

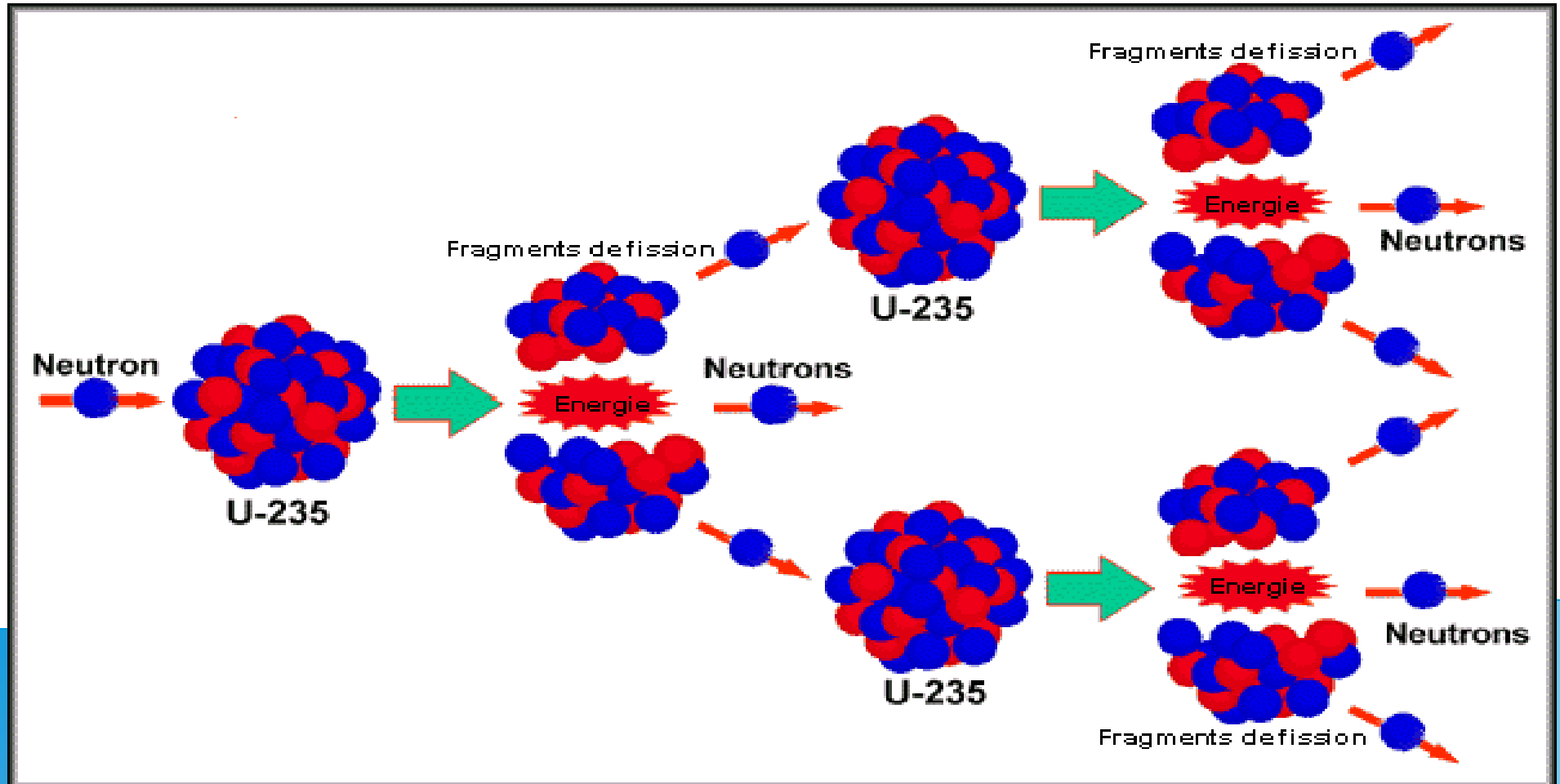
L'énergie nucléaire, un futur incontournable

Winston Churchill disait qu'on pouvait compter sur les Américains pour trouver la meilleure solution, naturellement après avoir essayé toutes les autres...

