

Construction et fonctionnement d'une centrale nucléaire

Information aux enseignants



1/8

Mandat de travail	Les élèves lisent le texte d'information et répondent aux questions. Ils assemblent les parties d'un réacteur à eau bouillante et nomment les étapes d'un voyage à travers un réacteur à eau sous pression.
Objectif	Les élèves apprennent de quelle manière est conçue une centrale nucléaire et de quelle manière elle fonctionne. Ils apprennent les différences entre les réacteurs à eau bouillante et les réacteurs à eau sous pression, le principe d'un circuit de refroidissement, et le fonctionnement des barres de commande.
Matériel	Fiches de travail Textes d'information Solutions
Forme didactique	Travail individuel (traitement de texte et collage d'images) Travail en duo (voyage à travers un réacteur à eau sous pression)
Durée	45'

Informations complémentaires:

- Informations et offres en ligne sous:
www.kernenergie.ch/fr/comment-fonctionne-une-centrale-nucleaire_content---1--1254--345.html
- Vous trouverez un graphique explicatif ainsi que des informations sur les réacteurs à eau bouillante à la page www.strom-online.ch/kernkraftwerk.html (en allemand uniquement)

Construction et fonctionnement d'une centrale nucléaire

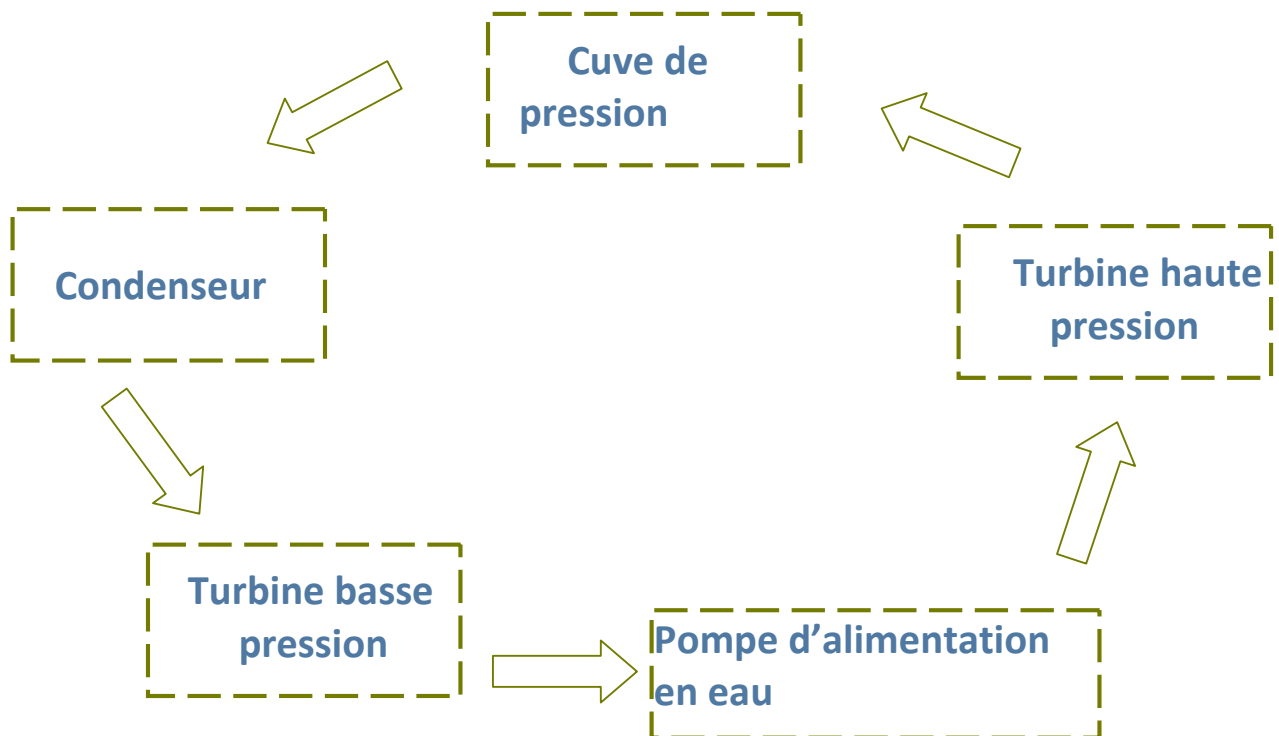
Fiche de travail



2/8

Exercice:

