

Séquence 12 Exploitation des ressources énergétiques

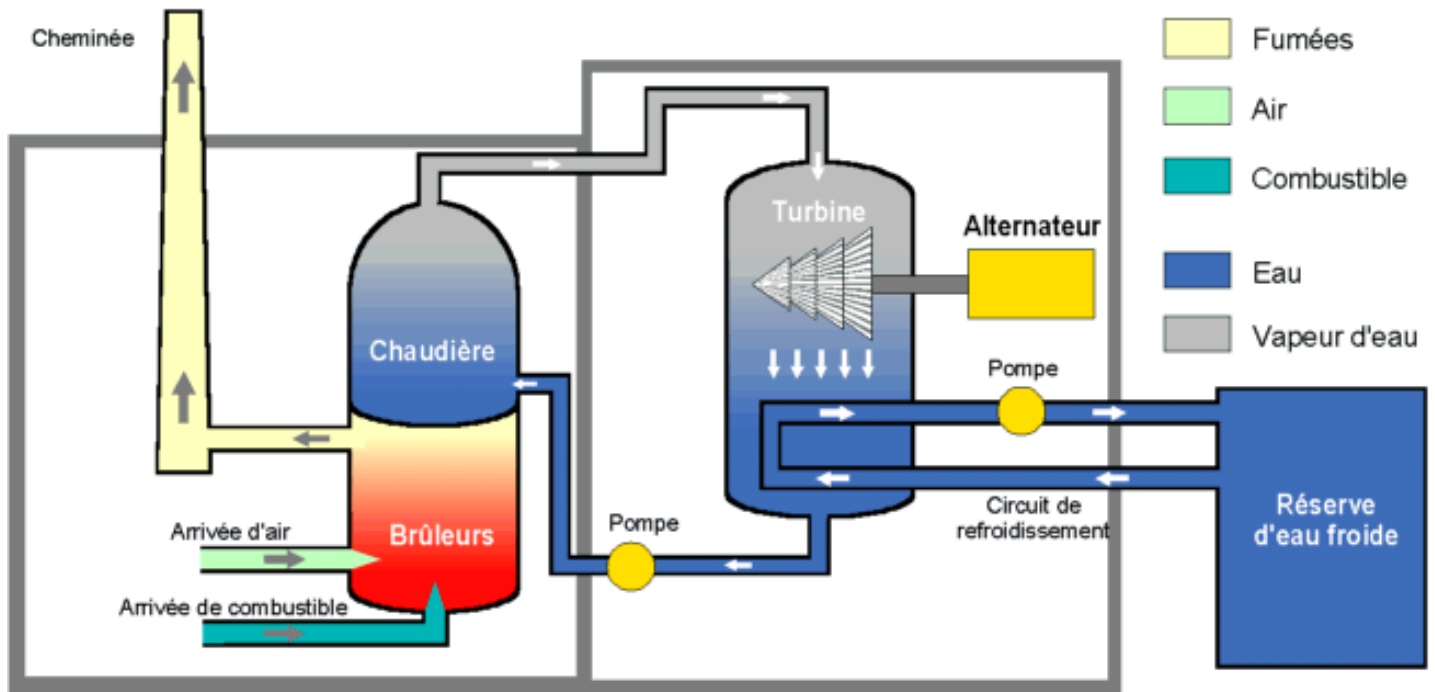
Contenu : Conversion d'énergie. Centrale électrique thermique à combustible fossile ou nucléaire. Réaction de combustion. Réaction de fission. Réaction de fusion. Le Soleil, siège de réactions de fusion nucléaire.

Compétences : Schématiser une chaîne énergétique pour interpréter les transformations d'énergie en termes de conversion et de dégradation. Identifier les différentes formes d'énergie intervenant dans une centrale thermique à combustible fossile ou nucléaire. Interpréter l'équation d'une réaction nucléaire en utilisant la notation symbolique A_ZX du noyau. À partir d'exemples donnés d'équations de réactions nucléaires, distinguer fission et fusion. Exploiter les informations d'un document pour comparer les énergies mises en jeu dans des réactions nucléaires et dans des réactions chimiques.

