Comment fonctionne une centrale nucléaire?

Information aux enseignants

Mandat de travail	Les fiches de travail peuvent être remplies en groupe ou en plénum. Le contrôle des connaissances peut être réalisé grâce au test final.
Objectif	Les élèves connaissent le principe de la transformation d'énergie. Ils savent que les centrales nucléaires se distinguent des autres types de centrales électriques uniquement dans le secteur primaire (c.-à-d. dans la manière de produire de la chaleur). Ils sont capables d'expliquer le fonctionnement d'une centrale nucléaire. Ils savent ce qui se passe à l'intérieur d'un réacteur nucléaire, dans la salle des machines et dans la tour de refroidissement.
Matériel	Fiches de travail Fiches de solutions
Forme didactique	Plénum ou travail en groupe
Durée	45'

Informations complémentaires:

- Informations brèves concernant les réacteurs à eau bouillante et à eau sous pression:
- https://www.kernenergie.ch/fr/comment-fonctionne-une-centrale-nucleaire-_content---1--1067.html
- Informations et offres en ligne à l'adresse www.energienucleaire.ch

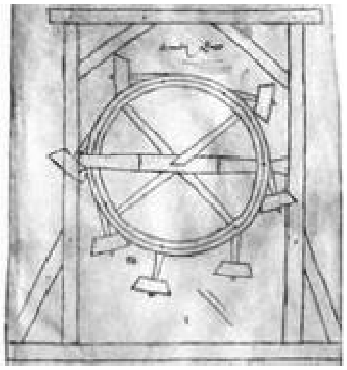
Comment fonctionne une centrale nucléaire?

Fiche de travail

Introduction: Formes d'énergie et transformation d'énergie

Nous possédons aujourd'hui une représentation beaucoup plus exacte du terme «énergie» qu'il y a quelques siècles. Autrefois, les chercheurs souhaitaient construire un mouvement perpétuel. Il s'agit d'un système qui s'entraîne de manière autonome et ne s'arrête jamais. Ces machines fonctionnaient cependant plus ou moins, les propriétés de l'énergie n'étant alors pas toutes connues.

Plusieurs chercheurs ont découvert seulement bien plus tard que l'énergie pouvait être convertie d'une forme en une autre mais ne pouvait pas être créée à partir de rien.



*Plan d'un **mouvement perpétuel** de Villard de Honnecourt (aux alentours de 1230)*
Source: de.wikipedia.org

Exemples de formes d'énergie

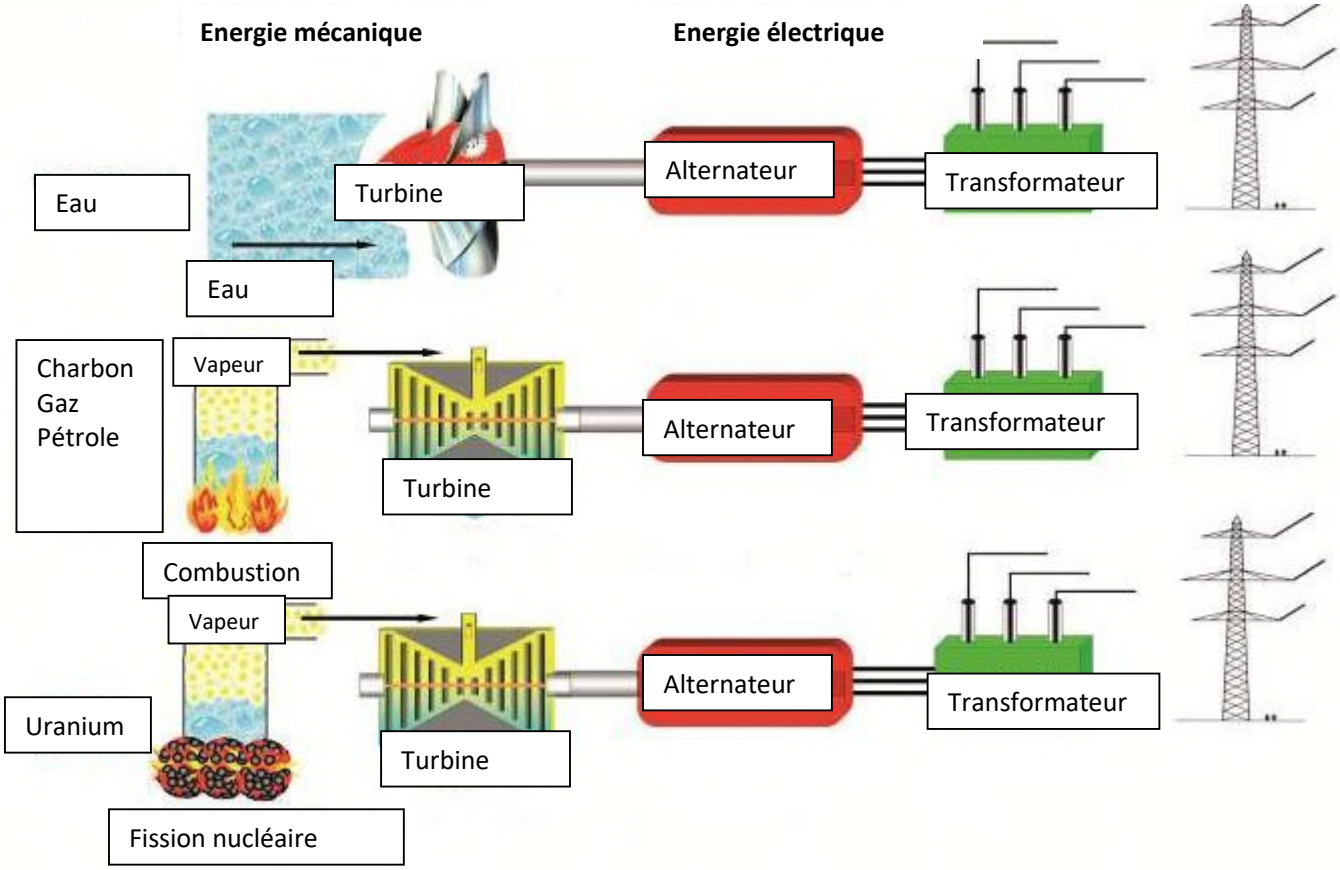
- Energie électrique
- Energie thermique
- Energie potentielle
- Energie chimique
- Energie chimique
- Energie lumineuse