Enfin, notre pays n'est pas loin d'avoir fait la même chose.

Après des années de recul, d'hésitations et de tergiversations, il semblerait que la raison l'emporte. Il faut espérer que les **trente ans de retard ne seront plus qu'un mauvais souvenir.**

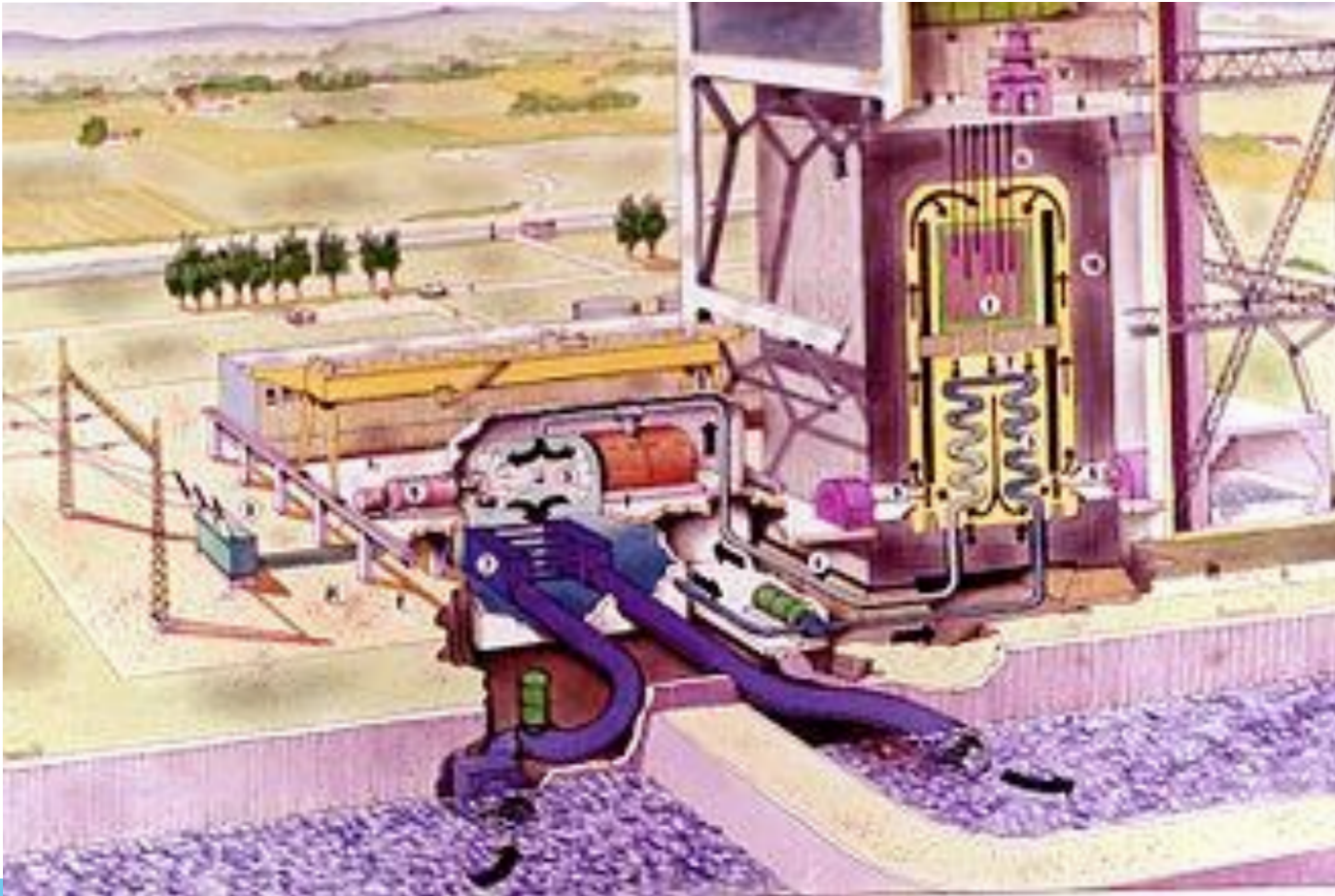
Principe de la fission nucléaire



Historique de la filière nucléaire française

- En 1945, le **général de Gaulle** crée le **CEA** afin de promouvoir la recherche et l'industrialisation de l'énergie nucléaire en France.
