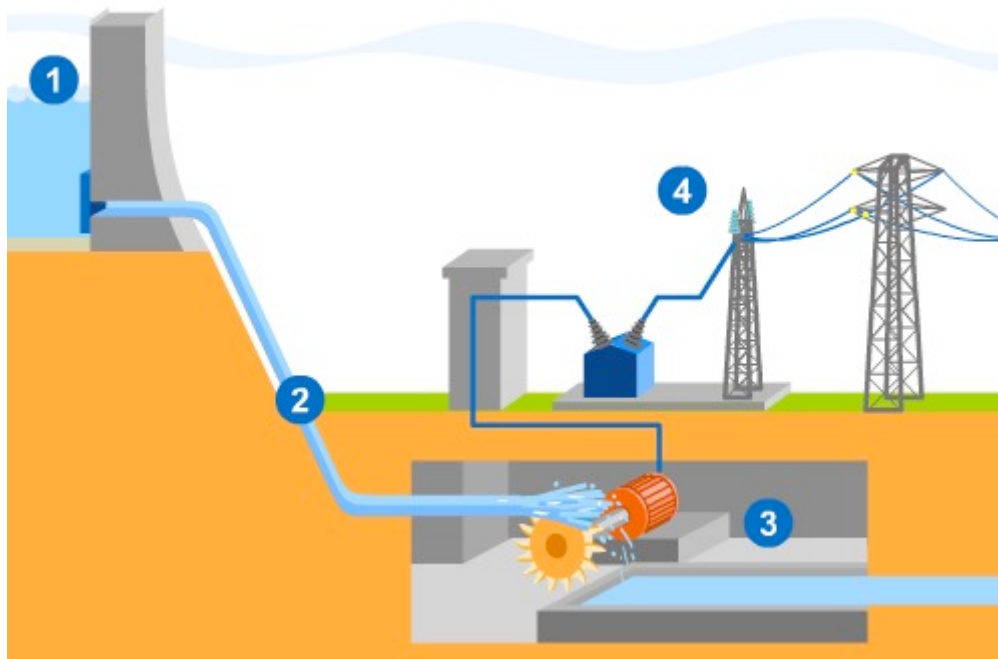


Produire de l'électricité : le principe de la dynamo !

Dans la plupart des centrales électriques, c'est en faisant tourner le rotor d'un alternateur à l'aide d'une énergie mécanique qu'on produit de l'électricité, à la manière d'une dynamo de vélo !

Dans les centrales hydrauliques, cette énergie mécanique provient d'une chute d'eau depuis la retenue en amont du barrage jusqu'à son pied. L'eau est ainsi mise en vitesse : son « énergie potentielle gravitaire » est transformée en « énergie cinétique ». Le mouvement de l'eau fait tourner une turbine hydraulique, c'est-à-dire lui transmet une « énergie cinétique de rotation ». La turbine entraîne l'alternateur dans la même rotation. Ce dernier transforme cette énergie cinétique de rotation en énergie électrique.

Schéma d'une centrale hydraulique d'altitude



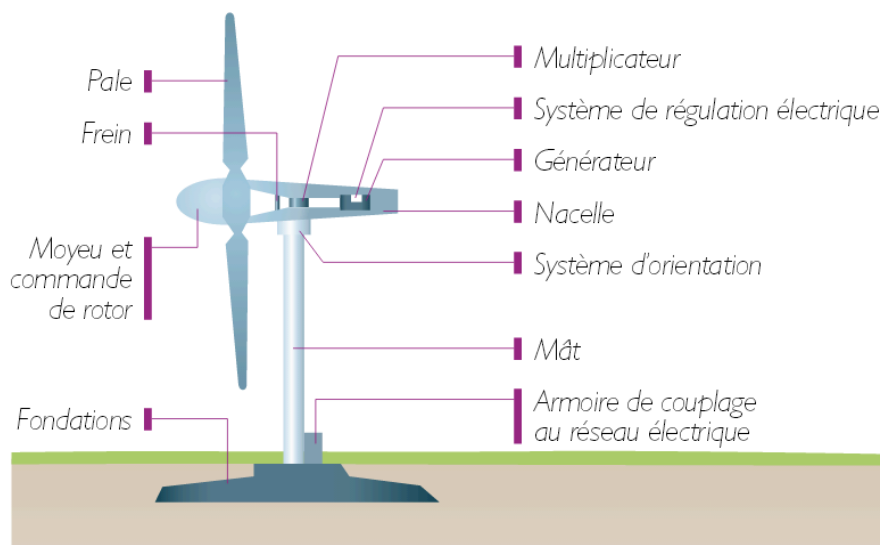
- 1 – Réservoir d'eau en altitude
- 2 – Conduite forcée d'eau
- 3 – Salle des machines (groupe turbo-alternateur)
- 4 – Poste de transformation et ligne de transport de l'électricité