Exercice: Relie l'image à la forme d'énergie correspondante.

Comment fonctionne une centrale nucléaire?

Fiche de travail

Le thème «Sources d'énergie et agents énergétiques» a été traité dans le chapitre 2. La représentation ci-dessous montre comment produire de l'électricité à partir d'un agent énergétique (eau, charbon, gaz, pétrole ou uranium) par le biais de la transformation d'énergie:



Exercice:

Que remarques-tu?
Décris de quelle manière il est possible de produire de l'électricité à partir de l'eau, des combustibles fossiles (charbon, gaz, pétrole) et de l'uranium.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

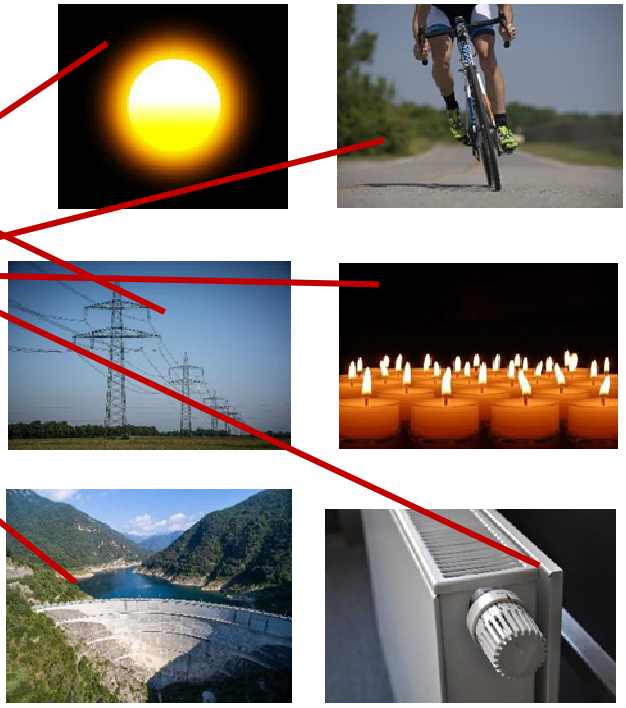
Comment fonctionne une centrale nucléaire?

Fiche de solutions

Solutions:

Exemples de formes d'énergie

- Energie électrique
- Energie thermique
- Energie potentielle
- Energie chimique
- Energie cinétique
- Energie lumineuse



- Les centrales à combustibles fossiles et les centrales nucléaires produisent de la vapeur d'eau qui entraîne des turbines à vapeur. Dans le cas d'une centrale hydraulique, c'est la force de l'eau qui entraine les turbines.
- A partir de là, toutes les centrales électriques fonctionnent de la même manière: les turbines transfèrent leur force sur les alternateurs qui produisent l'électricité et injectent celle-ci sur le réseau.
- L'énergie libérée par les noyaux atomiques ou les combustibles fossiles est convertie en énergie électrique.
- De l'énergie cinétique est produite à partir de la différence de niveau des fleuves (énergie potentielle), et celle-ci est transformée ensuite en énergie électrique.

Remarque pour les enseignants: Les énergies potentielle et cinétique font partie des énergies mécaniques (cf. représentation).