I - Les centrales thermiques à combustibles fossiles

1) Principe de fonctionnement

<http://perso.id-net.fr/~brolis/softs/domodidac/thermic.html>



Une centrale thermique à combustible fossile utilise l'énergie fournie par la combustion d'un combustible (charbon, pétrole, gaz naturel, gaz issus de hauts-fourneaux). Cette combustion a lieu dans une chaudière.

La combustion dégage une grande quantité de chaleur utilisée pour chauffer de l'eau dans la chaudière (ou générateur de vapeur). On dispose alors de vapeur d'eau sous pression.

Une circulation de la vapeur sous pression se crée et fait tourner à grande vitesse une turbine qui entraîne elle-même un alternateur qui produit une tension alternative sinusoïdale. À la sortie de la turbine, la vapeur est refroidie pour se transformer en eau, puis renvoyée dans la chaudière.

Le refroidissement de la vapeur issue de la turbine est confié à une réserve d'eau (cours d'eau) ou plus rarement à une tour de refroidissement analogue à celle d'une centrale nucléaire.

2) Questions

- Donnez la définition du terme « combustion ».
- Quelles sont les sources d'énergie utilisées dans ce type de centrale ?
- Quelles sont les formes d'énergie rencontrées dans ce type de centrale ?
- Schématisez une chaîne énergétique pour interpréter les transformations d'énergie qui y ont lieu.

II – Les réactions nucléaires

http://www.cea.fr/jeunes/themes/l_energie_nucleaire

Choisissez le menu « énergie nucléaire », différentes animations seront alors proposées pour répondre aux questions suivantes.

1) Animation : « de l'atome à la radioactivité », répondre aux questions suivantes :

- Comment est constitué un atome ?
- Pourquoi certains noyaux sont-ils instables ? Comment les qualifie-t-on alors ?
- Que vont-ils subir ? Quelle en sera la conséquence ?

2) Animations : « la fission », « la réaction en chaîne » puis « de l'uranium à l'énergie nucléaire »

- Quels sont les noyaux concernés par une réaction de fission ? Pourquoi ?
- Comment qualifie-t-on ces noyaux ?
- Sous l'impact de « quel projectile » cette réaction a-t-elle lieu ?
- Pourquoi parle-t-on de réaction en chaîne ?
- Dans quelle partie de la centrale nucléaire ont lieu les réactions nucléaires ?
- Qu'utilise-t-on pour les contrôler ?
- Au cours d'une de ces réactions de fission, après capture d'un neutron, un noyau d'uranium donne un noyau de krypton 93, un noyau de baryum 140 et 3 neutrons. Écrivez l'équation de cette réaction.

Données :

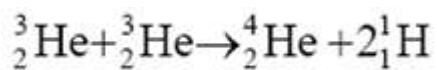
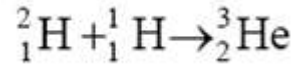
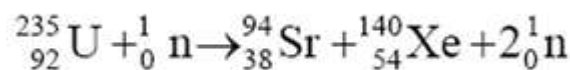
Noyau	Uranium	Krypton	Baryum	Hydrogène	Hélium	Particules	Symbole A_ZX
Symbole	U	Kr	Ba	H	He	Neutron	1_0n
Z	92	36	56	1	2	Électron	${}^{-1}_0e$

Lois de conservation : au cours d'une réaction nucléaire, le nombre total de protons Z et le nombre total de nucléons A sont conservés.

3) Animation : « la réaction de fusion »

- Qu'est-ce qu'une réaction de fusion nucléaire ?
- Quels sont les noyaux concernés ?
- Pourquoi cette réaction est-elle si difficile à réaliser ?
- Où se produit naturellement cette réaction ?

