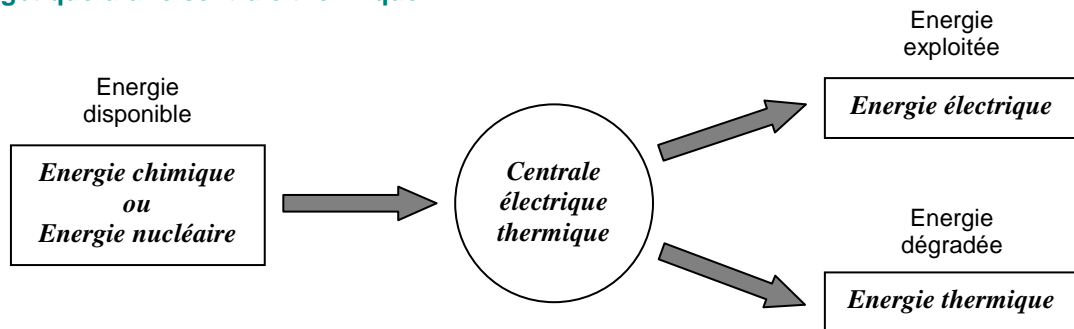


Chapitre 3 : Les centrales thermiques

I. Chaîne énergétique d'une centrale thermique

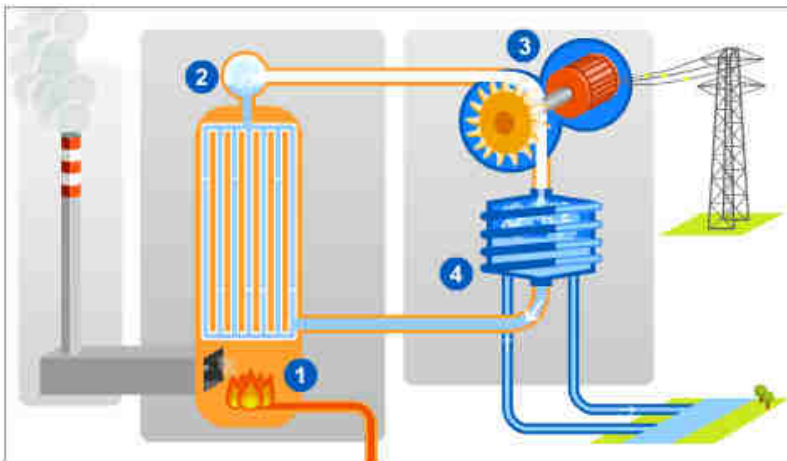


Questions :

- Pourquoi dit-on d'une centrale qu'elle permet une conversion de l'énergie ?
- Sous quelle forme est dégradée l'énergie lors de la conversion par la centrale ?
- Comment est évacuée l'énergie dégradée par une centrale ?
- Donner l'expression théorique permettant d'estimer le rendement d'une centrale thermique.

II. Principe de fonctionnement

II.1 Conversion de l'énergie



↑ Fonctionnement d'une centrale thermique à flamme (www.edf.com)

① Source de chaleur :

Le combustible (fossile ou nucléaire) est utilisé pour chauffer de l'eau. Dans le cas d'une centrale à flamme, l'eau chauffée est directement transformée en vapeur alors que dans une centrale nucléaire, la chaleur de l'eau du circuit primaire est transmise à l'eau du circuit secondaire qui est alors transformée en vapeur.

② Formation de vapeur d'eau :

L'eau transformée en vapeur est envoyée sous pression vers les turbines.

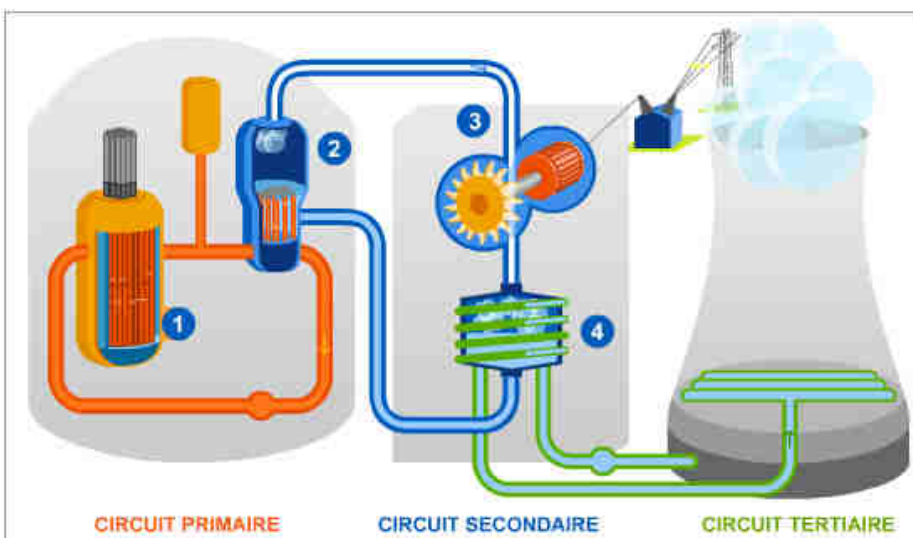
③ Production du courant :

La vapeur sous haute pression fait tourner une turbine qui entraîne un alternateur. Grâce à l'énergie mécanique fournie par la turbine à l'alternateur, ce dernier produit un courant électrique alternatif.