Source : <http://encyclopedie-electricite.edf.com/production/industriels/renouvelable/hydro/fonctionnement.html>

Plus précisément, le processus de transformation de l'énergie est le suivant. Dans la phase de démarrage, l'énergie issue de la chute de l'eau accélère la rotation du groupe turbo-alternateur et lui fait acquérir une énergie cinétique croissante. Lorsque la vitesse de rotation atteint le niveau requis pour produire de l'électricité à la fréquence de 50 Hertz, l'alternateur est « couplé au réseau ». Dès lors, la vitesse de rotation du groupe turbo-alternateur est stabilisée, ce qui signifie que son énergie cinétique est constante. L'eau mise en vitesse par sa chute « pousse » la turbine qui est « freinée », via le réseau électrique, par les consommateurs d'électricité. Ainsi l'énergie cinétique acquise à chaque instant par le groupe turbo-alternateur du fait de la poussée de l'eau est instantanément dépensée en énergie électrique chez les consommateurs (et en pertes sur le réseau de transport et de distribution).

Les éoliennes fonctionnent selon un principe comparable. La source d'énergie n'est plus la chute de l'eau, mais l'énergie cinétique du vent. La turbine hydraulique est remplacée par une turbine éolienne. L'air étant concrètement très différent de l'eau, il apparaît évident que le même principe de transformation d'énergie mécanique en énergie électrique se matérialise en des systèmes techniques tout aussi différents.

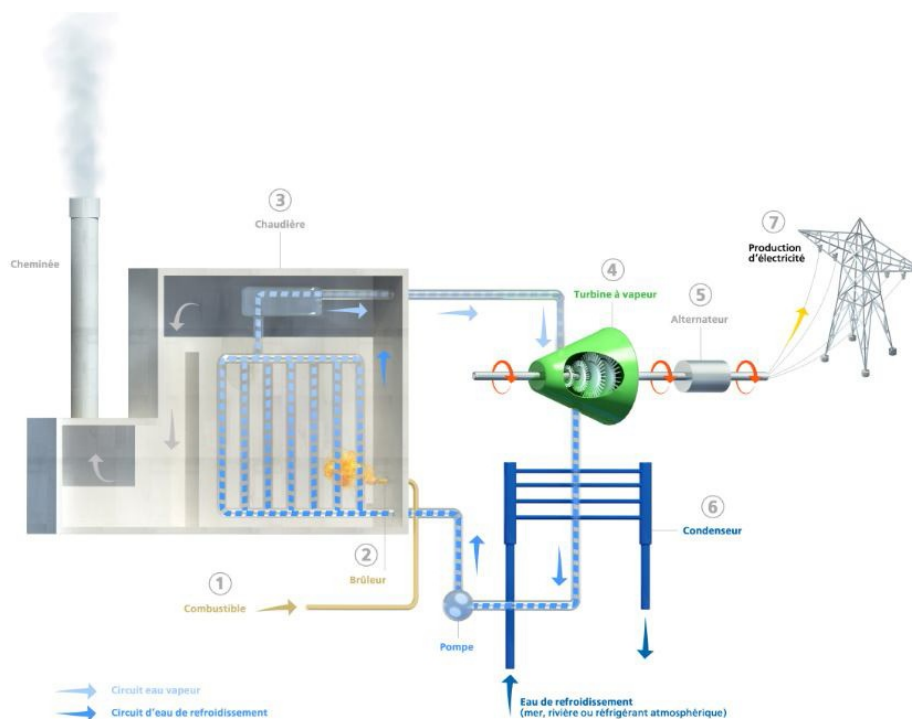
Schéma d'une éolienne de type aérogénérateur



source : <http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-pratique-energie-eolienne.pdf>

Dans les centrales thermiques (à charbon, à fuel, nucléaires...), le principe de transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique est le même, mais la méthode de fabrication de l'énergie mécanique diffère, puisqu'elle est issue non de l'énergie gravitaire d'un liquide, mais de l'énergie thermique dégagée par un combustible. Les centrales thermiques fonctionnent selon ce qu'on appelle un « cycle thermodynamique ». Elles comportent une chaudière (la « source chaude ») où le combustible dégage de l'énergie thermique. Celle-ci est transmise à un générateur de vapeur, lui-même alimenté en eau sous pression qu'il transforme en vapeur d'eau à haute pression. Cette vapeur est aspirée par un condenseur (la source froide) refroidi par l'environnement (l'air, l'eau d'une rivière ou de la mer). Ce refroidissement provoque la condensation de la vapeur en eau et crée une dépression. La vapeur issue de la chaudière est donc aspirée par le condenseur et acquiert une énergie cinétique qui se transforme en énergie mécanique de rotation du groupe turbo-alternateur. La rotation de l'alternateur produit l'électricité. Quant à l'eau issue de la condensation de la vapeur, elle est pompée pour alimenter le générateur de vapeur... et le cycle est bouclé !