- En 1955, le **CEA** met en route à **Marcoule** le 1^{er} réacteur français utilisant l'uranium naturel comme combustible (filiale **UNGG**) d'une puissance de 2MW. Il produit de l'électricité mais sert surtout à produire du **plutonium** pour les militaires. Au total, **neuf réacteurs UNGG** seront produits en France entre 1955 et 1972.
- Le dernier d'entre-eux est construit à **Bugey** et atteint 540 MW.

Réacteur 1ère génération UNGG



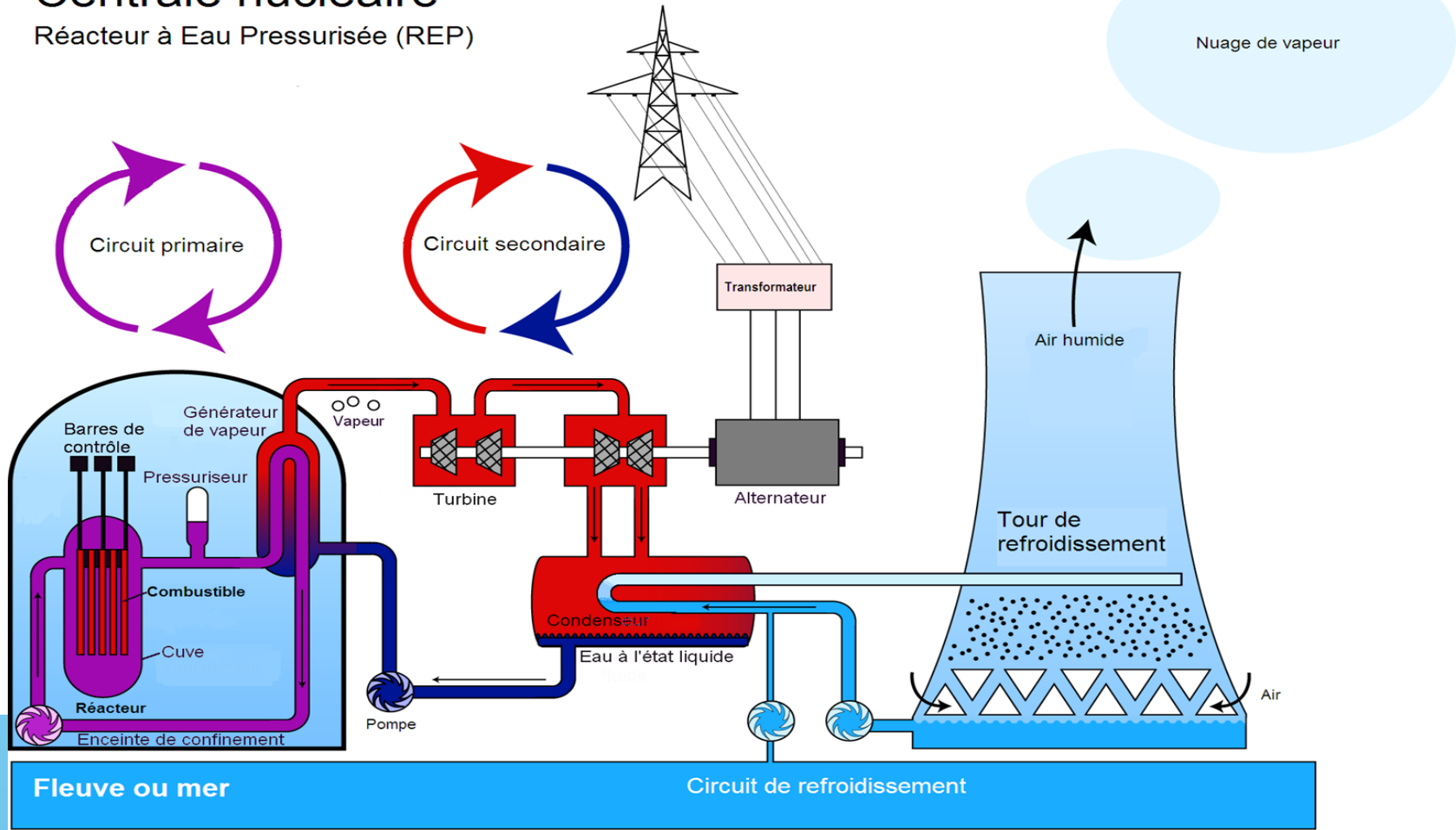
Historique de la filière nucléaire française (2)

