dispositif de dénitrification pour arrêter les oxydes d'azote et aujourd'hui, (en toute logique), d'un dispositif de captage-stockage de CO₂, tout dispositifs qui font perdre une partie des gains de rendement.

Pour revenir aux centrales nucléaires en circuit ouvert, une tranche de 1000 MW, a un débit d'eau de refroidissement de 20 m³/s et compte tenu de la puissance thermique à évacuer, cette eau est échauffée de l'ordre de 10 °C. Pour Bugey 2 et 3, il y a ainsi 40 m³/s d'eau prélevée à la température du fleuve et rejetée juste en aval avec un échauffement de 10 °C. Le débit moyen du fleuve étant de 400 m³/s, la température après mélange est élevée de 1°C.

Attention, plusieurs études réalisées sous l'égide de la DREAL, ont montré que ces augmentations de températures entre Bugey, Saint-Alban et Tricastin n'étaient pas cumulatives car il y a d'une part des échanges avec l'air et d'autre part des apports d'eau froide par les affluents. Par exemple la température du Rhône en aval de Lyon est généralement plus chaude que celle du Rhône après la confluence avec l'Isère. Ces études ont conclu que l'élévation de températures était de l'ordre de +1°C à l'embouchure du même ordre de grandeur que celle à la sortie du Léman due au réchauffement climatique.

Enfin pour toutes les centrales, il existe des arrêtés de rejet renouvelés tous les 10 ans qui fixent entre autres la température maximum au rejet et l'échauffement maximum après mélange. Quand ces valeurs sont proches d'être atteintes, les exploitants doivent baisser la puissance des tranches.

Ils peuvent être même amenés à les arrêter, comme en 2003, quand la température maximale autorisée après rejet était déjà atteinte par l'eau du fleuve en amont du prélèvement !

Centrales refroidies par tour d'aéroréfrigération.

Désormais toutes les nouvelles installations en bord de fleuves seront dotées de tours d'aéroréfrigération comme la plupart des installations actuelles, à l'exception de celles nommées plus haut, c'est-à-dire que la source froide n'est plus l'eau du fleuve mais l'air ambiant.

Il n'y a donc plus d'échauffement de l'eau du fleuve mais de l'air ambiant, échauffement non mesurable.

Dans ces centrales comme on le voit dans la figure 2, l'eau de refroidissement du condenseur est dirigée vers une tour en forme d'hyperboloïde de révolution. Cette forme particulière fait un effet de cheminée (Venturi) qui crée un immense courant d'air de bas en haut.

L'eau de refroidissement est dispersée en fines gouttelettes au-dessus des entrées d'air. Ces gouttelettes d'eau chaude vont alors avoir une fine pellicule qui va s'évaporer (comme la transpiration sur un corps humain) en refroidissant le reste de la goutte d'eau. Cette eau qui est alors à la température de l'air ambiant retombe dans un immense réservoir et repart vers le condenseur et nous avons ainsi un 3^{ème} circuit fermé.

Les conséquences sont multiples :

1. Une partie de l'eau va être évaporée et sortir de la tour sous forme d'un nuage et rejoindre le grand cycle de l'eau qui passe par les nuages et la pluie, cela représente 0,6 m³/s en moyenne en fonction de l'hygrométrie de l'air pour une tranche de 900 MWe et donc 1,2 m³/s pour un EPR de 1650 MWe
2. Il va falloir compenser le débit évaporé en puisant dans l'eau du fleuve,
3. Cette eau qui contient au départ les mêmes sels minéraux que l'eau du fleuve va progressivement les concentrer si rien n'est fait. Il y a donc une purge de la partie refroidie qui va repartir vers le fleuve et être également

compensée par un prélèvement en quantité égale, il faut compter 3m³/s pour une tranche de 900 MWe et 6m³/s pour un EPR2, eau qui est à la température de l'air,