Le schéma ci-dessous représente de manière simplifiée le circuit d'eau/de vapeur d'un réacteur à eau bouillante. Les différentes étapes ne se trouvent pas à la bonne place. Découpe les cases et colle-les dans le bon ordre sur une feuille séparée. Les flèches entre les éléments représentent l'eau ou la vapeur qui circulent. Dessine une flèche rouge entre les deux éléments lorsque de la vapeur circule, et une flèche bleue lorsqu'il s'agit d'eau.



Construction et fonctionnement d'une centrale nucléaire

Fiche de travail



3/8

Nous entamons un voyage à l'intérieur d'un réacteur à eau sous pression. Complète les trous présents dans le texte en indiquant le nombre concerné ainsi que le terme indiqué dans la légende du réacteur à eau sous pression.

Exercice:

Au fil de la lecture, réponds aux questions 1 à 3:

1. Quelles installations trouve-t-on dans une centrale thermique?
2. Quels sont les deux types de conversion d'énergie que l'on trouve dans toute centrale thermique?
3. Est-il vrai que le nuage qui s'échappe d'une tour de refroidissement est composé de gaz?

Le réacteur à eau sous pression

Nous commençons par la pompe du circuit d'eau primaire (17) et suivons le sens de circulation. Nous arrivons ensuite à la _____, dans laquelle se trouvent les assemblages combustibles composés de _____. remplis de dioxyde d'uranium. La puissance du réacteur est régulée grâce aux _____. La réaction de fission nucléaire permet de chauffer l'eau jusqu'à 350 degrés environ, mais celle-ci reste toutefois à l'état liquide étant donné qu'elle est soumise à une pression élevée (env. 150 bars). Le voyage se poursuit jusqu'au _____, où l'eau chaude chauffe et transforme en vapeur l'eau d'un second circuit – parfaitement séparé du circuit primaire – via un échangeur thermique. La _____ qui est ainsi générée parvient en premier à la _____ et entraîne celle-ci à la manière d'une éolienne: l'énergie thermique de la vapeur se transforme alors en énergie mécanique. Une fois sortie de la turbine haute pression, la vapeur reste très chaude et peut alors entraîner plusieurs _____. Le mouvement de rotation de l'ensemble des turbines est transformé en électricité à l'intérieur de l'alternateur.

La vapeur résiduelle qui ne peut plus être utilisée doit désormais être retransformée en eau dans le _____. Celui-ci fonctionne de la même manière qu'un radiateur inversé qui doit donc rester le plus froid possible et auquel on enverrait de la vapeur afin qu'elle soit transformée en eau. Pour que le condenseur reste toujours froid, on utilise de l' _____ pompée dans un fleuve. Or le condenseur chauffe légèrement cette eau de refroidissement. Lorsque la centrale nucléaire possède une tour de refroidissement, l'eau ainsi chauffée ne retourne pas dans le fleuve. Elle est refroidie dans la tour de refroidissement avant d'être réutilisée, et une partie s'évapore dans l'atmosphère. L'eau, refroidie, du circuit secondaire est renvoyée dans le générateur de vapeur en tant qu' _____, en passant par la _____ et par le _____. L'eau du circuit primaire circule du générateur de vapeur pour retourner à son point de départ, la pompe du circuit d'eau primaire.