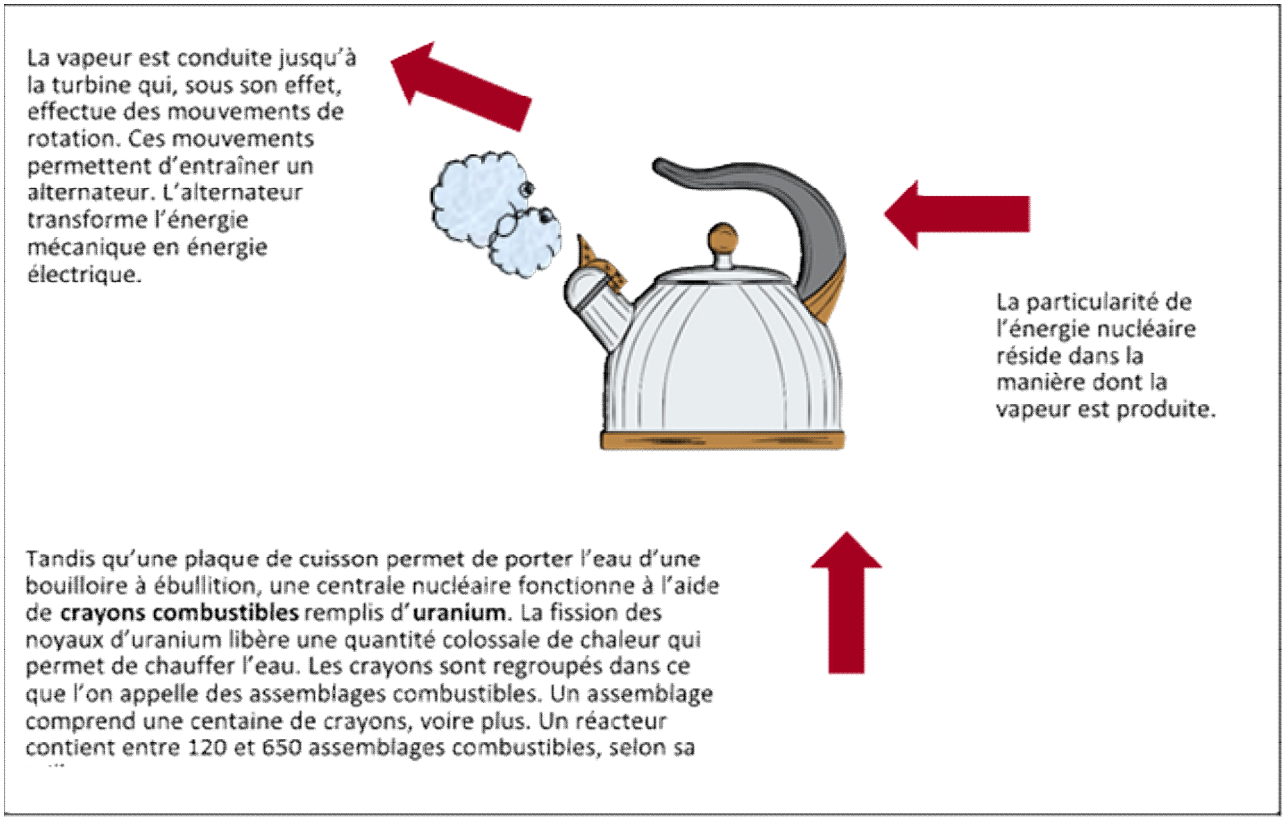
Comment fonctionne une centrale nucléaire?

Texte d'information

Fission nucléaire et centrale nucléaire

Tu sais déjà que l'uranium recèle un potentiel énergétique colossal. Tu vas désormais découvrir ce qui se passe lors du processus de fission nucléaire ainsi que la manière dont fonctionne une centrale nucléaire.

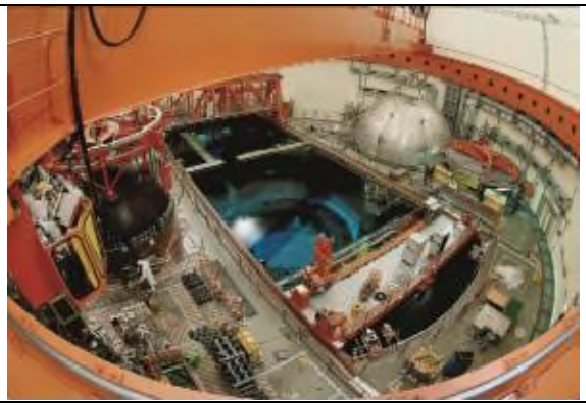
Imagine que la bouilloire ci-dessous représente une centrale nucléaire.



L'image représente le minerai d'uranium tel qu'on le trouve dans la nature. Cet uranium est enrichi artificiellement. Pourquoi? Qu'est-ce que cela signifie?
Il existe plusieurs sortes d'uranium, présents dans la nature en association avec d'autres éléments. L'uranium naturel contient toujours la même quantité d'uranium non fissible (99,3%) et d'uranium fissile (seulement 0,7%), ce dernier étant nécessaire à la fission nucléaire. C'est pourquoi de l'uranium fissile est rajouté jusqu'à ce que sa teneur atteigne 4–5%. Ce procédé est nommé enrichissement.
L'uranium possède désormais une teneur en énergie plus élevée, ce qui rend possible une réaction en chaîne contrôlée.

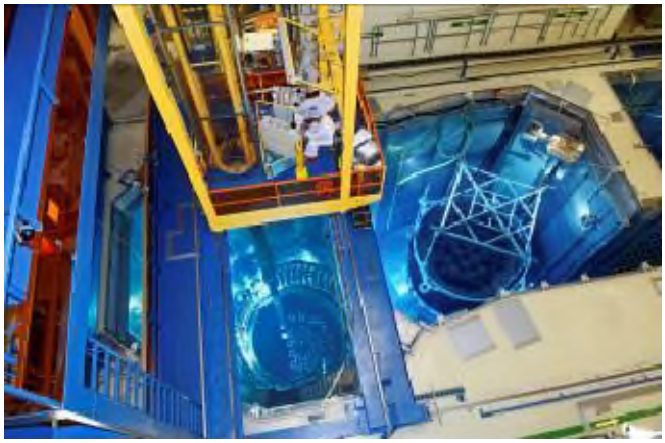
Comment fonctionne une centrale nucléaire?