4. La température de l'air est souvent plus chaude en été que la température de l'eau du fleuve. Elle atteint 30°C et plus. Dans ce cas, la température de l'eau de purge est plus chaude que celle du fleuve et il va y avoir un effet d'échauffement minime compte tenu du débit de purge par rapport au débit du fleuve,
5. Il arrive également qu'en hiver la température de l'air soit plus froide que la température de l'eau du fleuve et nous avons alors le cas inverse,
6. Enfin le rendement des unités en circuit fermé est alors tributaire des températures de l'air alors qu'il est fixé par celles du fleuve ou de la mer pour les unités en circuit ouvert,
7. La vapeur d'eau est le principal gaz à effet de serre, mais à la différence des autres gaz, le temps de séjour est extrêmement bref et les quantités de vapeur sont minimales.

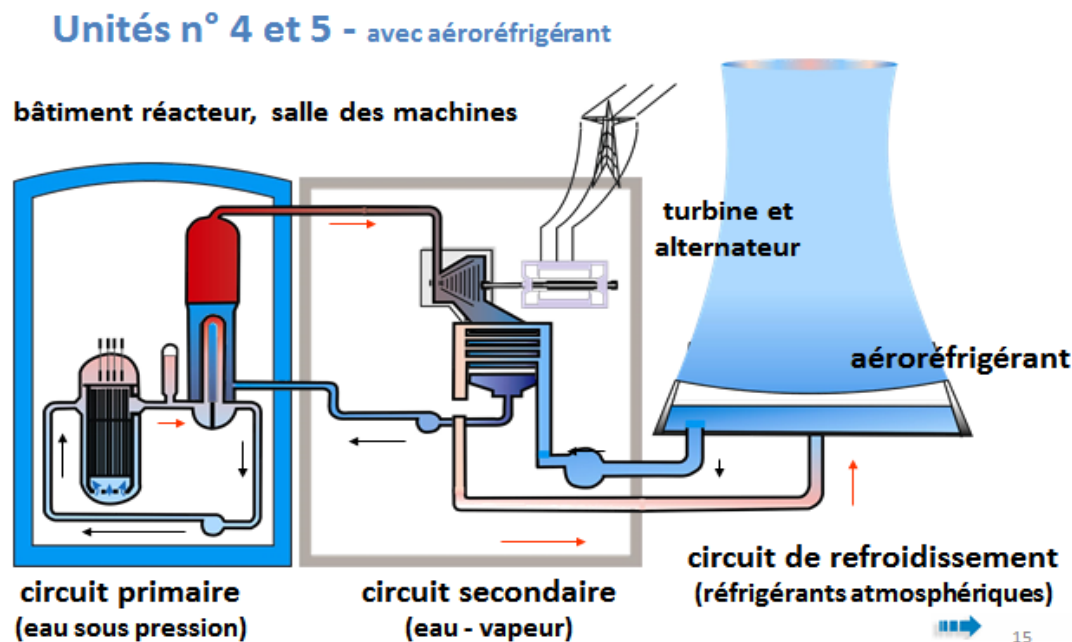


Figure 2 – Centrale refroidie en circuit fermé

Nota.

1 - Les ouvrages des tours de réfrigération sont des coques minces en béton armé totalement vides à l'intérieur. Même s'ils sont imposants ce sont des ouvrages infiniment plus faciles à réaliser que les ouvrages sous-marins de rejet en mer.

2 – Comme ce sont des voiles minces en béton armé, il est indispensable d'en assurer une surveillance annuelle pour réparer immédiatement toute fissure qui oxyderait les ferrailles et mettrait en péril à terme la résistance des ouvrages.

3 – Ce sont des ouvrages « légers » au sens qu'ils changent de position notamment avec les niveaux des nappes phréatiques. Il est aussi nécessaire d'en assurer la surveillance géodésique car les liaisons avec le circuit de réfrigération sont très peu élastiques.