Principe de fonctionnement d'une centrale thermique à flamme « classique »



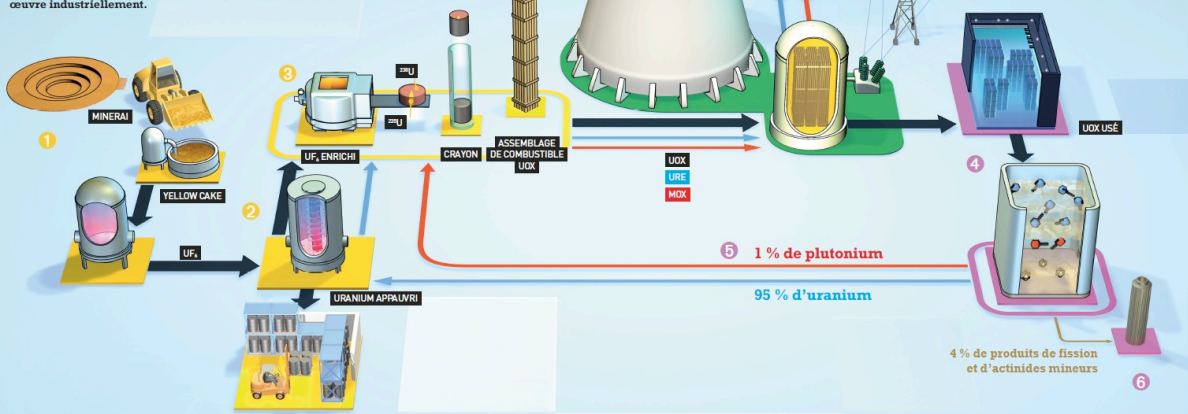
Source : http://energie.edf.com/fichiers/fckeditor/Commun/En_Direct_Centrales/Thermique/Commun/documents/fonctionnement_taf.pdf

Les enjeux de l'ÉNERGIE

▶ TOUT S'EXPLIQUE

LES PROCÉDÉS DU CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE

La France a fait le choix d'un cycle du combustible nucléaire dit « fermé ». Il consiste à traiter le combustible usé pour récupérer ses matières valorisables (uranium et plutonium), tandis que ses autres composés (produits de fission et actinides mineurs) constituent les déchets ultimes. Présentation des grandes étapes de ce cycle, telles qu'elles sont actuellement mises en œuvre industriellement.



À SAVOIR
Le cycle des systèmes de 3^e génération française de traitement-recyclage des combustibles usés trouvera sa pleine mesure avec les réacteurs nucléaires à neutrons rapides de quatrième génération. Ils permettront de multicycler (recycler sans limitation) le plutonium et de valoriser toute la ressource en uranium (y compris l'uranium appauvri et de retraitement). L'amont du cycle s'en trouvera ainsi simplifié (extraction minière, conversion et enrichissement seront supprimés). Sur le long terme, ils permettront d'envisager le recyclage de certains actinides mineurs, réduisant ainsi la radiotoxicité à long terme des déchets.

1 Extraction et conversion
L'extraction du minéral uranifère, dans des gisements souterrains ou à ciel ouvert, fournit les ressources nécessaires à la fabrication du combustible. Contenant de 1 à 200 kg d'uranium par tonne, le minéral est dissous par voie alcaline ou acide puis traité pour obtenir une poudre jaune, le yellow cake (99,27 % d'²³⁸U et 0,7 % d'²³⁵U) qui est ensuite converti en un gaz : l'hexafluorure d'uranium (UF₆).

2 Enrichissement
Seul l'isotope 235 de l'uranium est fissile (générant de l'énergie lorsque son noyau est cassé par un neutron), or il est présent en très faible proportion dans l'uranium naturel (0,7 %). Grâce à l'enrichissement, par un procédé de centrifugation gazeuse, sa proportion augmente entre 3 et 5 %.

3 Fabrication du combustible
L'UF₆ gazeux est converti en poudre d'oxyde d'uranium (UO₂). Cette-ci est comprimée en pastilles de 7 grammes qui sont empilées dans des tubes en alliage de zirconium, les « crayons ». Ces derniers sont ensuite réunis en faisceaux dans des assemblages combustibles qui sont chargés dans le réacteur. Par exemple, un réacteur à eau pressurisée (REP) de 900 MWe compte 157 assemblages de 264 crayons.

