

LE FONCTIONNEMENT D'UNE CENTRALE NUCLÉAIRE

But

Découvrir le principe de fonctionnement d'une centrale nucléaire.

Documents

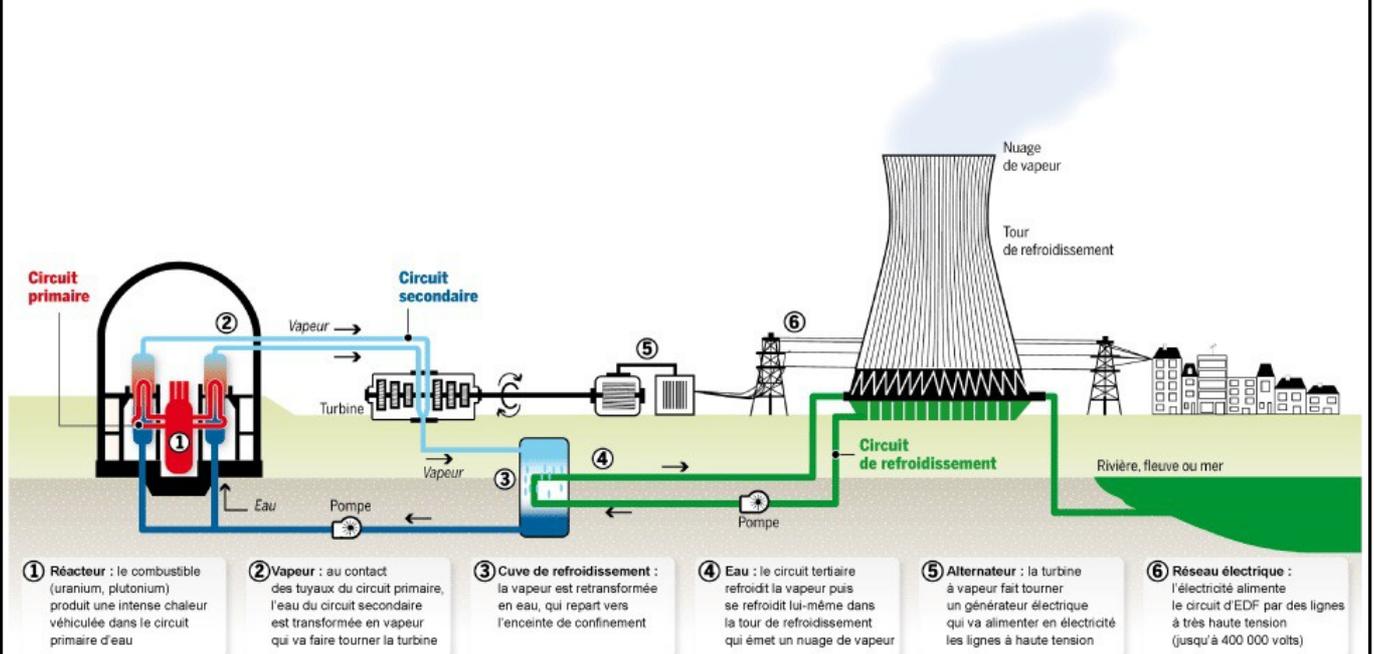
(s'approprier)



Doc.1 : Le principe de fonctionnement d'une centrale nucléaire

Comme les centrales thermiques brûlant des combustibles fossiles (pétrole, gaz, charbon) ou hydrauliques (barrages), une centrale nucléaire est une usine de production d'électricité. Une centrale nucléaire, comme une centrale thermique, utilise le même principe de fonctionnement, à savoir la transformation de chaleur en électricité.

Toutefois, alors que dans une centrale thermique cette chaleur est produite par de la combustion classique, dans une centrale nucléaire, c'est la **fission d'un noyau atomique** qui permet de produire cette chaleur. Dans les deux cas, l'objectif est de faire chauffer de l'eau afin d'obtenir de la vapeur. La pression de la vapeur permet de faire tourner une turbine couplée à un alternateur qui produit de l'électricité.



Source : <http://www.lemonde.fr/>

Vidéo

<https://www.youtube.com/watch?v=yi9v3Vyahk>

A SAVOIR

Doc.2 : Le combustible nucléaire

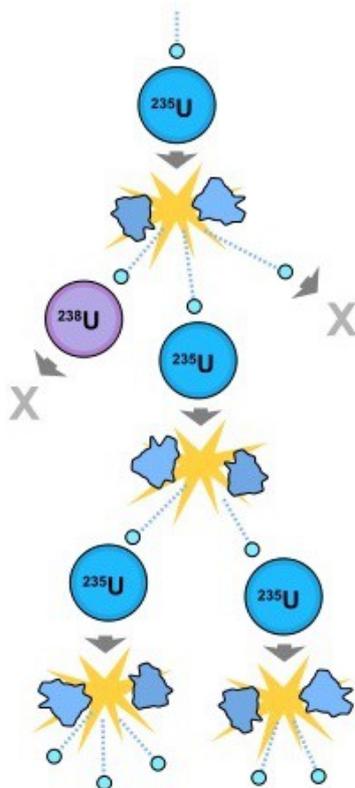
Le combustible d'une centrale nucléaire contient des atomes fissiles c'est-à-dire des atomes dont le noyau a la capacité de se casser sous l'action d'un neutron, et, ce faisant, de libérer une quantité considérable d'énergie. D'où le nom de « combustible » par analogie avec la matière fossile brûlée dans une centrale thermique classique. Les principaux atomes fissiles sont l'uranium 233, l'uranium 235, le plutonium 239 et le plutonium 241. Seul l'uranium 235 se trouve à l'état naturel. C'est donc le plus souvent lui qui est utilisé comme combustible dans les centrales nucléaires. Le combustible nucléaire est placé dans le cœur du réacteur.