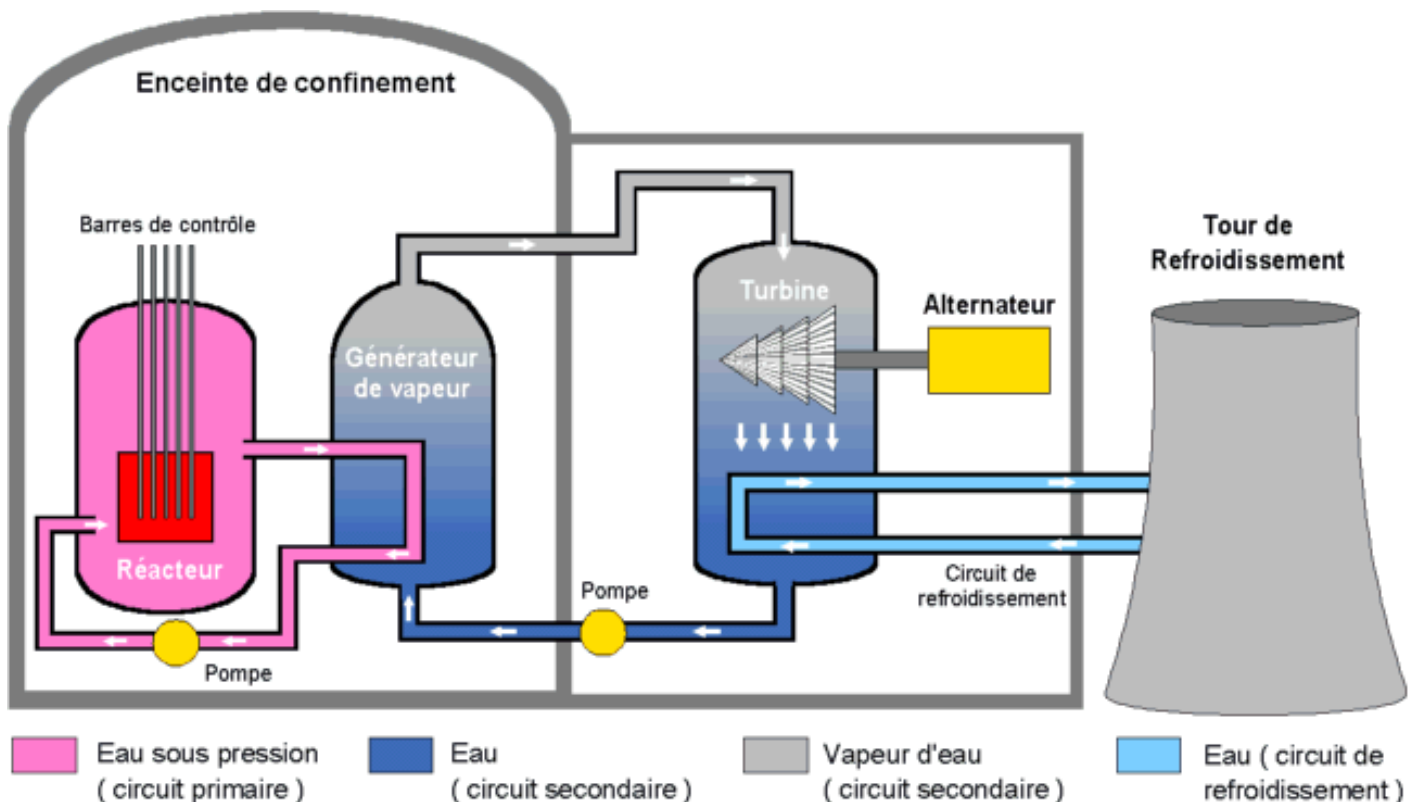
4) **Exercice** Identifiez les réactions correspondant à une fission ou à une fusion nucléaire.



III - Les centrales thermiques à combustible nucléaire

1) **Fonctionnement général**

<http://perso.id-net.fr/~brolis/softs/domodidac/pwr.html>



Une centrale nucléaire est une centrale thermique qui utilise l'énergie fournie par un réacteur nucléaire (fonctionnant avec de l'uranium 235 ou du plutonium 239). Ce réacteur produit une grande quantité de chaleur qui est captée par de l'eau sous pression circulant dans le circuit primaire (circuit fermé).

Par l'intermédiaire du générateur de vapeur, l'eau sous pression du circuit primaire communique sa chaleur à l'eau d'un deuxième circuit fermé, le circuit secondaire. Il est ainsi possible d'obtenir de la vapeur à haute pression dans ce circuit secondaire.

La pression de cette vapeur fait tourner à grande vitesse une turbine qui entraîne elle-même un alternateur qui produit une tension alternative sinusoïdale. À la sortie de la turbine la vapeur est refroidie pour se transformer en eau, puis renvoyée dans le générateur de vapeur.