Construction et fonctionnement d'une centrale nucléaire

Texte d'information



4/8

Les centrales nucléaires



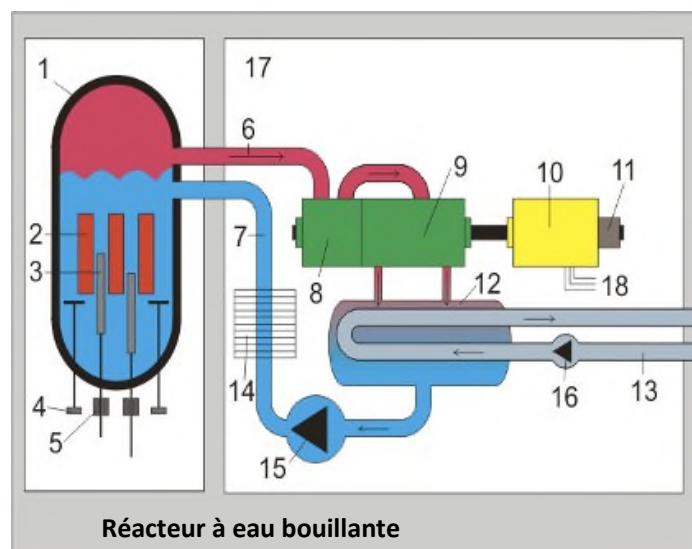
Coup d'œil à l'intérieur de la turbine lors de travaux de révision.

Tout comme les centrales électriques qui fonctionnent au pétrole, au gaz ou au charbon, les centrales nucléaires font partie des centrales thermiques. Dans ce type de centrale, de l'énergie thermique (vapeur d'eau) est mise en mouvement (énergie cinétique) grâce à une turbine. La turbine entraîne un alternateur qui convertit l'énergie cinétique en énergie électrique, produisant ainsi de l'électricité. La spécificité d'une centrale nucléaire réside dans le fait que la chaleur n'est pas produite suite à la combustion de charbon, de gaz ou de pétrole, mais grâce au processus de fission nucléaire. Bien que les centrales nucléaires soient surtout connues pour le gros nuage blanc qu'elles dégagent, il faut savoir que celui-ci n'est pas composé de gaz mais uniquement de la vapeur d'eau produite dans le cadre du refroidissement de l'installation.

Réacteurs à eau sous pression et réacteurs à eau bouillante

Il existe différents types de centrales nucléaires dans le monde. Les réacteurs présents en Suisse sont des réacteurs à eau bouillante et à eau sous pression. La partie de l'installation qui produit de l'électricité à partir de la vapeur est quasiment identique dans les deux types d'installations. A chaque fois, la vapeur entraîne deux turbines montées l'une à la suite de l'autre (8+9). La première (8) fonctionne avec une vapeur très chaude soumise à une pression élevée. La vapeur résiduelle de cette première turbine est utilisée pour entraîner la seconde turbine (9). La seconde turbine est donc conçue de sorte à fonctionner avec une pression de vapeur plus réduite. Le fait que les deux turbines soient placées à la suite l'une de l'autre permet d'accroître l'efficacité de la transformation de la chaleur de la vapeur en mouvement. La seconde turbine donne lieu elle aussi à de la vapeur résiduelle. Celle-ci est retransformée en eau dans un condenseur (12). Le condenseur retire la chaleur présente dans la vapeur résiduelle à l'aide d'eau de refroidissement (13), qu'il refroidit en dessous de 100°C et retransforme en eau.

- 1 Cuve de pression du réacteur
- 2 Assemblages combustibles
- 3 Barres de commande
- 4 Pompe de circulation
- 5 Mécanismes de commande des barres de commande
- 6 Vapeur chaude
- 7 Eau d'alimentation
- 8 Turbine haute pression
- 9 Turbine basse pression



- 10 Alternateur
- 11 Système d'excitation
- 12 Condenseur
- 13 Eau de refroidissement
- 14 Préchauffeur
- 15 Pompe d'alimentation en eau
- 16 Pompe d'eau de refroidissement
- 17 Protection en béton
- 18 Ligne conduisant au réseau électrique