Texte d'information



Coup d'œil à l'intérieur d'un réacteur ouvert.
Source: Axpo

Intérieur du bâtiment réacteur durant la révision. En exploitation normale, la cuve de pression du réacteur (au centre) est fermée.
Source: Axpo

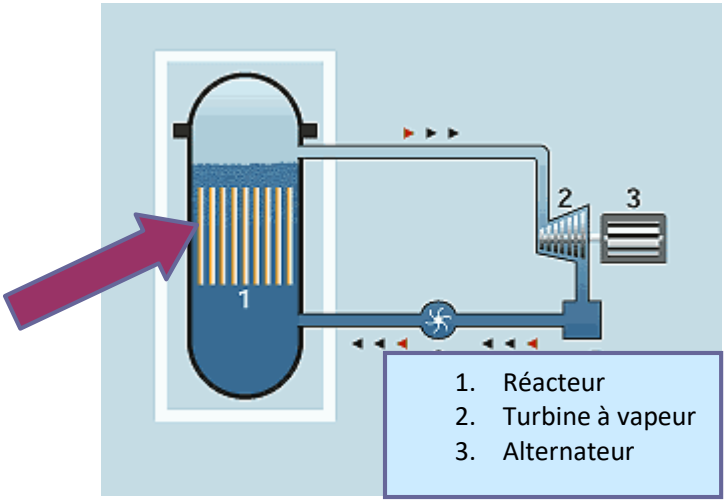


Les assemblages combustibles sont remplacés ici.
Source: KKG

Un assemblage combustible composé de crayons combustibles.
Source: KKG

Schéma simplifié d'un réacteur à eau bouillante

Assemblages combustibles

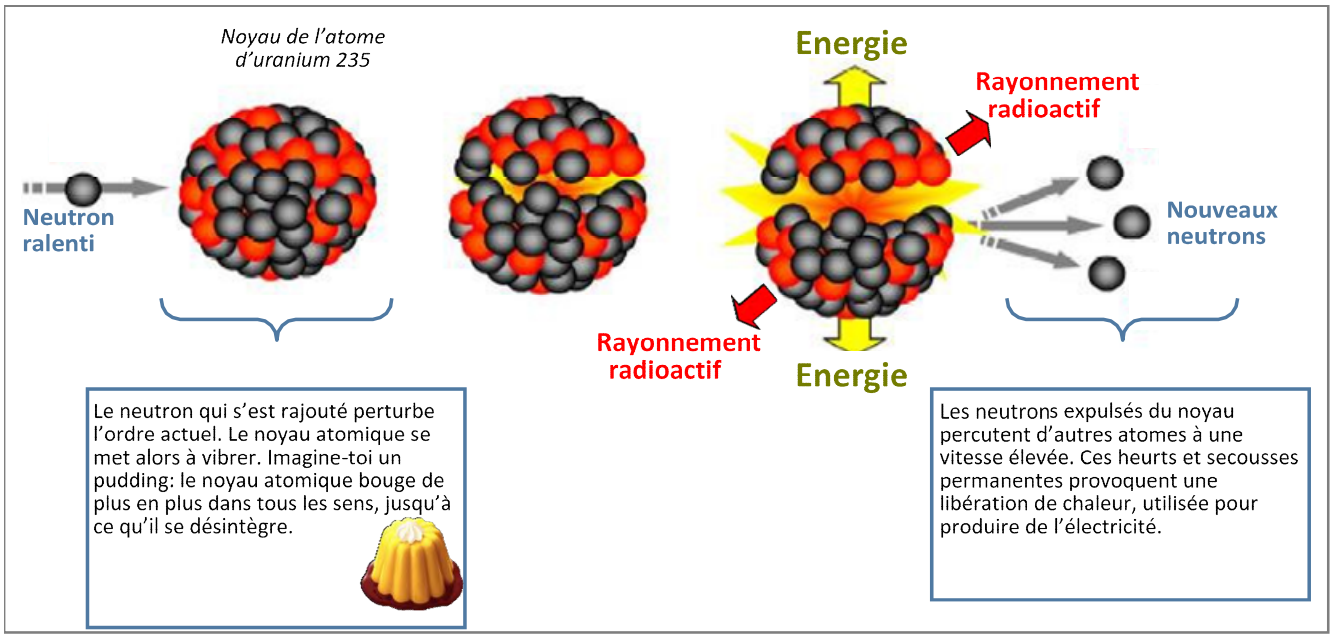


Comment fonctionne une centrale nucléaire?

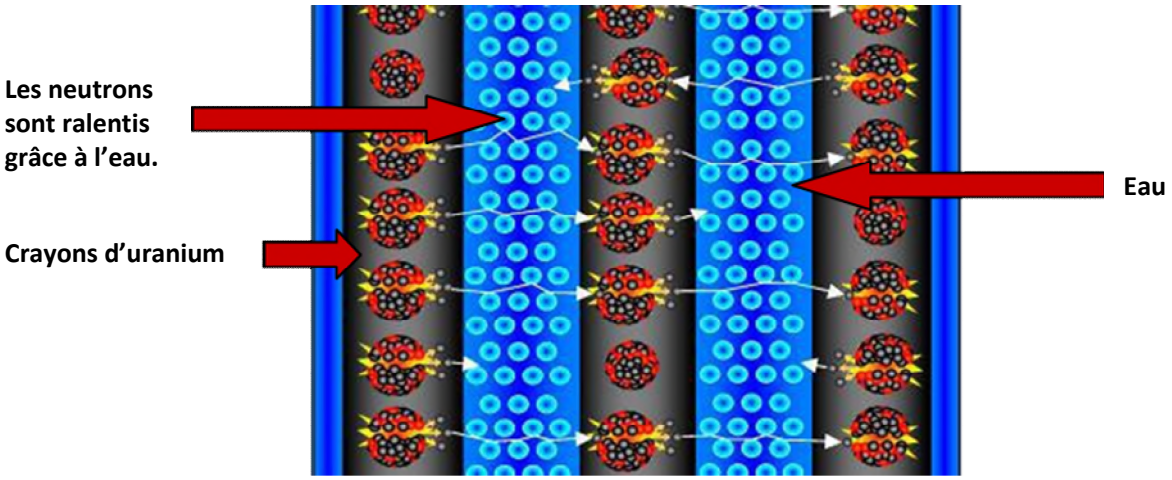
Texte d'information

Que se passe-t-il lors de la fission nucléaire?