Le refroidissement de la vapeur issue de la turbine est confié à une tour de refroidissement et/ou un cours d'eau important. Les deux systèmes de refroidissement peuvent être utilisés simultanément. Les tours de refroidissement sont souvent surmontées d'un nuage résultant de la condensation de la vapeur d'eau. Ce nuage ne doit pas être confondu avec de la fumée.

2) Questions

- Quels points communs y a-t-il entre le fonctionnement d'une centrale thermique à combustible fossile et celui d'une centrale thermique à combustible nucléaire ? Quelles sont les différences ?
- Quel type de réaction est à la base du fonctionnement d'une telle centrale ?
- Quelles sont les formes d'énergie rencontrées dans ce type de centrale ?
- Schématiser une chaîne énergétique pour interpréter les transformations d'énergie qui y ont lieu.

III - Les réactions nucléaires au sein du soleil

1) Étude de document extrait du site www.cea.fr

Qu'est-ce qu'une réaction nucléaire de fusion ?

La réaction nucléaire de fusion, donne naissance, à partir de deux noyaux d'atomes légers, à un noyau plus lourd. Elle s'accompagne d'une forte libération d'énergie. La fusion est difficile à obtenir car deux forces différentes et opposées interviennent dans son mécanisme :

- L'interaction nucléaire forte, qui lie les neutrons et les protons dans le noyau. Très intense, elle n'agit qu'à très faible distance, pas plus loin que le rayon de noyau ;
- L'interaction électromagnétique à laquelle sont soumises toutes les particules chargées, qui agit à longue distance. Elle empêche les noyaux des atomes, chargés positivement, de s'approcher assez près les uns des autres. Elle crée en quelque sorte une barrière répulsive.

Pour arriver à franchir cette barrière et se rapprocher suffisamment pour fusionner, les noyaux doivent se trouver dans un état d'agitation très grand. C'est le cas lorsqu'ils sont portés à très haute température.

La fusion, à l'état naturel, existe donc dans des environnements extrêmement chauds que sont les étoiles, comme le Soleil. Au centre du Soleil, la température atteint 15 millions de degrés, température qui permet la fusion des noyaux les plus légers, comme ceux de l'hydrogène (un proton) et de l'hélium (deux protons et deux neutrons).

Le résultat de la fusion de l'hydrogène dans le Soleil est le suivant : quatre noyaux d'hydrogène forment un noyau d'hélium (voir le schéma suivant). De l'énergie est libérée. Dans cette réaction, la somme des masses des quatre noyaux d'origine est supérieure à la masse du noyau final. En vertu de l'équation d'équivalence entre la masse et l'énergie dite équation d'Einstein, $E=mc^2$, la masse manquante, « m », s'est transformée en énergie, E. Où est passée l'énergie ? Elle a été émise essentiellement sous forme de lumière et de chaleur. Sous forme de lumière, cette énergie rayonnée suffit à faire briller le Soleil et, sous forme de chaleur, à entretenir la vie sur Terre.