- Le **choc pétrolier** de 1973 accélère la mise en place de la 2^{ème} génération de réacteurs nucléaires. **Georges Pompidou** décide l'abandon de la filière **UNGG** au profit de celle du **PWR** (REP en français) qui avait été développée par **Westinghouse**.
- En avril 1977, le premier de ces réacteurs démarre à **Fessenheim**. Il fournit environ 900 MW et le dernier équipera la centrale de **Civaux** en juin 1999, portant à 58 le nombre total de nos réacteurs **REP**.
- Avec l'arrêt des deux réacteurs de **Fessenheim** en 2021 et la mise en service de l'**EPR** de **Flamanville** le 03 septembre 2024, la France dispose de **57 réacteurs**.

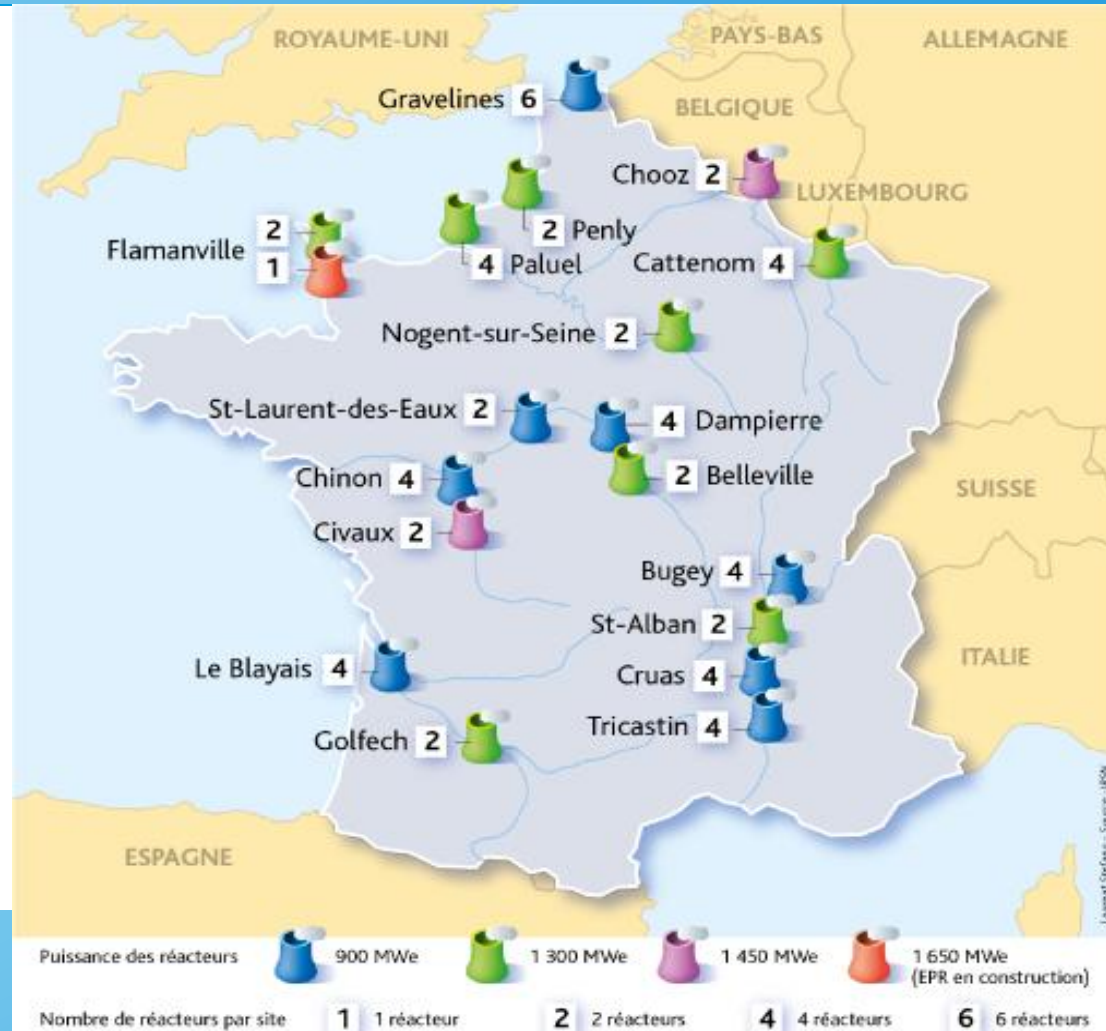
Centrale nucléaire 2ème génération

Centrale nucléaire

Réacteur à Eau Pressurisée (REP)



Répartition des centrales nucléaires



EPR : la troisième génération

EPR signifie *European Pressurized Reactor*. Franco-allemand au départ, les Allemands se retirent du projet en 1999. C'est en **2005** qu'est prise la décision de passer à l'**EPR**.