Construction et fonctionnement d'une centrale nucléaire

Texte d'information



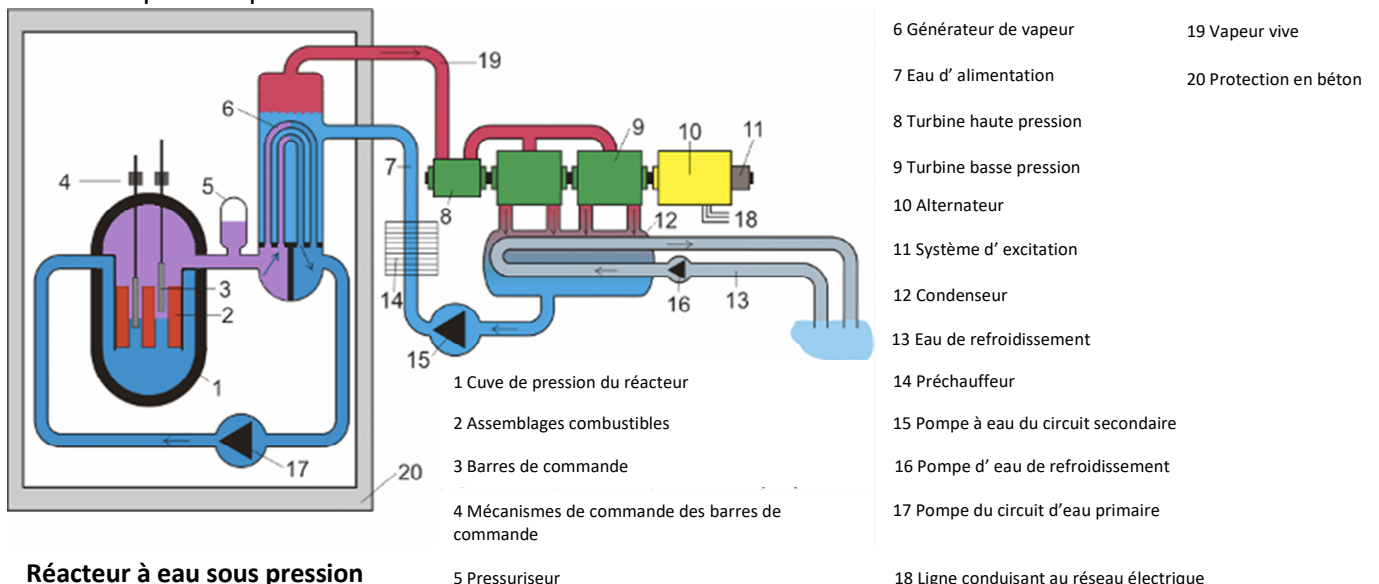
5/8

L'eau de refroidissement peut être prélevée d'un fleuve, par exemple. Lors du refroidissement de la vapeur, l'eau du fleuve est chauffée de quelques degrés avant d'être à nouveau rejetée dans celui-ci. Or un réchauffement, même minime, de cette eau peut avoir des conséquences sur les organismes vivants. C'est pourquoi le refroidissement direct du fleuve est fortement limité en Suisse depuis la fin des années 70. Les deux dernières centrales nucléaires suisses, celles de Gösgen et de Leibstadt, possèdent une tour de refroidissement qui remplit une fonction de refroidissement lorsque cela est nécessaire. Pour autant, les tours de refroidissement ne sont pas spécifiques aux centrales nucléaires, on en trouve aussi dans les autres centrales thermiques.

Les deux turbines transmettent leur mouvement de rotation à un alternateur (10) qui produit l'électricité (18) (transformation de l'énergie cinétique en énergie électrique).

Bien que les réacteurs à eau sous pression et les réacteurs à eau bouillante se distinguent dans la manière de produire la vapeur, ils présentent également de nombreuses similitudes: Dans les deux cas, la fission nucléaire se déroule dans une cuve de pression (1). Le combustible (uranium) se trouve dans les crayons combustibles – étanches au gaz – des assemblages combustibles (2). Les barres de commande (3) situées entre les assemblages combustibles régulent les réactions de fission nucléaire: Elles sont fabriquées dans un matériau qui capture les neutrons libres. Lorsqu'elles sont poussées plus fortement entre les assemblages combustibles, l'activité neutronique est réduite. Cela abaisse le nombre de réactions de fission nucléaire, et la puissance du réacteur décroît.