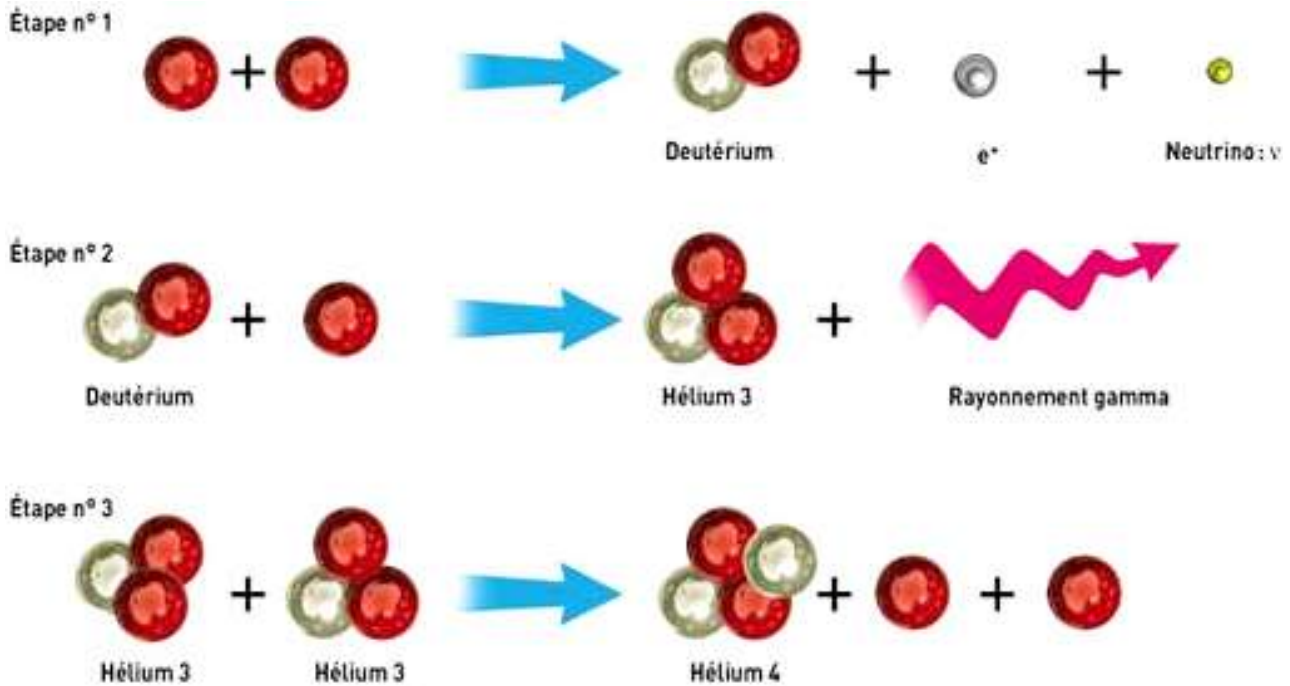
Schéma de la transformation de l'hydrogène en hélium dans le Soleil

Comme toute étoile, le Soleil est un gigantesque réacteur nucléaire. En son cœur, des réactions nucléaires de fusion ont lieu, au cours desquelles, l'hydrogène est transformé en hélium en libérant de l'énergie. La température au centre du Soleil est de quinze millions de degrés et la densité est de cent cinquante fois celle de l'eau (150 g/cm^3).

La transformation de l'hydrogène en hélium est complexe, elle se déroule en trois étapes :

- Première étape: deux protons interagissent pour former du deutérium. Au cours de ce processus, un proton est transformé en neutron, en émettant un positron ou électron de charge positive et un neutrino, particule de la même famille que l'électron transportant de l'énergie, de masse très faible.
- Deuxième étape: un deutérium se combine avec un proton pour former de l'hélium 3 en libérant de l'énergie sous la forme d'un rayonnement gamma (ou photon).
- Troisième étape: deux noyaux d'hélium 3 fusionnent pour former l'hélium 4 en éjectant deux protons.

Lorsque le cœur solaire aura transformé tout son hydrogène en hélium, le Soleil se contractera sous l'effet de l'énergie de gravitation. La température en son centre augmentera jusqu'à déclencher la fusion nucléaire de l'hélium.



2) Questions

- De quel type de réaction est-il question dans le texte ?
- Quelles sont les différences entre cette réaction et la réaction de fission.
- Écrivez l'équation de chacune des étapes décrite puis l'équation globale.

Remarque : le deutérium est le nom donné à un isotope de l'hydrogène, l'hydrogène 2.

IV - Les énergies mises en jeu

Énergie produite par différentes réactions : (en J par kg de combustible)

Combustion de 1 kg de pétrole	$42 \cdot 10^6$
Combustion de 1 kg de charbon	de $15 \cdot 10^6$ à $27 \cdot 10^6$
Combustion de 1 kg de butane	$49 \cdot 10^6$
Fission de 1 kg d'uranium 235	$7,5 \cdot 10^{13}$
Fusion de 1kg d'hydrogène	$5,9 \cdot 10^{14}$

Questions

- Quelle est la réaction qui produit le plus d'énergie par kilogramme de combustible ?
- Quelle est celle qui en produit le moins par kilogramme de combustible ?
- Quelle masse d'uranium 235 pourrait produire autant d'énergie qu'un kilogramme de pétrole ?