Ses avantages sont :

- Une meilleure sécurité (double enceinte, redondances, etc.),
- Une consommation d'uranium réduite,
- Une réduction des déchets radioactifs,
- Un meilleur rendement.

Fonctionnement d'un EPR

EPR

Réacteur à eau pressurisée

Enceinte de confinement du réacteur

Enveloppe intérieure en béton avec paroi métallique

Enveloppe extérieure en béton armé

Générateur de vapeur

Système de refroidissement

Pompe de refroidissement

Récupérateur du corium (si le cœur fond)

Cœur du réacteur
(sous pression)

Réservoir d'eau

Pressuriseur

Salle de contrôle

Turbines

Transforme la vapeur en électricité (turbine, alternateur, transformateur)

Réseau électrique

Générateurs diesel

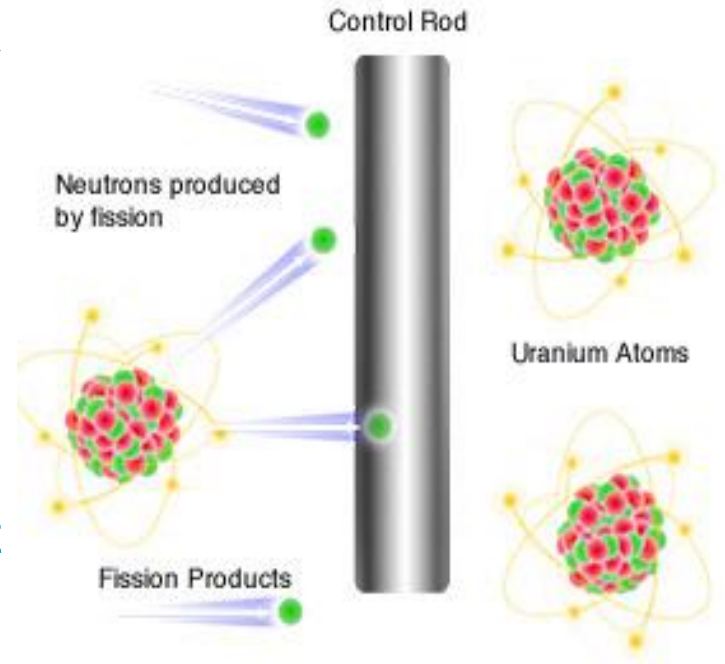
Fournit de l'électricité au système de sécurité du réacteur dans le cas de coupures d'électricité

Contrôle de la réaction nucléaire

La réaction nucléaire en chaîne peut être contrôlée à l'aide d'un dispositif appelé **barre de contrôle**. Les barres de contrôle sont constituées de matériaux absorbant les neutrons.