La principale différence entre un réacteur à eau bouillante et un réacteur à eau sous pression réside dans le fait que dans le cadre du premier, de la vapeur d'eau est générée déjà dans la cuve de pression du réacteur, tandis que dans le cadre du second, seule de l'eau très chaude est produite. Cette eau très chaude (env. 300 oC) est transformée en vapeur uniquement dans un circuit dit secondaire (7/19). Les réacteurs à eau sous pression sont particulièrement exigeants aussi bien au plan technique que financier. Leur avantage est que la zone exposée au rayonnement radioactif est limitée: Contrairement au réacteur à eau bouillante, dans un réacteur à eau sous pression, aucune vapeur radioactive ne circule dans le circuit de refroidissement primaire. Les travaux de maintenance sont donc plus simples.



Réacteur à eau sous pression

Construction et fonctionnement d'une centrale nucléaire

Texte d'information

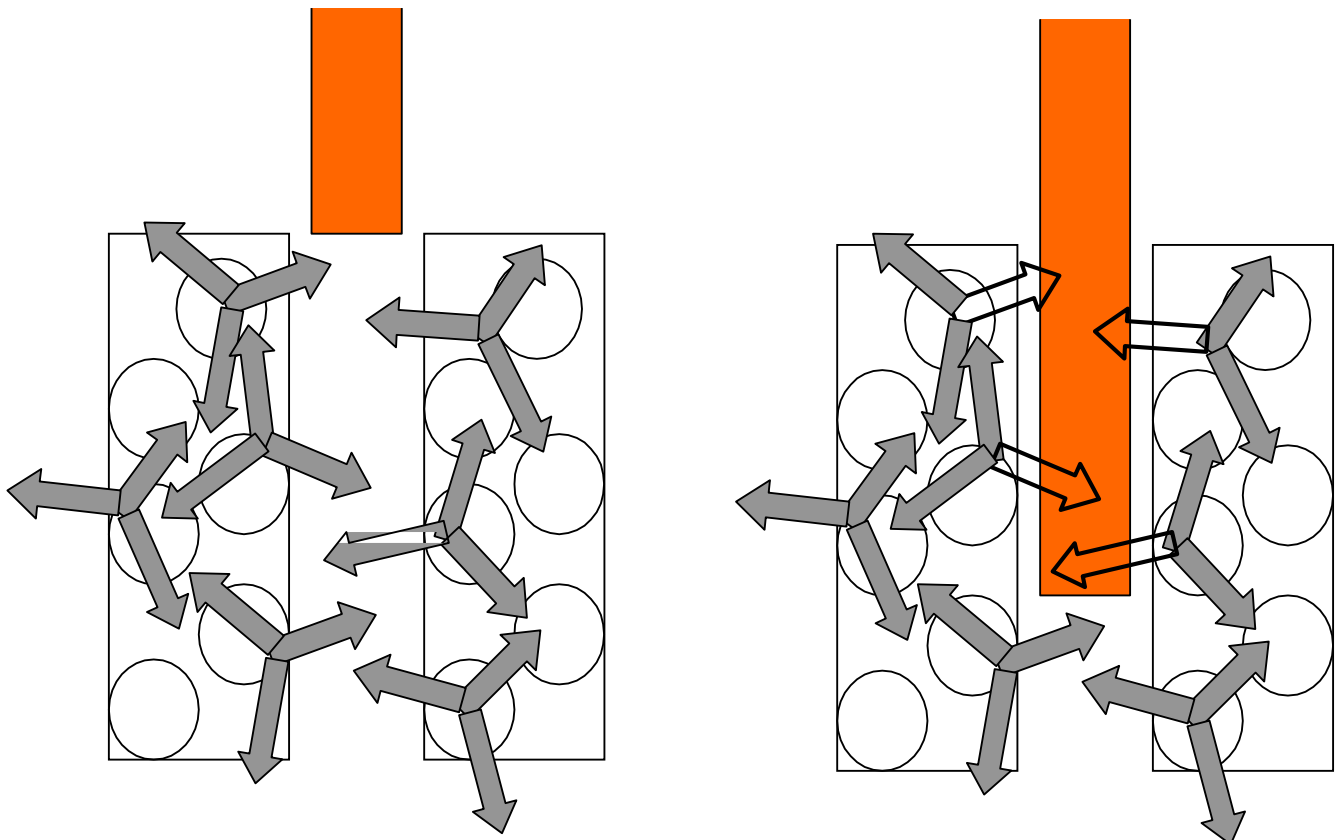


6/8

La commande principale d'un réacteur nucléaire

Les barres de commande situées entre les assemblages combustibles constituent le principal élément de régulation de la fission nucléaire. Elles sont composées d'un matériau qui capture