Lorsqu'un neutron rencontre un atome d'uranium, il déclenche la fission du noyau atomique en plusieurs parties. Le noyau de l'atome «avale» en effet le neutron, ce qui le rend instable et engendre sa désintégration. De nouveaux neutrons se détachent alors du noyau. Ils déclenchent à leur tour la fission d'autres atomes d'uranium, qui libèrent d'autres neutrons, et ainsi de suite. Le phénomène de fission nucléaire se déroule dans l'eau. Celle-ci remplit deux fonctions importantes: d'une part, elle ralentit les neutrons de sorte qu'ils peuvent diviser les noyaux (si le neutron se déplaçait trop rapidement, il traverserait simplement le noyau). Et d'autre part, l'énergie libérée lors de la fission permet de chauffer l'eau et la vapeur dégagée entraîne les turbines.



Cette réaction en chaîne se poursuit jusqu'à ce qu'il ne reste plus aucun atome fissile. Lors de la fission, de la chaleur se dégage et l'eau présente entre les crayons combustibles est chauffée.

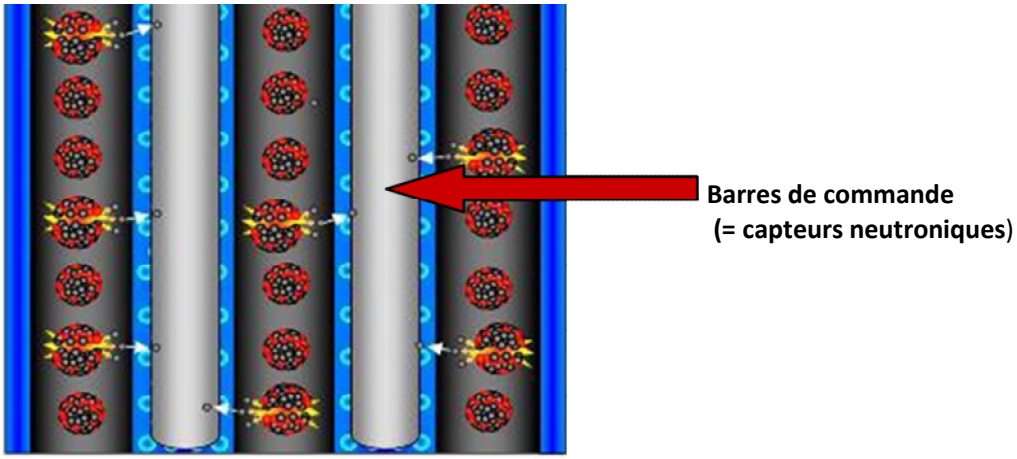


Comment fonctionne une centrale nucléaire?

Texte d'information

Comment contrôler la fission nucléaire et réguler la puissance?

Il est parfaitement possible de contrôler la production d'énergie en insérant des barres de commande entre les assemblages combustibles. Ces barres peuvent être composées par exemple de cadmium et de bore. Ces substances sont avalées par les neutrons. Plus les barres de commande sont placées en profondeur dans le réacteur, moins les neutrons peuvent diviser les noyaux atomiques. Si l'on rentre entièrement les barres, la fission nucléaire cesse, ce qui interrompt la production d'énergie. En cas d'urgence, il est possible de verser directement du bore dans l'eau afin de stopper la réaction nucléaire.



Comment fonctionne une centrale nucléaire?

Texte d'information

Exercice: Réponds aux questions suivantes .

1. Inscris le principe relatif à la conversion de l'énergie:

_____

_____

2. Inscris le principe relatif à la conversion de l'énergie:

_____

_____

3. Que contient le cœur d'un réacteur nucléaire?

_____

4. Que trouve-t-on dans les crayons combustibles?

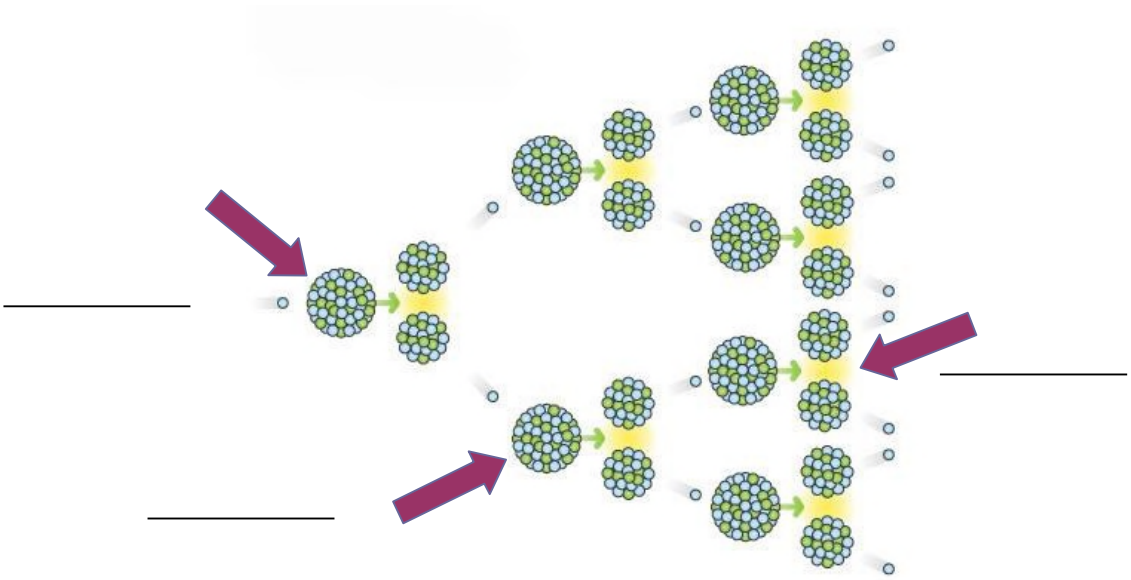
_____

Comment fonctionne une centrale nucléaire?