④ Refroidissement :

À la sortie de la turbine, la vapeur du circuit secondaire est à nouveau transformée en eau grâce à un condenseur dans lequel circule de l'eau froide en provenance de la mer ou d'un fleuve.

En bord de rivière, l'eau de ce troisième circuit peut alors être refroidie au contact de l'air circulant dans de grandes tours, appelées aéroréfrigérants.



↑ Fonctionnement d'une centrale thermique nucléaire (www.edf.com)

Questions :

- Quels sont les éléments communs aux deux types de centrale thermique ?
- Pourquoi n'utilise-t-on pas directement l'eau du circuit primaire pour faire tourner la turbine d'une centrale nucléaire ?
- Que fait-on de l'énergie dégradée par ces centrales ? Cette énergie peut-elle être réutilisée ? Comment se nomme une telle récupération d'énergie ?

II.2 Utilisation des combustibles fossiles

Le carburant le plus souvent utilisé dans ce type de centrale est le charbon mais on trouve aussi des chaudières utilisant de la biomasse, du gaz naturel, du pétrole, du fioul ou des déchets municipaux.

La plupart des centrales à charbon sont de type « à charbon pulvérisé » : le charbon est réduit en poudre très fine dans des broyeurs et injecté dans le foyer de la chaudière pouvant mesurer jusqu'à 90 m de haut. Le rendement peut alors atteindre plus de 45% contre seulement 35% dans une centrale à gaz.

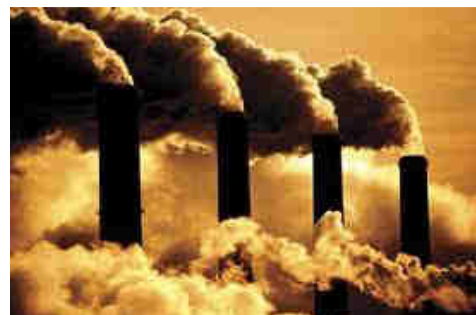
La production de chaleur dans les centrales à flamme est assurée par des réactions chimiques :

Centrale à charbon : $\dots \text{C} + \dots \text{O}_2 \rightarrow \dots \text{CO}_2$

Centrale à gaz : $\dots \text{CH}_4 + \dots \text{O}_2 \rightarrow \dots \text{CO}_2 + \dots \text{H}_2\text{O}$

Questions :

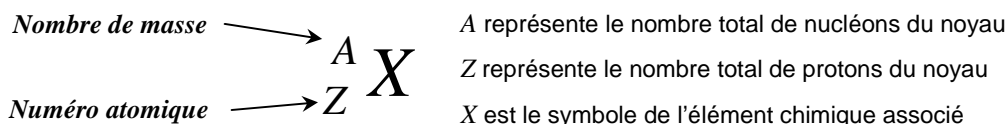
- Equilibrer ces équations chimiques.
- Pour chacune d'elle, préciser le comburant et le combustible.
- Quel est, d'après ces équations, un inconvénient majeur des centrales à combustibles fossiles ?



II.3 Utilisation du combustible fissile

A retenir :

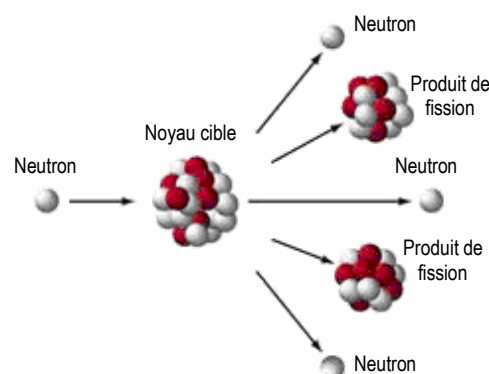
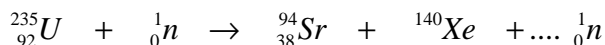
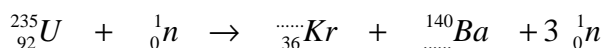
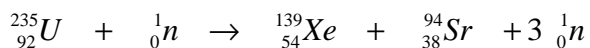
Un atome possède un noyau formé de nucléons (protons et neutrons) autour duquel se déplacent à grande vitesse des électrons. Le noyau d'un atome, appelé nucléide, peut se symboliser par l'écriture suivante :



Le seul combustible utilisé dans une centrale nucléaire conventionnelle est l'isotope 235 de l'uranium (symbole ${}^{235}_{92}\text{U}$)

L'uranium 235 est le seul atome naturel fissile, c'est-à-dire, le seul à pouvoir se scinder en deux au contact d'un neutron de faible énergie (neutron lent). La fission de cet atome est une réaction dite nucléaire qui s'accompagne d'un dégagement important d'énergie sous forme de chaleur. Cette chaleur est alors utilisée pour chauffer l'eau du circuit primaire du réacteur nucléaire de la centrale.