les neutrons. Comme nous l'avons déjà évoqué, la concentration en neutrons détermine le rythme de fission. Un dispositif mécanique permet de pousser les barres de commande entre les assemblages combustibles, ce qui ralentit la réaction de fission nucléaire. Le retrait de ces barres produit l'effet inverse.

L'insertion complète des barres de commande stoppe la réaction en chaîne et le réacteur s'arrête. Cela prend quelques secondes seulement. On entend toutefois par «arrêt» du réacteur l'interruption de la réaction en chaîne. La chaleur résiduelle doit encore être évacuée, grâce à des systèmes de refroidissement propres.



Le schéma de gauche représente les neutrons (flèche grise) qui apparaissent dans le cadre de la fission de l'uranium et engendrent à leur tour de nouvelles réactions de fission. Le schéma de droite représente une barre de commande (orange) poussée entre les assemblages combustibles et qui «avale» une partie des neutrons (flèche transparentes). Ces neutrons ne pourront alors pas donner lieu à une nouvelle réaction de fission et celle-ci ralentit progressivement.

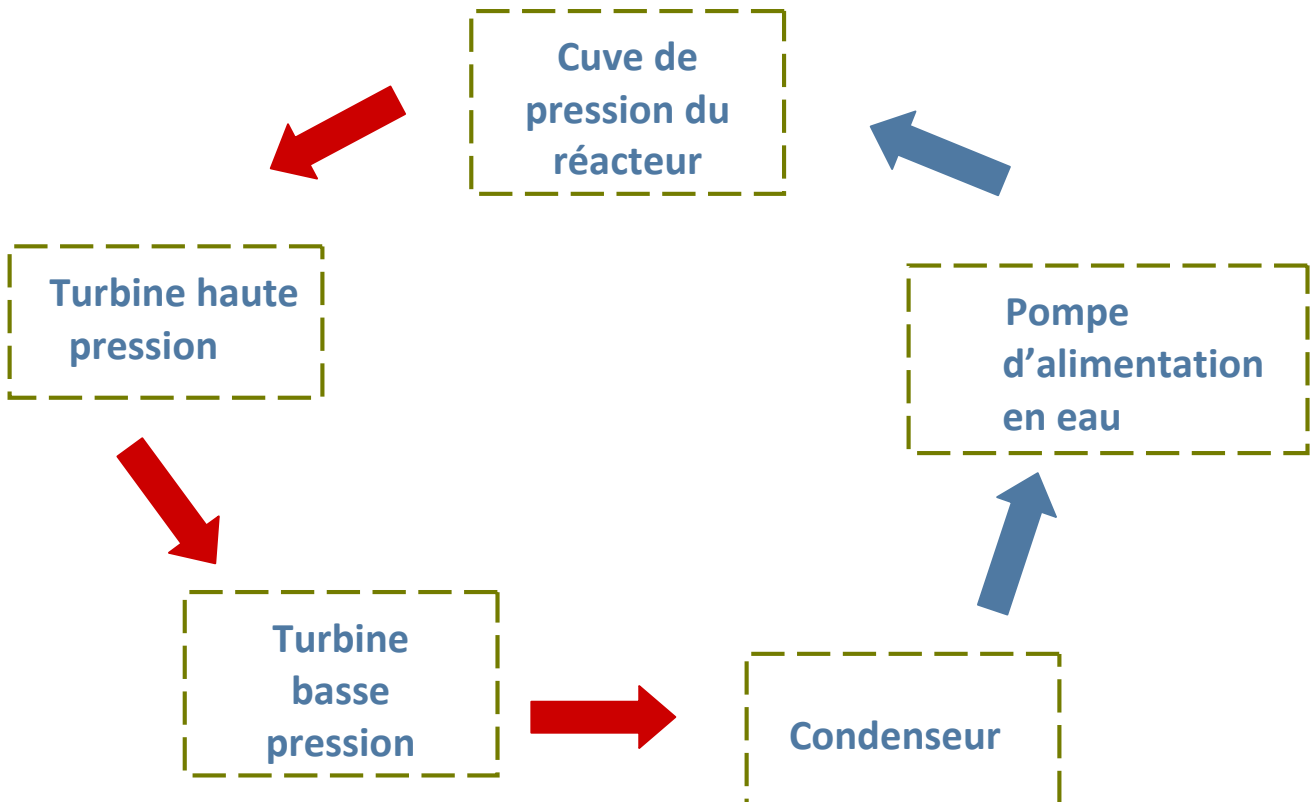
Construction et fonctionnement d'une centrale nucléaire