Ainsi, lorsqu'une barre de contrôle est insérée dans un réacteur nucléaire, elle réduit le nombre de neutrons libres disponibles pour provoquer la fission des atomes d'**uranium**.

Le niveau et la température de l'eau peuvent également avoir un impact sur le nombre de neutrons libres.



Le risque nucléaire

Jusqu'à ce jour trois accidents nucléaires majeurs se sont produits :

- ***Three mile island*** en 1979 aux **Etats-Unis**
- **Tchernobyl** en 1986 en **Ukraine**
- **Fukushima** en 2011 au **Japon**

Ces trois accidents ont entraîné la fusion partielle du cœur du réacteur nucléaire en raison de **l'impossibilité de le refroidir suffisamment les premières minutes.**

Depuis, ces moyens de refroidissement ont été doublés, voire triplés pour éviter leur reproduction.

De gros progrès accomplis pour la sécurité

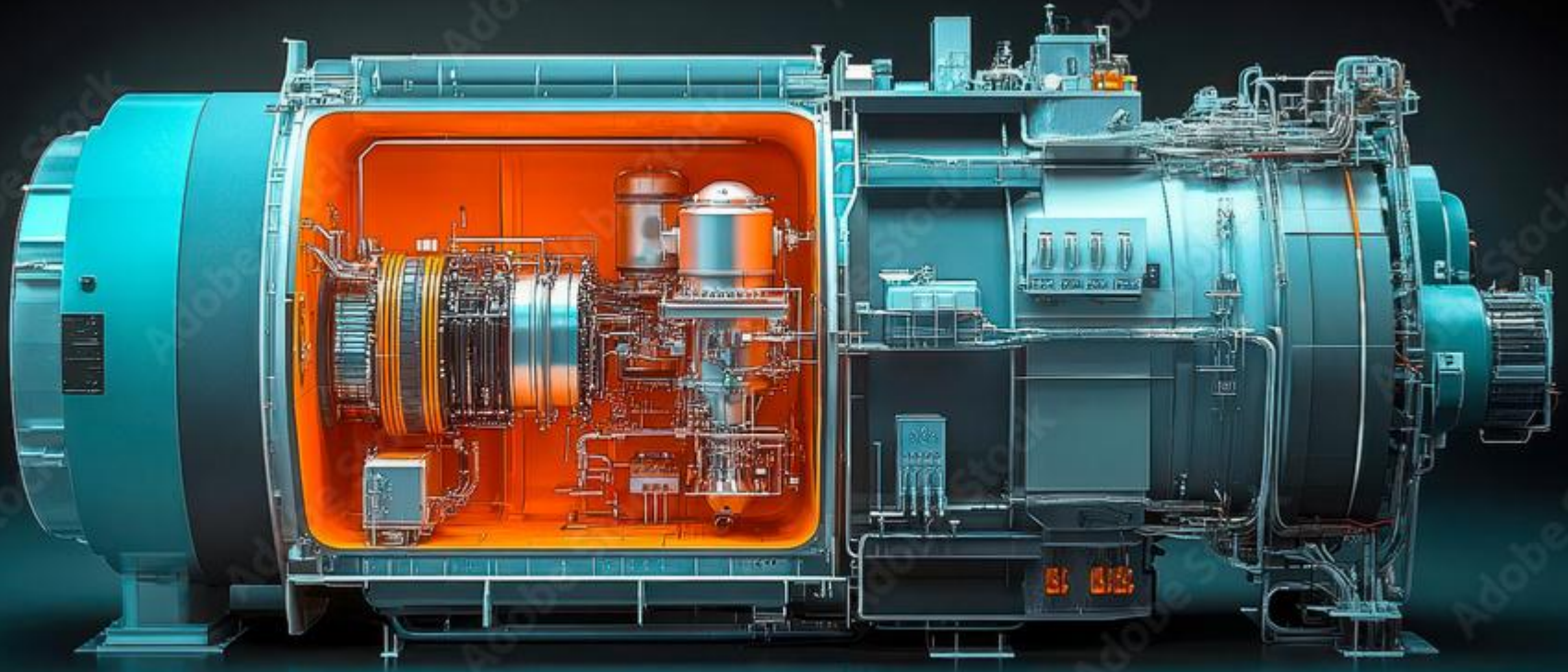
Sous l'influence de l'**ASN** (Agence de Sécurité Nucléaire) une autre approche de la **sécurité**, en partie inspirée par l'aéronautique, a été réalisée, prenant en compte non seulement la sécurité de fonctionnement des réacteurs proprement dit, mais également de tout ce qui pouvait être critique, y compris les conditions de **refroidissement du cœur nucléaire** lors d'un éventuel **arrêt d'urgence** afin d'éviter la fusion dans tous les cas.