4 Séparation des éléments
Après environ quatre ans en réacteur pour produire de l'électricité, le combustible usé se compose de 96 % de matières valorisables (95 % d'uranium, 1 % de plutonium) et de 4 % de déchets ultimes (produits de fission et environ 0,1 % d'actinides mineurs). Il est dissous dans une solution d'acide nitrique, qui est ensuite mélangée à une solution contenant des molécules extractantes spécifiques pour séparer les matières réutilisables des déchets.

5 Recyclage des matières
Le plutonium (1 %) et l'uranium (95 %) sont recyclés, respectivement en combustibles MOX (Oxyde mixte uranium-plutonium) utilisés par 20 des 58 réacteurs du parc actuel, et en LURE (uranium de retraitement enrichi). Mais après avoir été réintroduits une fois en réacteur, les combustibles MOX et LURE usés ne peuvent plus être recyclés. Ils sont alors entreposés dans l'attente d'un usage différé dans des réacteurs à neutrons rapides de quatrième génération.

6 Conditionnement des déchets ultimes
Les déchets ultimes sont piégés dans une matrice de verre : c'est le procédé de vitrification, développé au CEA et mis en œuvre dans les usines d'ANDRA La Hague. Ces déchets vitrifiés sont ensuite coulés dans des conteneurs en inox et entreposés en puits, en attendant d'être stockés en couche géologique profonde.

Retrouvez sur www.cea.fr, le Hors-série « Innover pour un nucléaire durable » des Défis du CEA paru en octobre 2014.

Infographie : Fabrice Mathé - Texte : André Gasier

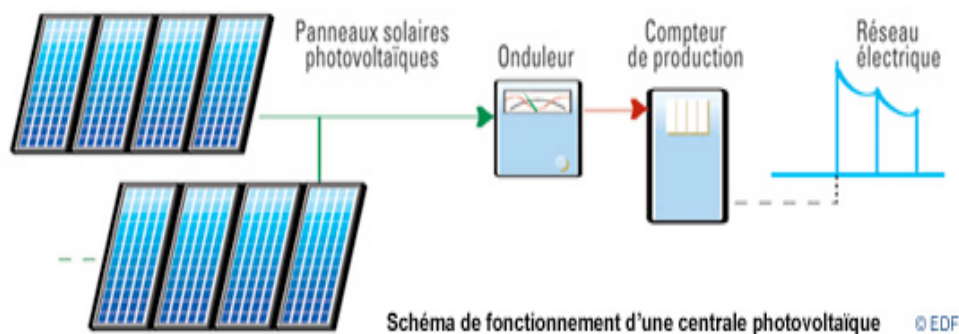
Source : www.cea.fr, le Hors-série « Innover pour un nucléaire durable » des Défis du CEA paru en octobre 2014.

Remarque : Ce n'est pas la tour de refroidissement qui caractérise une centrale nucléaire. Il existe des centrales à flamme refroidies par des aéroréfrigérants et des centrales nucléaires refroidies par une rivière ou la mer. La différence se trouve dans la nature de la source chaude : chaudière à flamme pur l'une, réacteur nucléaire pour l'autre.

Seules les centrales solaires à panneaux photovoltaïques produisent de l'électricité autrement qu'avec un alternateur. L'énergie électromagnétique du rayonnement solaire est directement transformée en énergie électrique au niveau des cellules photovoltaïques du panneau. Celles-ci sont composées de 2 couches de silicium, « dopées » différemment afin de modifier leur comportement électrique. Lorsqu'un rayonnement lumineux (photon) frappe une cellule, des électrons d'atomes de silicium sont projetés d'une couche vers l'autre, ce qui entretient une différence de potentiel.

Une cellule produit une tension de 0,5 à 0,6 Volts et un courant continu dont l'intensité dépend de la puissance du rayonnement solaire. Pour alimenter un petit appareil de 12 volts, on peut mettre une vingtaine de cellules en série. Mais pour alimenter un réseau électrique, il faut créer une tension bien plus importante et surtout transformer le courant continu en courant alternatif à 50 Hz au moyen d'un système électronique appelé « onduleur ».

Schéma d'une centrale solaire photovoltaïque



Les panneaux photovoltaïques transforment le rayonnement solaire en courant continu ;
L'onduleur transforme le courant continu en courant alternatif ;
Le compteur de production chiffre la quantité d'énergie injectée sur le réseau.

Source : http://encyclopedie-electricite.edf.com/transversal/media_sol/sol_schema_01.html