Exemples de fission de l'uranium dans un réacteur nucléaire :



Questions :

- En utilisant la première équation, quelle observation peut-on faire sur les nombres de masse et les numéros atomiques ? Compléter alors les deux autres équations bilans proposées.
- Donner deux autres exemples d'isotopes de l'uranium 235.
- Retrouver le nombre de masse et le numéro atomique d'un proton isolé noté p .
- Quelle est la différence fondamentale entre une réaction chimique et une réaction nucléaire ?

III. Vers une énergie propre ?

Les centrales à combustibles fossiles souffrent de trois gros inconvénients :

- la dépendance énergétique des pays qui ne disposent pas de ces ressources
- les réserves énergétiques dont l'exploitation n'excédera pas quelques dizaines d'années.
- la pollution atmosphérique importante engendrée par leur fonctionnement

Les centrales nucléaires ne font guère mieux (dépendance à l'uranium, dangerosité des centrales, déchets nucléaires très dangereux...).

Pour pouvoir mesurer l'impact réel des différentes technologies produisant de l'énergie sur l'environnement et sur le dérèglement climatique, il faut prendre en compte non seulement la pollution générée lors de leur fonctionnement, mais aussi lors de l'extraction et du transport des éventuels combustibles et lors de la construction de l'unité de production (centrale, panneau solaire, éolienne, barrage...).

On obtient alors les chiffres du tableau ci-contre.

Technologie	grammes de CO ₂ par kWh produit
charbon	800 à 1000
gaz	450
photovoltaïque	50 à 150
nucléaire	20 à 60
hydraulique	5 à 40
éolien	2 à 20
biomasse (bois)	0 (1500 sans replantation)

Aujourd'hui, de nombreux pays cherchent à maîtriser une autre méthode de production d'énergie basée sur une **réaction nucléaire** 4 à 5 fois plus exoénergétique que la réaction de fission de l'uranium : la **FUSION NUCLEAIRE**

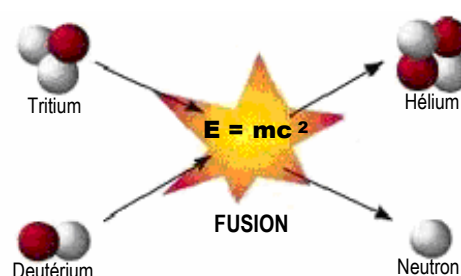
Cette méthode de production d'énergie ne génère aucune pollution et utilise une ressource considérée comme inépuisable sur Terre :

le deutérium ${}^2_1\text{H}$ (isotope de l'hydrogène H)

En effet, l'eau des mers et des océans contient en moyenne 33 g de deutérium par mètre cube ce qui pourrait alimenter en énergie notre planète pendant quelques centaines de millions d'années.

La fusion nucléaire est obtenue en obligeant deux noyaux (nucléides) légers à fusionner pour former un nucléide plus lourd. Ce processus s'accompagne d'un fort dégagement d'énergie à l'origine de la lumière produite par les étoiles.

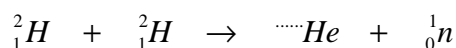
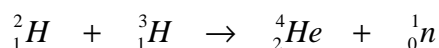
Cette technologie nécessite de porter la matière à ultra-haute température, ce qui la rend encore inexploitable aujourd'hui.



A noter :

- La fission ne concerne que des noyaux dits « lourds », c'est-à-dire dont le nombre de masse est au moins supérieur à 150.
- La fusion nucléaire ne produit de l'énergie que pour des noyaux « légers » (jusqu'au fer). Plus les nucléides mis en jeu sont légers, plus l'énergie produite par leur fusion est importante.

Exemples de réaction de fusion nucléaire :



*Comparaison
du pouvoir
calorifique
de quelques
énergies*



Energie	tep
1 tonne de pétrole (combustion)	1,0
1 tonne de charbon (combustion)	0,6
1 tonne de bois (combustion)	0,3
1 tonne de gaz (combustion)	0,9
1 tonne d'uranium (fission)	15 000
1 tonne de deutérium (fusion)	70 000

La tep (tonne équivalent pétrole) est une unité d'énergie équivalente à l'énergie dégagée par la combustion d'une tonne de pétrole (= 42GJ)

Questions :

- En utilisant la première équation, quelle observation peut-on faire sur les nombres de masse et les numéros atomiques ?
- Compléter alors les deux autres équations bilans proposées.
- Déterminer la formule du tritium, autre isotope de l'hydrogène avec 2 neutrons dans son noyau.
- Quelle est, de ces trois réactions de fusion, celle qui est la plus exoénergétique ? Justifier.
- Quelle masse de pétrole faudrait-il brûler pour produire autant d'énergie qu'avec la fusion d'un gramme de deutérium ?
- Les énergies renouvelables sont-elles réellement sans conséquence pour l'environnement ? Pourquoi cherche-t-on néanmoins à les privilégier aujourd'hui ?