Quel futur pour l'énergie nucléaire ?

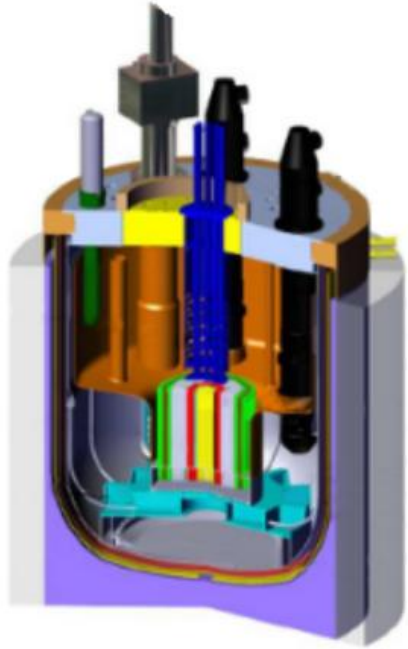
Plusieurs axes de développement sont d'ores et déjà à l'étude :

- Les **SMR**, dérivés des réacteurs de propulsion des navires, sont à l'étude. De faible puissance, ils peuvent être implantés partout, sont autonomes et sont de la 2^{ème} génération (**REP**)
- La 4^{ème} génération, utilisant la « *fission à neutrons rapides* » qui a été stoppée en 1993 alors qu'elle était le développement le plus intéressant car elle utilisait comme combustible les « *déchets* » de la fission à neutrons lents et notamment le plutonium qui, au départ, a été utilisé dans les armes nucléaires, mais devrait être réactivée en urgence dans la reprise du programme **Astrid**.

Small Modular Reactor (SMR)



Projet Astrid



- **ASTRID** (acronyme de l'anglais *Advanced Sodium Technological Reactor for Industrial Demonstration*) est un projet de prototype de réacteur nucléaire français de 4^{ème} génération, de type réacteur rapide refroidi au sodium, porté par le **CEA** de 2010 à 2019.
- C'est la suite du **Superphénix**, débuté au milieu des années 70 et qui donnait au programme nucléaire français (plan **Messmer**) tout son intérêt. Filière à neutrons rapides (13 800 km/s) elle permet d'utiliser les résidus radioactifs des générations précédentes et fournirait ainsi une énergie qui pourrait **alimenter la France** pour **10 à 15 siècles**, assurant notre **indépendance énergétique**.
- Malheureusement, les **mouvements écologiques** et le **manque de discernement de certains gouvernants** ont conduit à **l'anéantissement de cette filière** qu'il faudrait réactiver en urgence.

Futur du nucléaire (suite)

Enfin, la fusion nucléaire a fait d'énormes progrès et certains projets devraient bientôt entrer dans la phase industrielle autour de 2035-2040.