Texte d'information

5. Que représente ce schéma?

Titre : _____



6. Qu'est-ce qui est libéré lors de la fission nucléaire

_____

7. L'eau présente dans le cœur du réacteur remplit deux fonctions. Lesquelles?

_____

Comment fonctionne une centrale nucléaire?

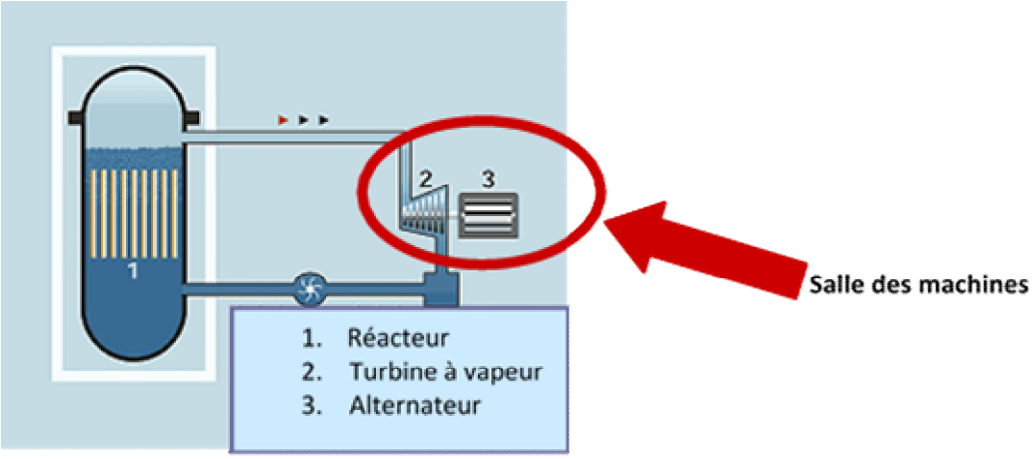
Texte d'information

Exercice:

Complète le texte à l'aide des groupes de mots suivants.

vapeur ¦3000 ¦ énergie mécanique ¦ salle des machines ¦ être transportable¦ énergie électrique ¦ consommateur ¦ dynamos ¦ alternateur ¦ élévation ¦ électro-aimants

Que se passe-t-il dans la salle des machines?



La vapeur générée dans la partie réacteur de la centrale nucléaire est acheminée jusque dans _____ On y trouve la turbine à vapeur qui convertit l'énergie thermique de la vapeur en _____. La _____ chaude entraîne les aubes de la turbine qui effectuent alors environ _____ rotations par minute.

Turbine à vapeur

Comment fonctionne une centrale nucléaire?

Texte d'information

L'_____ est relié directement à la turbine par le biais d'un arbre fixe, et est entraîné par celle-ci. La vitesse de rotation rapide des_____ fixés sur l'arbre produit de l'électricité dans les bobines de l'alternateur et convertit ainsi l'énergie mécanique résultant des rotations en _____. Le principe ici est le même que celui des _____ des vélos, seule la puissance de l'alternateur est considérablement plus élevée.

L'électricité produite dans l'alternateur doit _____ et être acheminée jusqu'au _____. Cela est possible grâce à une _____ de la tension dans les transformateurs de la centrale nucléaire.

Alternateur

Transformateur

Comment fonctionne une centrale nucléaire?

Fiche de solutions

Solutions:

1. Inscris le principe relatif à la conversion de l'énergie:
   L'énergie peut être convertie d'une forme en une autre mais ne peut pas être créée à partir de rien.

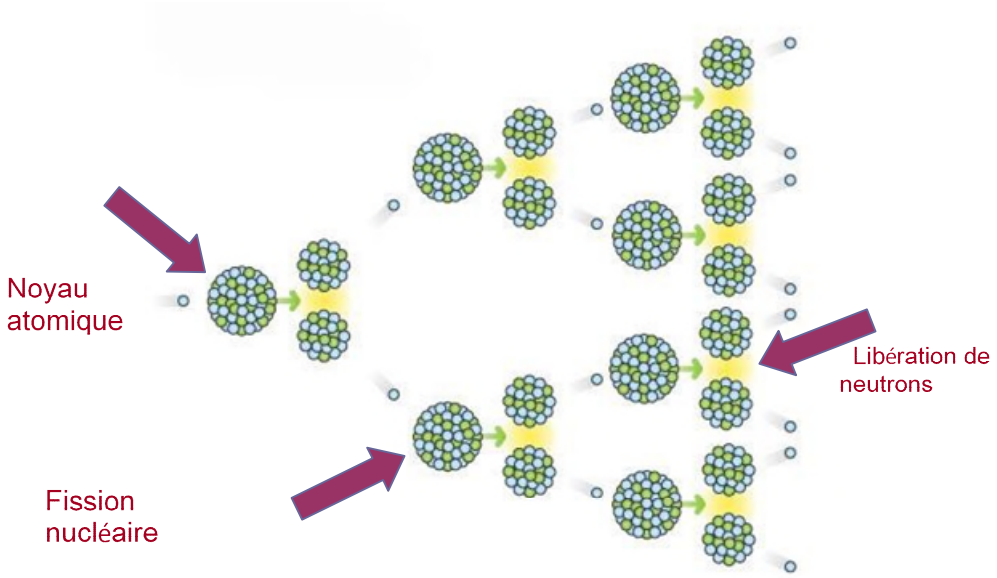
2. A l'aide de mots-clés, décris les différences et les similitudes entre une centrale nucléaire et une centrale hydraulique.
   Différences: Centrales hydrauliques – entraînement par la force de l'eau, centrale nucléaire – entraînement par la vapeur d'eau
   Similitudes: Les turbines transfèrent leur force sur les alternateurs qui produisent alors de l'électricité.

