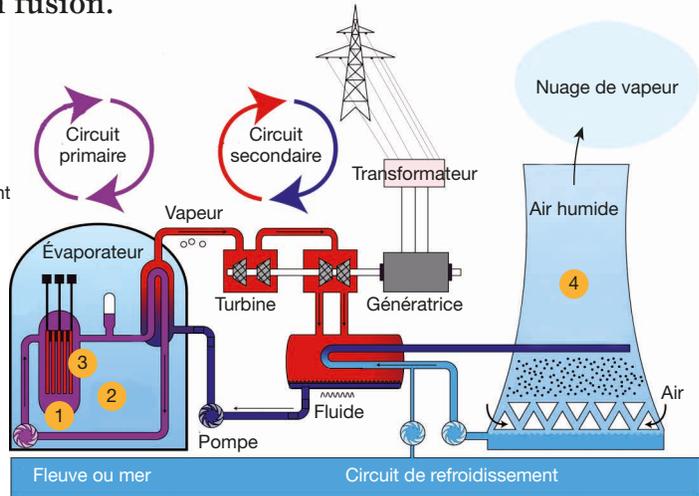


# L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

Au cours du XX<sup>e</sup> siècle, les physiciens ont réalisé que certaines réactions entre noyaux pouvaient produire de grandes quantités d'énergie. La découverte de cette « énergie nucléaire » continue à avoir de profondes conséquences : la fission est utilisée dans les réacteurs nucléaires tandis que des recherches sont en cours pour maîtriser la fusion.

- 1 Réacteur
- 2 Cuve de confinement
- 3 Combustible
- 4 Tour de refroidissement



## Réacteur nucléaire à Eau Pressurisée

Schéma de fonctionnement d'un réacteur à eau pressurisée, utilisé majoritairement en France pour produire l'électricité d'origine nucléaire. L'eau du circuit primaire (en violet) sert de fluide caloporteur : elle récupère l'énergie thermique produite lors des réactions de fission contrôlées par des barres de graphite. Cette chaleur, transmise au circuit secondaire (en rouge) est ensuite convertie en énergie électrique à l'aide des turbines et des génératrices. L'installation est refroidie en faisant circuler de l'eau froide (provenant d'un fleuve ou de la mer) et en libérant de la vapeur d'eau par les tours de refroidissement.

Au cœur de l'atome, se trouve le noyau. À l'intérieur, les liaisons qui unissent ses constituants (les protons et les neutrons) sont bien plus fortes que celles associant les atomes dans les molécules. Cela explique le potentiel de l'énergie dite « nucléaire » qui en est issue. Elle est exploitée depuis la découverte en 1938-1939 de la fission nucléaire. Lors de ce phénomène, un noyau lourd (l'uranium-235 par exemple) est brisé en deux noyaux plus légers par un neutron. Le processus libère de l'énergie et de nouveaux neutrons, susceptibles de casser d'autres noyaux lourds. Une réaction en chaîne peut alors se perpétuer jusqu'à épuisement du combustible. Dans les années 1940, ce phénomène a d'abord eu des débouchés militaires comme la tristement célèbre bombe atomique. Puis on a conçu des réacteurs nucléaires civils, capables de fournir de l'énergie en continu, avec des applications variées.

- Production d'électricité dans les centrales nucléaires (à hauteur de 80 % en France) ou dans des engins spatiaux comme le robot d'exploration martienne Curiosity.

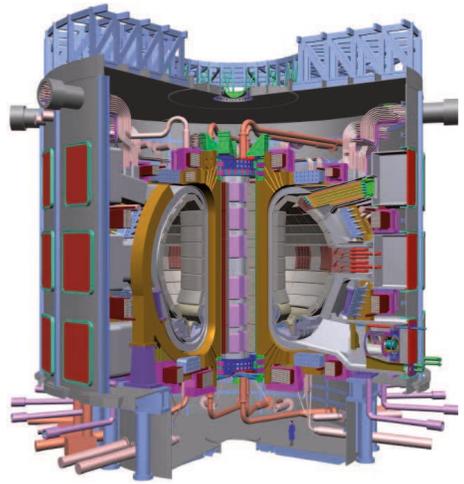
- Propulsion de navires : sous-marins, brise-glaces, porte-avions.
- Production dans des réacteurs dédiés d'une partie des isotopes radioactifs utilisés dans l'industrie (par exemple pour le contrôle de soudures par radiographie) ou en médecine (traceurs radioactifs et radiothérapie).

L'usage de l'énergie nucléaire fait l'objet d'un débat de société important en raison des risques d'accidents, comme l'ont montré les catastrophes nucléaires majeures de Tchernobyl et Fukushima. L'énergie nucléaire génère également des déchets radioactifs pouvant avoir une longévité de plusieurs milliers d'années. Les déchets à vie longue émettent des rayonnements ionisants dangereux pour les êtres vivants. Leur gestion (stockage, retraitement, décontamination, etc.) est donc fondamentale. La recherche explore plusieurs voies pour réduire la quantité et la toxicité de ces déchets.

- Les combustibles innovants : la fission du thorium-232 ou de l'uranium-238 permettrait d'économiser les ressources, tout en minimisant la production des déchets les plus dangereux.
- La transformation des déchets : une réaction appelée « transmutation » permettrait de briser les noyaux les plus dangereux, à durée de vie très longue, en éléments moins toxiques et à durée de vie plus courte. Cette idée est testée dans l'installation « GUINEVERE », un modèle à puissance réduite de réacteur dédié à l'incinération des déchets nucléaires.

Une autre voie consisterait à remplacer la fission par la fusion nucléaire. Lors de ce processus, deux noyaux atomiques légers s'unissent pour former un noyau plus lourd tout en libérant de l'énergie : par exemple deutérium + tritium  $\rightarrow$  hélium + neutron. D'un point de vue technologique, la fusion n'est pas encore maîtrisée : elle demande des plasmas denses et chauds, seuls susceptibles de vaincre la force de répulsion entre les charges électriques des noyaux et donc de les faire fusionner.

Il faudra attendre de nombreuses années avant de voir des réacteurs industriels basés sur ce principe. Mais le potentiel de cette nouvelle source d'énergie a suscité des recherches dans de nombreux pays depuis les années 1950. ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*), est en cours de construction sur le site de Cadarache en France et permettra de tester la stabilité du plasma dans une machine de taille représentative.



### La fusion nucléaire

Vue éclatée du prototype de réacteur nucléaire à fusion ITER. Le personnage en bleu en bas de la figure donne une idée de la taille de l'ensemble. ITER a pour objectif de fournir une puissance de 500 MW (dix fois supérieure à celle nécessaire à son fonctionnement) pendant 400 secondes, en faisant fusionner du deutérium et du tritium pour produire de l'hélium.