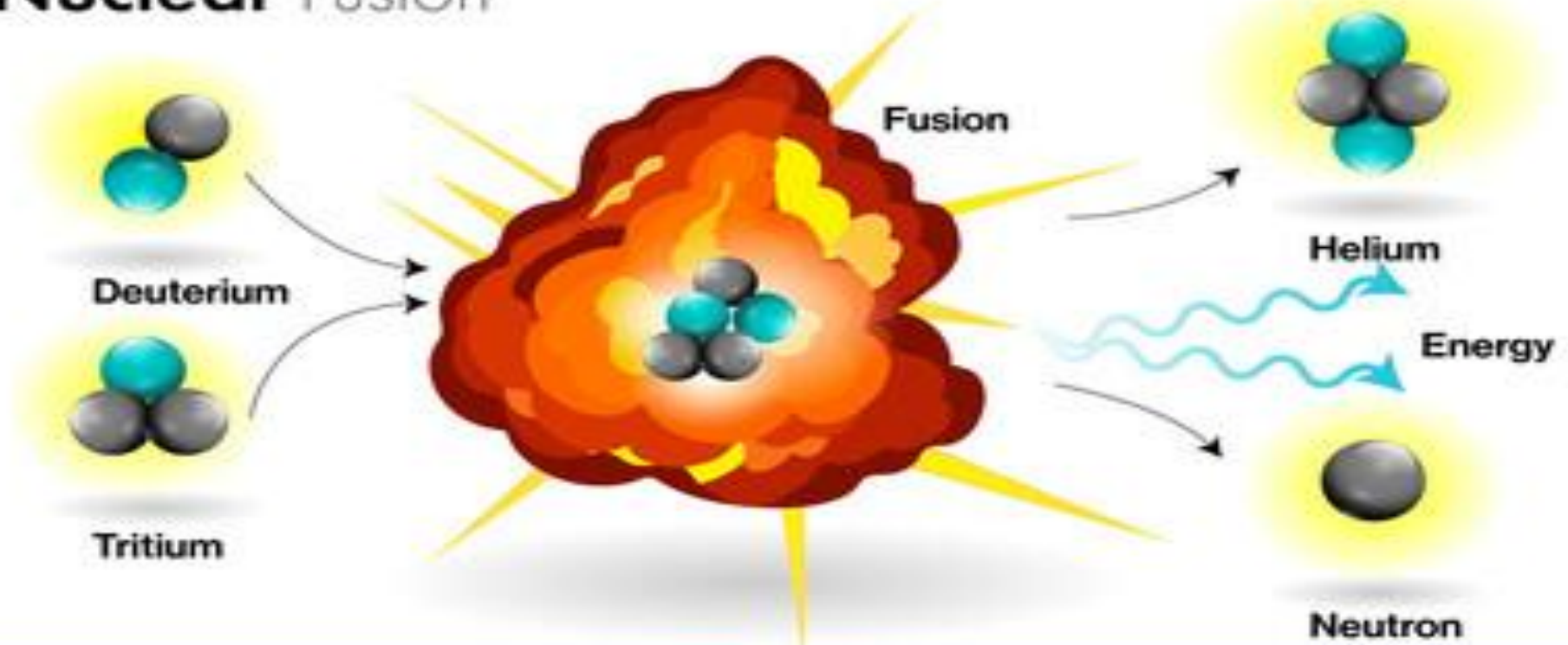
Il s'agit de provoquer, sous des conditions de température et de pression extrêmes, de provoquer la **fusion de deux atomes**.

Il n'y a plus de radioactivité et les produits de la fusion sont essentiellement de l'**hélium** et de l'**énergie en grande quantité**.

Ce **phénomène** est **naturel** dans le **Soleil** et se produit sous une température de **10 millions de °C** et une **pression** d'environ **200 millions d'atmosphères**.

Principe de la fusion nucléaire

Nuclear Fusion



Nuclear Fusion