3. Que trouve-t-on dans le cœur d'un réacteur nucléaire? Des crayons combustibles

4. Que contiennent les crayons combustibles? De l'uranium

5. Que représente ce schéma?

Titre: La fission nucléaire



6. Qu'est-ce qui est libéré lors de la fission nucléaire? De l'énergie

7. L'eau présente dans le cœur du réacteur remplit deux fonctions. Lesquelles?

Elle permet de ralentir les neutrons. / L'eau chauffée entraîne les turbines grâce à la vapeur générée.

Comment fonctionne une centrale nucléaire?

Fiche de solutions

Que se passe-t-il dans la salle des machines?

La vapeur générée dans la partie réacteur de la centrale nucléaire est acheminée dans **la salle des machines**. On y trouve la turbine à vapeur qui convertit l'énergie thermique de la vapeur en **énergie mécanique**. La **vapeur** chaude entraîne les aubes de la turbine qui effectuent alors environ **3000** rotations par minute.

L'**alternateur** est relié directement à la turbine par le biais d'un arbre fixe, et est entraîné par celle-ci. La vitesse de rotation rapide des **électro-aimants** fixés sur l'arbre produit de l'électricité dans les bobines de l'alternateur et convertit ainsi l'énergie mécanique résultant des rotations en **énergie électrique**. Le principe ici est le même que celui des **dynamos** des vélos, seule la puissance de l'alternateur est considérablement plus élevée.
L'électricité produite dans l'alternateur doit **être transportable** et être acheminée jusqu'au **consommateur**. Cela est possible grâce à une **élévation** de la tension dans les transformateurs de la centrale nucléaire.

Comment fonctionne une centrale nucléaire?

Texte d'information

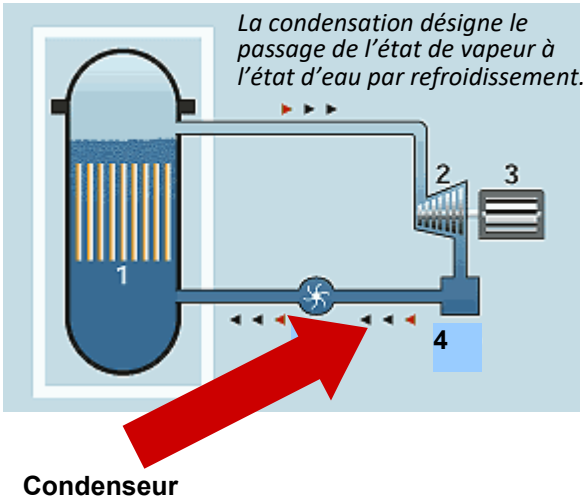
Quelles sont les fonctions de la tour de refroidissement?

Les tours de refroidissement, visibles de loin, ne constituent pas une spécificité des centrales nucléaires. D'autres centrales thermiques, par ex. les centrales à charbon ou à gaz, possèdent elles aussi des tours de refroidissement. Les nuages qui s'élèvent depuis la tour de refroidissement d'une centrale nucléaire est composée exclusivement de vapeur d'eau. Elle est donc dépourvue d'émanations de gaz, ne contient aucune radioactivité, ni aucune CO2 néfaste au climat.

Centrale nucléaire de Leibstadt (KKL)

Pour des raisons physiques, les centrales thermiques, qu'elles fonctionnent avec du pétrole, du gaz, du charbon ou de l'uranium, ne peuvent convertir qu'une partie de la chaleur en électricité. Le reste doit être évacué comme chaleur perdue. Pour ce faire, la vapeur doit être transportée jusqu'au condenseur après avoir fourni son énergie à la turbine.

1. Réacteur
2. Turbine à vapeur
3. Alternateur
4. Condenseur



Comment fonctionne une centrale nucléaire?

Texte d'information

Dans le condenseur, la vapeur est à nouveau transformée en eau sous l'effet de son refroidissement. Cette eau est ensuite réintroduite dans le circuit afin de produire à nouveau de la vapeur.

La tour de refroidissement est là pour refroidir le condenseur: L'eau de refroidissement chauffée dans le condenseur s'écoule via un système de canal jusque dans la tour de refroidissement et est pulvérisée comme dans une immense douche. De l'air pénètre depuis l'extérieur dans la tour de refroidissement. La forme et la hauteur de la tour de refroidissement créent un effet de cheminée de sorte que l'air monte.

Les gouttelettes d'eau qui tombent libèrent leur chaleur sur le courant d'air montant. Au cours de ce processus, entre 2 et 3% de l'eau de refroidissement s'évaporent et forment les nuages de vapeur caractéristiques de la tour de refroidissement, plus ou moins visibles en fonction de l'humidité, de la température et de la puissance du vent.