Animation

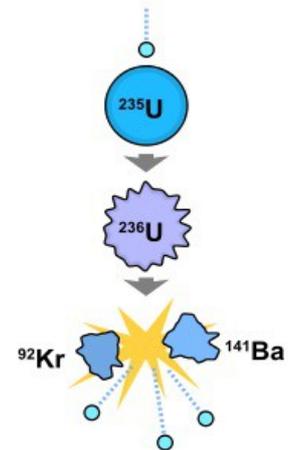
<http://www.cea.fr/>

Doc.3 : La fission nucléaire

Quand un noyau d'uranium 235 absorbe un neutron, il peut se fractionner en deux fragments. Ce phénomène, appelé « fission », génère une grande quantité d'énergie sous forme de chaleur. Le principe d'un réacteur nucléaire consiste à récupérer cette chaleur pour chauffer un fluide et produire de la vapeur qui permettra d'activer la turbine.



Source : <https://fr.wikipedia.org/>



Source : <https://fr.wikipedia.org/>

Chaque fission produit à son tour des neutrons d'énergie élevée qui, en se déplaçant parmi les atomes d'uranium 235 ou de plutonium, peuvent provoquer la fission d'un nouveau noyau d'atome d'uranium 235 et générer ainsi des réactions en chaîne (cascade de fissions). 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).

La fission d'un gramme d'uranium produit plus de chaleur que la combustion d'une tonne de pétrole.

Animation

<https://phet.colorado.edu/fr/simulation/legacy/nuclear-fission>

A SAVOIR

Doc.4 : Les équations des réactions nucléaires

Au cours d'une réaction nucléaire, il y a conservation :

- du **nombre de masse** entre les réactifs et les produits ;
- du **nombre de charge** entre les réactifs et les produits.

Ces lois de conservation sont appelées **lois de Soddy**.



Lors d'une réaction nucléaire, il n'y a pas conservation des éléments chimiques.

Une réaction nucléaire n'est pas une réaction chimique.



Conservation du nombre de charge : $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$

Conservation du nombre de masse : $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$

RAPPEL

Doc.5 : L'énergie libérée par une réaction nucléaire

En 1905, en élaborant la théorie de la relativité restreinte, Einstein postule que la masse est une des formes de l'énergie : « Tout corps au repos possède du seul fait de sa masse, une énergie E appelée énergie de masse ».

C'est la fameuse formule : **$E = mc^2$**

Toute réaction nucléaire s'accompagne d'une perte de masse, donc d'énergie de masse.

Cette perte se traduit par l'apparition d'énergie cinétique emportée par les noyaux ou particules formés (énergie thermique) d'une part, et d'énergie emportée par le rayonnement gamma (énergie électromagnétique) d'autre part.

Energie libérée en joule (J)

Vitesse de la lumière dans le vide en mètre par seconde ($m \cdot s^{-1}$)

$$E_{libérée} = |\Delta m| c^2 = |m_{produits} - m_{réactifs}| \cdot c^2$$

Défaut de masse en kilogramme (kg)

RAPPEL

Doc.6 : La tonne équivalent pétrole

La tonne d'équivalent pétrole (symbole tep) est une unité de mesure de l'énergie. Elle est notamment utilisée dans l'industrie et l'économie. Elle vaut, selon les conventions, 41,868 GJ parfois arrondi à 42 GJ, ce qui correspond au pouvoir calorifique d'une tonne de pétrole "moyenne". Cette unité a remplacé, de fait, la tonne équivalent charbon. Elle ne fait pas partie du Système international d'unités où l'énergie s'exprime en joules.

Quelques questions :

(analyser, réaliser)



1. Quel type de réaction nucléaire a lieu dans le cœur du réacteur ?
2. Ecrire une équation de réaction nucléaire ayant lieu au cœur d'un réacteur nucléaire.
3. A l'aide de l'animation suivante, déterminer l'énergie libérée par cette réaction nucléaire.

http://www.ostralo.net/3_animations/swf/masses_noyaux.swf

4. Vérifier que la fission d'un gramme d'uranium 235 produit plus de chaleur que la combustion d'une tonne de pétrole.

Données :

- 1 ua = $1,660538921 \cdot 10^{-27}$ kg
- 1 MeV = $1,602 \cdot 10^{-13}$ J

Conclusion :

(valider)



Quelle est l'origine de l'énergie électrique produite par une centrale nucléaire ?