Fiche de solutions



7/8

Solutions:



1. Quelles installations trouve-t-on dans une centrale thermique?
Une turbine à vapeur et un alternateur électrique
2. Quels sont les deux types de conversion d'énergie que l'on trouve dans toute centrale thermique?
La conversion de l'énergie thermique en énergie cinétique et la conversion de l'énergie cinétique en énergie électrique
3. Est-il vrai que le nuage qui s'échappe d'une tour de refroidissement est composé de gaz?
Non, il s'agit uniquement de vapeur d'eau.

Construction et fonctionnement d'une centrale nucléaire

Fiche de solutions



8/8

Le réacteur à eau sous pression

Nous commençons par la pompe du circuit d'eau primaire (17) et suivons le sens de circulation. Nous arrivons ensuite à la **cuve de pression**, dans laquelle se trouvent les assemblages combustibles composés de **crayons combustibles** remplis de dioxyde d'uranium. La puissance du réacteur est régulée grâce aux **barres de commande**. La réaction de fission nucléaire permet de chauffer l'eau jusqu'à 350 degrés environ, mais celle-ci reste toutefois à l'état liquide étant donné qu'elle est soumise à une pression élevée (env. 150 bars). Le voyage se poursuit jusqu'au **générateur de vapeur**, où l'eau chaude chauffe et transforme en vapeur l'eau d'un second circuit – parfaitement séparé du circuit primaire – via un échangeur thermique. La **vapeur vive** qui est ainsi générée parvient en premier à la **turbine haute pression** et entraîne celle-ci à la manière d'une éolienne: l'énergie thermique de la vapeur se transforme alors en énergie mécanique. Une fois sortie de la turbine haute pression, la vapeur reste très chaude et peut alors entraîner plusieurs **turbines basse pression**. Le mouvement de rotation de l'ensemble des turbines est transformé en électricité à l'intérieur de l'alternateur.

La vapeur résiduelle qui ne peut plus être utilisée doit désormais être retransformée en eau dans le **condenseur**. Celui-ci fonctionne de la même manière qu'un radiateur inversé qui doit donc rester le plus froid possible et auquel on enverrait de la vapeur afin qu'elle soit transformée en eau. Pour que le condenseur reste toujours froid, on utilise de l'**eau de refroidissement** pompée dans un fleuve. Or le condenseur chauffe légèrement cette eau de refroidissement. Lorsque la centrale nucléaire possède une tour de refroidissement, l'eau ainsi chauffée ne retourne pas dans le fleuve. Elle est refroidie dans la tour de refroidissement avant d'être réutilisée, et une partie s'évapore dans l'atmosphère. L'eau, refroidie, du circuit secondaire est renvoyée dans le générateur de vapeur en tant qu'**eau alimentaire**, en passant par la **pompe à eau du circuit secondaire** et par le **préchauffeur**. L'eau du circuit primaire circule du générateur de vapeur pour retourner à son point de départ, la pompe du circuit d'eau primaire.