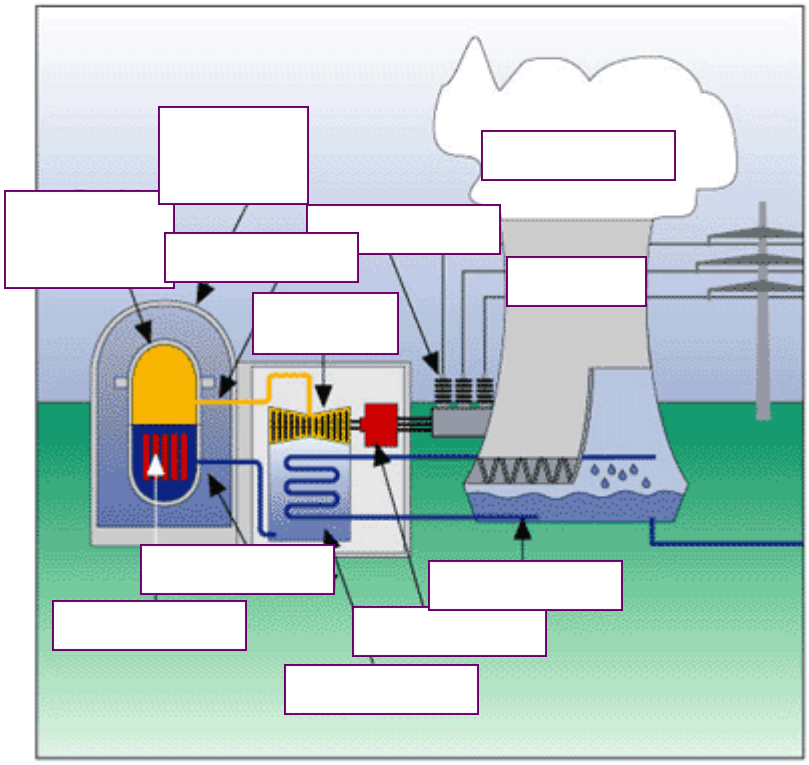
Vue depuis le sol de la tour de refroidissement. L'eau vaporisée est collectée dans un bassin de refroidissement et pompée pour être renvoyée jusqu'au condenseur.

Source: KKG

Comment fonctionne une centrale nucléaire?

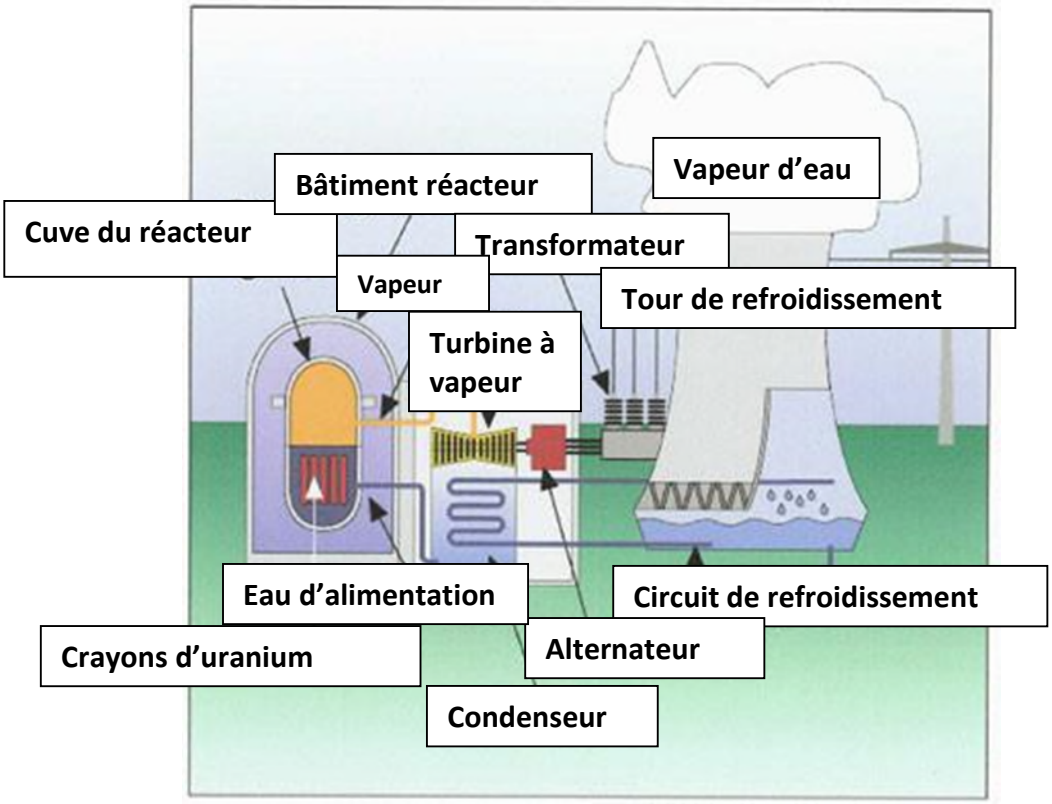
Texte d'information

Exercice: Inscris les numéros dans les cases correspondantes.



1 Crayons d'uranium
2 Condenseur
3 Tour de refroidissement
4 Bâtiment réacteur
5 Eau d'alimentation
6 Alternateur
7 Turbine à vapeur
8 Vapeur d'eau
9 Cuve du réacteur
10 Transformateur
11 Vapeur
12 Circuit de refroidissement

Comment fonctionne une centrale nucléaire?

Fiche de solutions

Solutions: