

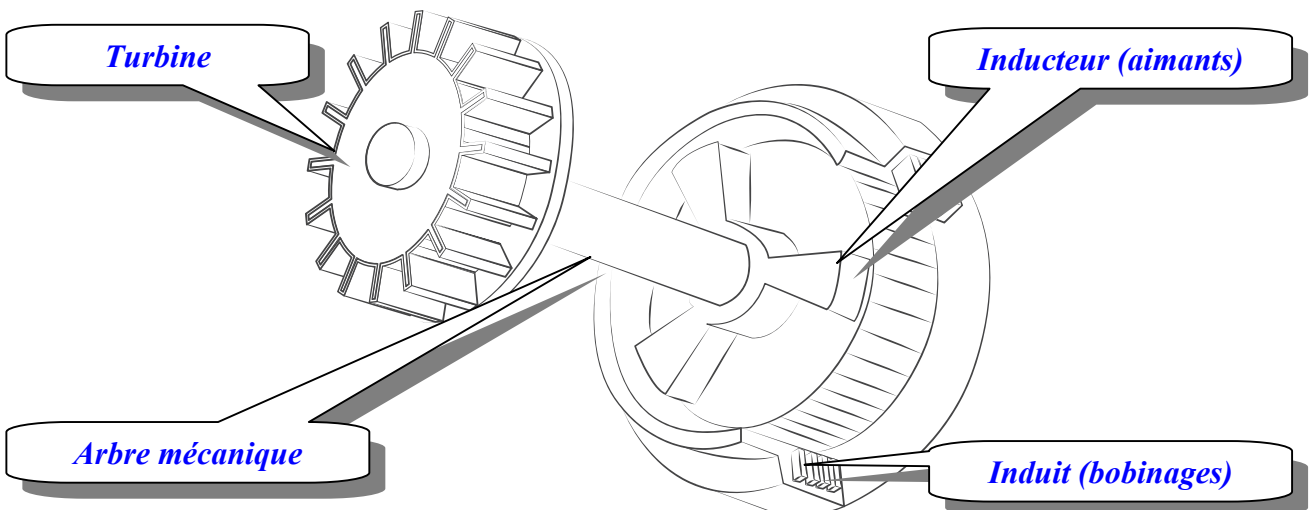
La production d'électricité

1. Problématique

Tous les jours nous utilisons l'énergie électrique sans même en avoir conscience. L'énergie électrique sert dans tous les domaines y compris ceux où on l'attend le moins (chauffage central au gaz, véhicules à moteur thermique...). Les moyens de production de cette énergie sont très divers, on les classe aujourd'hui selon qu'ils sont à base d'énergies renouvelables ou d'énergies fossiles. En ce qui concerne ces dernières, les réserves n'étant pas inépuisables, on cherche à les remplacer par des énergies renouvelables qui ont pour principal avantage, outre une ressource plus pérenne, d'être moins polluantes.

2. L'alternateur

Le principe de production de l'énergie électrique est commun à quasiment toutes les sources d'électricité industrielles. On convertit l'énergie mécanique (la rotation d'un arbre) en énergie électrique grâce à un alternateur triphasé de puissance.



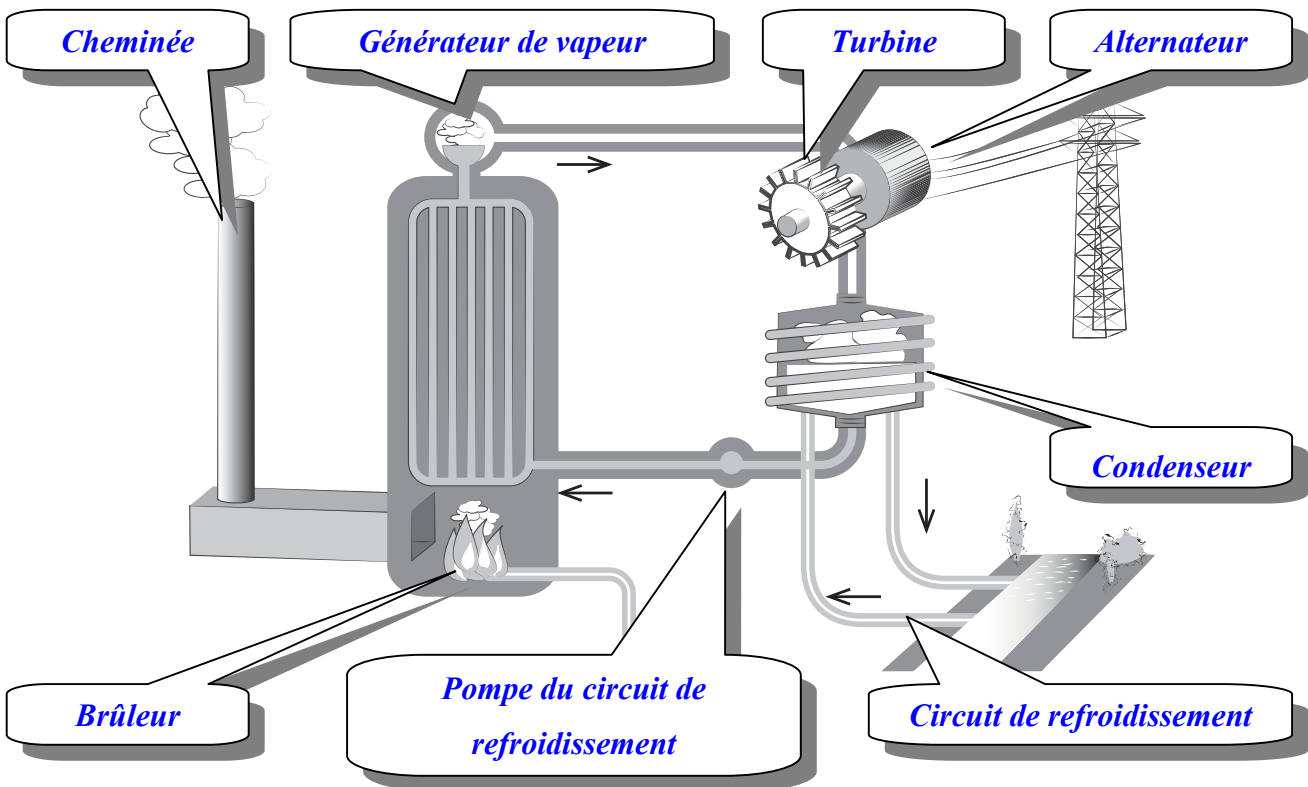
Turbine couplée sur un alternateur.

La rotation de l'inducteur (constitué, pour simplifier, d'aimants) au sein de l'induit (constitué, lui, de bobines placées sur un circuit magnétique fixe) crée des courants appelés courants induits. En choisissant correctement la forme des constituants de l'alternateur, on obtient des courants alternatifs sinusoïdaux.

3. Les centrales thermiques à flamme

L'énergie mécanique qui va entraîner l'arbre de l'alternateur est créée par de la vapeur sous pression. Le générateur de vapeur est chauffé par un combustible fossile. La chaudière est ici alimentée par du charbon, du fioul ou du gaz. Le combustible est injecté dans le brûleur de la chaudière où il est brûlé. L'énergie thermique dégagée transforme l'eau en vapeur qui fait tourner la turbine. La vapeur en sortie de turbine est refroidie dans le condenseur dans lequel circule de l'eau

froide (circuit de refroidissement) et retourne à la chaudière sous forme d'eau grâce à une pompe. Les gaz produits lors de la combustion sont rejetés dans l'atmosphère par la cheminée.



Centrale thermique à flamme.

Sur l'illustration précédente, le refroidissement est assuré par un cours d'eau mais il peut l'être par un aéroréfrigérant comme sur l'illustration de la page suivante.

Le principal avantage des centrales thermiques à flamme est qu'elles peuvent être mises en marche et arrêtées rapidement afin de s'adapter aux variations de la consommation électrique.

Le principal inconvénient de celles-ci vient des rejets de particules et de polluants dans l'atmosphère par les cheminées (poussières, gaz à effet de serre, oxydes de soufre...). Les normes européennes imposent une forte réduction de ces polluants afin de préserver l'environnement.

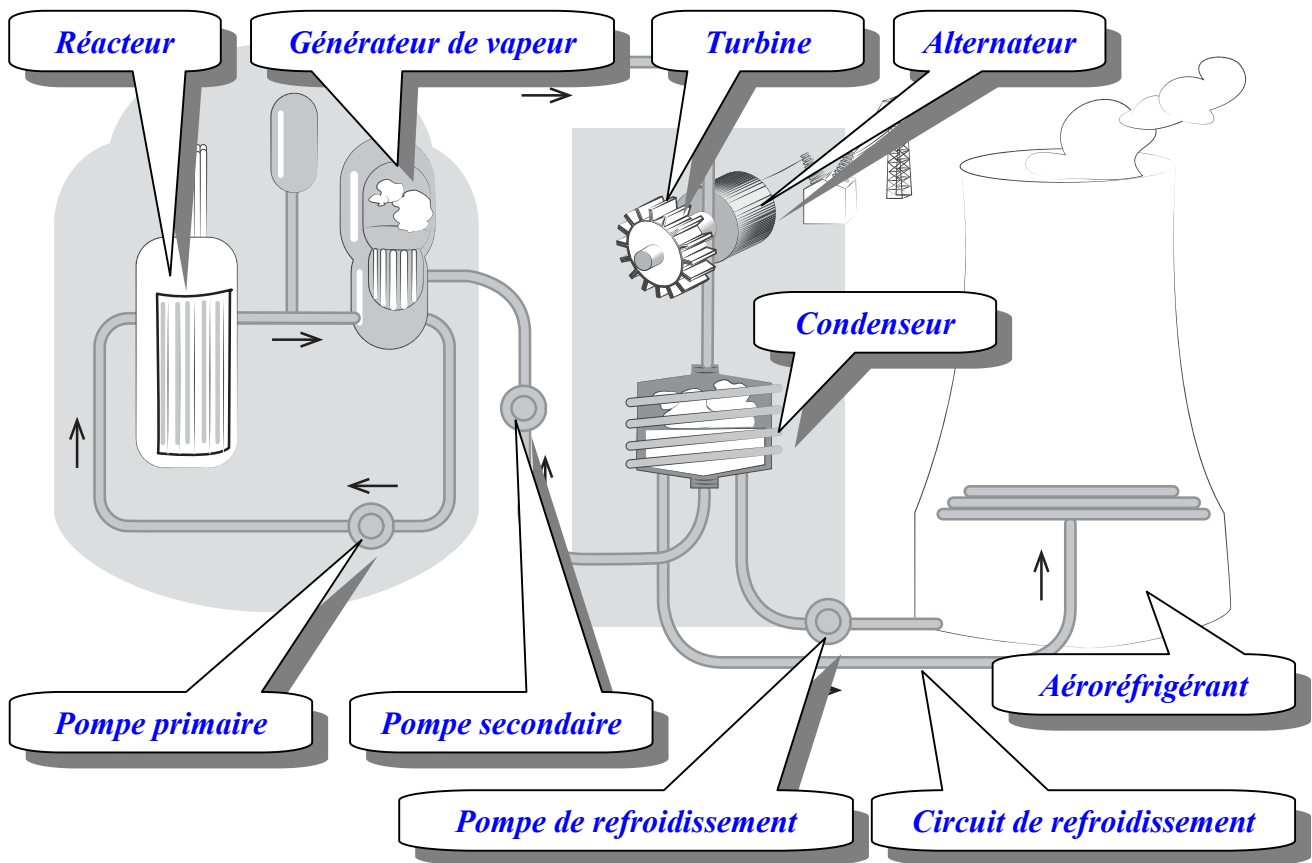
L'énergie primaire doit être importée des pays lointains où elle est produite (ex : d'Asie, d'Amérique latine ou d'Australie pour le charbon), ce qui entraîne une nouvelle pollution due aux transports des matières premières.

En 2004, en France, 3 % de l'énergie électrique produite est d'origine thermique à flamme. Ce pourcentage est de 66 % dans le monde.

D'ici environ 50 ans les énergies primaires utilisées dans les centrales thermiques à flammes seront épuisées.

4. Les centrales thermiques nucléaires

Comme pour les centrales thermiques à flamme, on va produire de la vapeur pour faire tourner une turbine. La chaudière est ici alimentée par de l'uranium 235. On produit une réaction de fission nucléaire contrôlée qui dégage une énorme quantité de chaleur. Il y a toutefois une différence : il existe un circuit échangeur supplémentaire afin d'augmenter la sécurité en cas de fuite radioactive.



Centrale nucléaire à eau pressurisée.

Le principal avantage des centrales thermiques nucléaires est qu'elles n'émettent aucun gaz à effet de serre. En contrepartie, la durée de vie des déchets produits lors de la fission est de l'ordre du million d'années ! Ils sont très hautement radioactifs et présentent un grand danger pour toutes les formes de vies. Le problème du recyclage ou du stockage de ces déchets n'a, à ce jour, trouvé aucune solution satisfaisante. Le gain « écologique » apporté par l'absence de gaz à effet de serre lors de l'exploitation est sérieusement contrebalancé par la gestion de ces déchets.

La conception des centrales nucléaires utilisées en France se veut sûre grâce à la séparation en 3 circuits. Le circuit primaire est celui qui entoure le cœur du réacteur. La radioactivité y est très élevée. Le circuit secondaire qui relie le générateur de vapeur à la turbine est isolé du circuit primaire par un échangeur thermique. La radioactivité doit y être faible voire nulle en fonctionnement normal. Enfin, le circuit de refroidissement est lui aussi isolé du circuit secondaire par un échangeur thermique. Grâce à cette séparation en trois circuits, une fuite radioactive au niveau du circuit primaire ne doit conduire à aucun rejet nocif dans le milieu naturel.

Le problème majeur résulte de la gravité des conséquences en cas d'incident ou d'accident sur ce type d'équipements. Nous avons tous en mémoire l'accident de Tchernobyl en 1986 avec toutes les conséquences qui en découlent aujourd'hui encore. Plus récemment, le 11 mars 2011, suite au tremblement de terre et au tsunami qui s'en est suivi, les centrales nucléaires installées sur les côtes japonaises se sont arrêtées automatiquement. A la centrale de Fukushima Daiichi, l'absence de refroidissement des cœurs due à la perte de l'alimentation électrique des auxiliaires de sécurité a conduit à l'explosion du réacteur n° 1 le 12 puis à sa fusion. Deux autres réacteurs ont vraisemblablement subi le même sort. L'accident est classé au niveau 7 de l'échelle INES (*International Nuclear and radiological Event Scale*) : rejet majeur avec effet considérable sur la santé et l'environnement, alors qu'il était initialement classé 4 : rejet mineur de radioactivité dans l'environnement ! La conception des centrales nippones avait pourtant pris en compte la forte activité sismique de la région, le risque zéro n'existe pas.

En France, 88 % de l'énergie électrique produite est d'origine nucléaire, seulement 17 % dans le monde.

D'ici environ 50 ans les énergies primaires utilisées dans les centrales thermiques nucléaires seront épuisées.

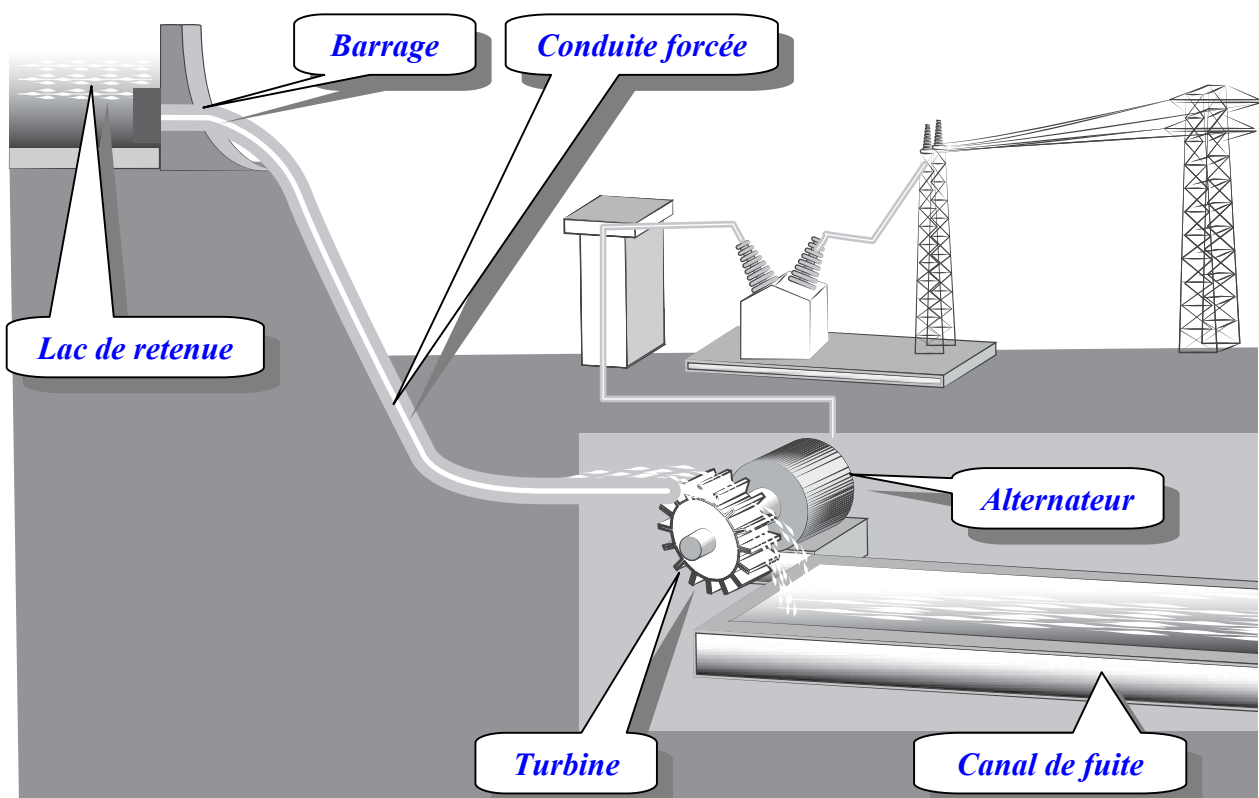
Quelques pays commencent à renoncer au nucléaire et misent sur les énergies renouvelables beaucoup plus propres et moins dangereuses.

5. Les centrales basées sur les énergies renouvelables

Nous avons vu que l'énergie primaire des centrales à énergies fossiles sera épuisée d'ici environ 50 ans. Il est donc urgent de trouver de nouvelles sources d'énergies pour lesquelles ce problème ne se pose plus. De plus, notre environnement se dégrade de plus en plus à cause de l'activité humaine et des rejets qu'elle induit. Il nous faut donc trouver des nouvelles sources d'énergie respectueuses de l'environnement et disponibles sans limitation de durée.

5.1. Les centrales hydrauliques

L'énergie primaire est ici une retenue d'eau dans un barrage. La différence de niveau d'eau entre amont et aval de la retenue est source d'énergie potentielle. Le principe est le suivant : on construit un barrage le long d'un cours d'eau de préférence en altitude afin d'avoir un dénivelé important. Ce barrage va constituer un lac de retenue dans lequel on retient une grande quantité d'eau. Une conduite forcée va envoyer l'eau à la centrale électrique située plus bas. Cette eau sous pression va entraîner la turbine et l'alternateur qui transforme l'énergie mécanique en énergie électrique. L'eau est ensuite évacuée par le canal de fuite vers l'ancien lit du cours d'eau. Des vannes sur la conduite forcée permettent d'ajuster le débit d'eau acheminé vers la centrale et la quantité d'électricité produite.



Centrale hydraulique haute chute.

L'avantage principal des centrales hydrauliques est qu'elles ne produisent aucun déchet et pas de gaz à effet de serre en exploitation. De plus, elles peuvent être mises en marche et arrêtées rapidement à l'aide de simples vannes (« robinets ») afin de s'adapter aux variations de la consommation électrique.

L'un des principaux inconvénients est qu'on modifie le cours naturel des cours d'eau et qu'on submerge toute une région pour constituer le lac de retenue. Il est important d'aménager des passes à poissons afin que certaines espèces, notamment les saumons, puissent rejoindre leurs lieux de reproduction.

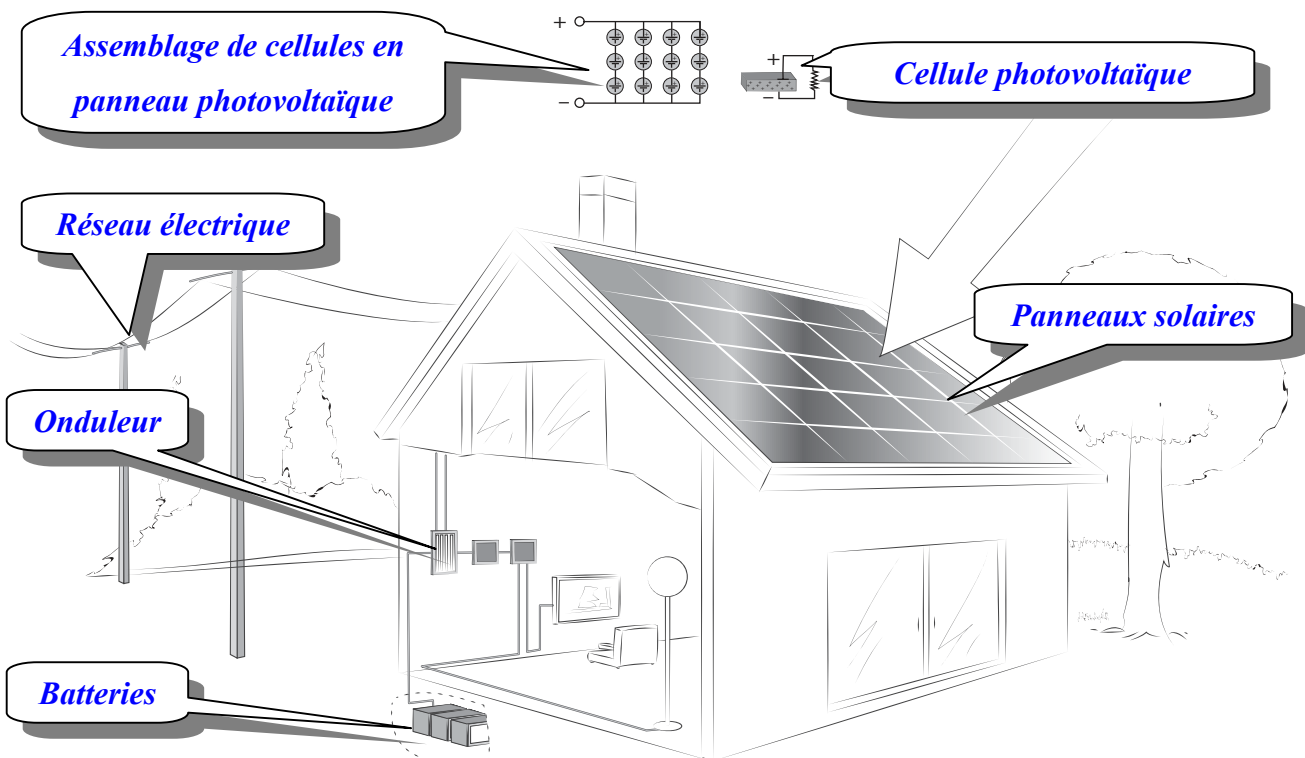
9 % de l'énergie électrique produite en France est d'origine hydraulique, 16 % dans le monde.

5.2. Les centrales photovoltaïques

Ces dernières années, les centrales photovoltaïques se sont développées grâce aux progrès réalisés dans le domaine de l'électronique.

L'énergie électrique est ici produite directement par les panneaux solaires sans aucune transformation en énergie mécanique. Ces panneaux sont composés de groupements de cellules photovoltaïques en silicium de façon à donner une tension et un courant exploitables par l'onduleur. Ce dernier sert à transformer le courant continu en courant alternatif qui peut être réinjecté sur le réseau de distribution publique. Dans le cas de centrales isolées (non reliées au réseau), les panneaux solaires servent à charger des batteries de façon à pouvoir utiliser l'énergie la nuit et lors des périodes faiblement ensoleillées.

Le coût des centrales photovoltaïques est aujourd'hui le principal frein à leur développement. Le bilan écologique laisse apparaître une forte pollution lors de la production des cellules photovoltaïques mais qui semble être regagnée en 2 à 3 ans de production.

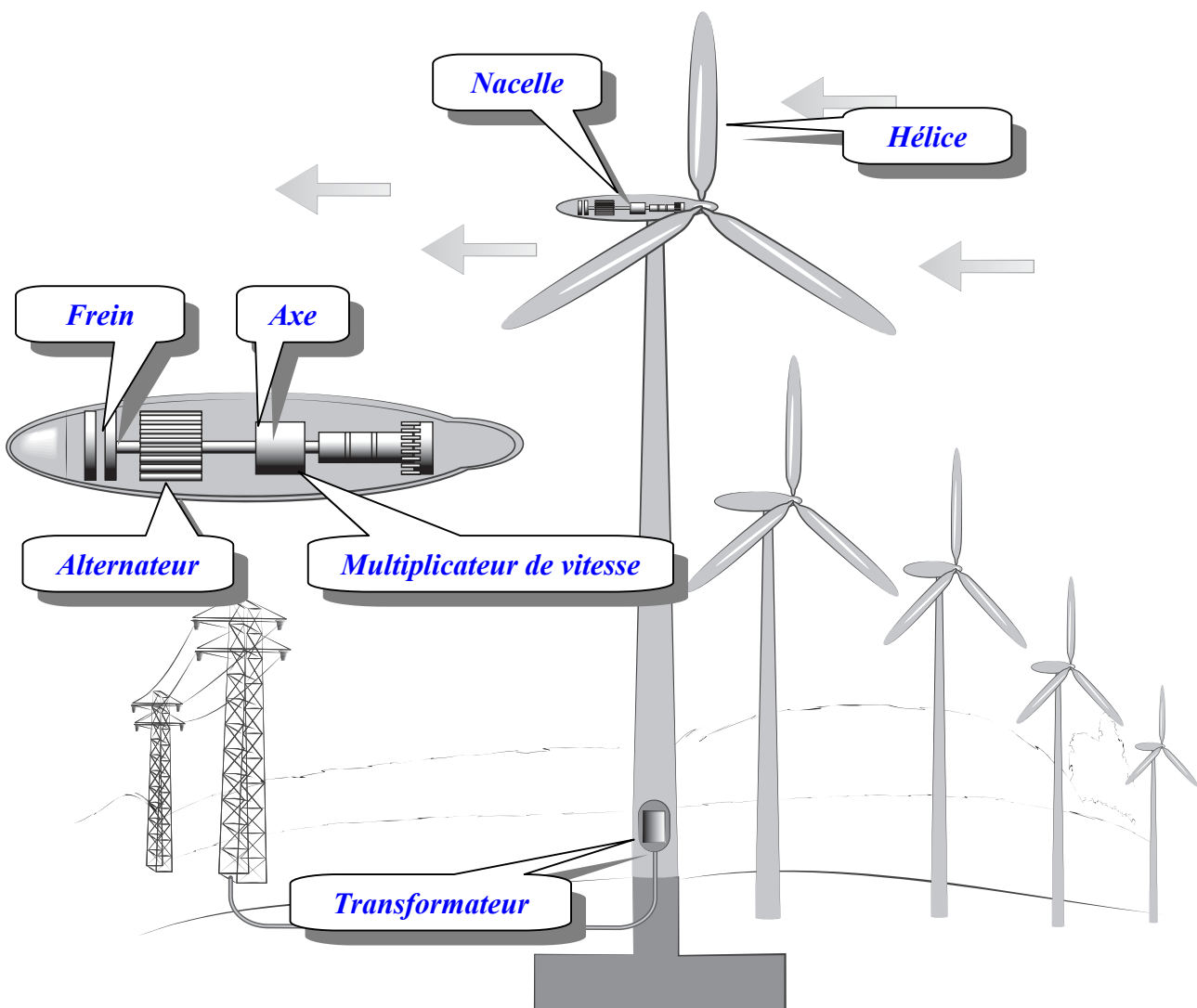


5.3. Les centrales éoliennes

L'énergie primaire est ici le vent. L'exploitation de cette forme d'énergie n'en est qu'à ses débuts en France, la croissance est rapide. L'objectif d'EDF est de porter à 15 - 21 % la part d'énergie totale produite en France d'ici 2010.

Principe de fonctionnement : sous l'effet du vent, l'hélice de l'éolienne (encore appelée aérogénérateur) se met en rotation. A l'intérieur de la nacelle sur l'axe, un multiplicateur de vitesse augmente la vitesse de rotation disponible pour l'alternateur qui produit l'énergie électrique.

Il y a peu de conséquences négatives sur le plan écologique si l'étude préalable à l'implantation est effectuée correctement. Certains détracteurs de cette technologie avancent le bruit important fait par les machines. Il n'est important qu'en cas de tempête ; en fonctionnement normal, il est à peine audible au pied des machines. De plus, les éoliennes ne sont pas implantées à moins de 500 m des habitations. L'impact visuel n'est pas pire que celui des pylônes haute tension.



Ferme éolienne.

5.4. Les centrales solaires thermodynamiques

La conversion n'est ici plus directe comme dans le photovoltaïque, mais on concentre l'énergie solaire à l'aide de miroirs sur un générateur de vapeur qui fait tourner un alternateur par l'intermédiaire d'une turbine comme dans toutes les centrales thermiques classiques. Cette technique est en expérimentation dans plusieurs pays, elle est très prometteuse en termes de rendement, de coût à l'installation et écologique.

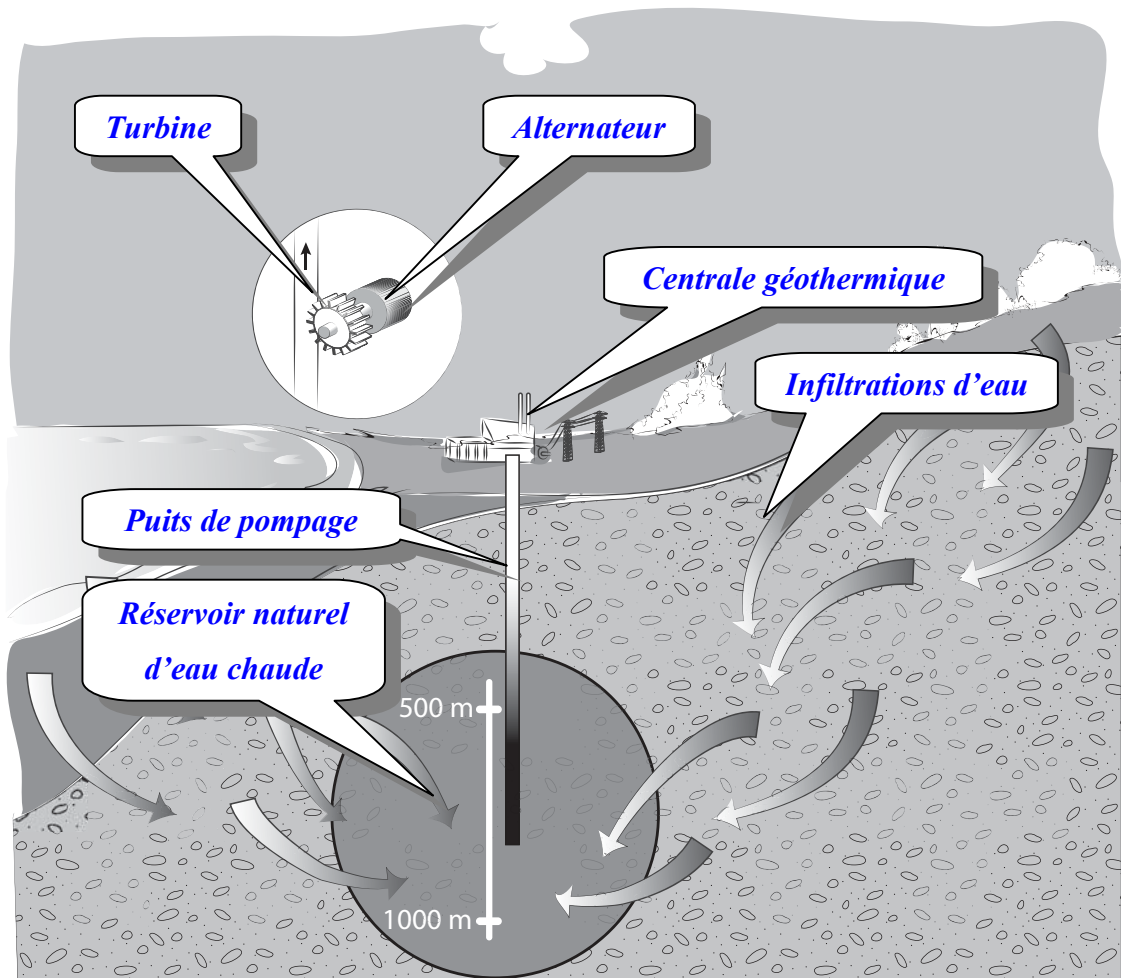
Le principal inconvénient du solaire thermodynamique face au solaire photovoltaïque est dû aux pièces en mouvement qui s'usent et nécessitent un suivi et une maintenance régulière.

5.5. La biomasse

L'énergie de la biomasse est utilisée sous plusieurs formes. Soit en brûlant des matières végétales ou alors en utilisant le gaz produit lors de la décomposition de ces matières. Dans les deux cas, la chaleur produite sert à générer de la vapeur et à faire tourner un alternateur comme dans les centrales thermiques classiques.

5.6. Les centrales géothermiques

L'énergie géothermique consiste en l'utilisation de la chaleur dans les couches profondes de la terre. On crée un puits de pompage qui permet de récupérer de l'eau à haute température présente dans des réservoirs naturels grâce à l'infiltration par les failles de la croûte terrestre. Lors du pompage l'eau se transforme en vapeur qui fait tourner une turbine et un alternateur comme dans les centrales thermiques classiques.



Centrale géothermique.

6. Générateurs autonomes

Il est des endroits où on ne dispose pas de réseau de distribution publique d'électricité, mais cette forme d'énergie est quand même nécessaire. On utilise alors des générateurs autonomes d'énergie électrique.

6.1. Les groupes électrogènes

Le groupe électrogène est composé d'un moteur thermique (comme celui des voitures) qui entraîne un alternateur. Le groupe électrogène est aussi utilisé en secours dans des installations qui nécessitent de l'énergie électrique en permanence sans interruption (hôpitaux, etc.). En cas d'interruption de la fourniture d'électricité, le groupe électrogène démarre en quelques secondes et prend en charge l'alimentation des circuits prioritaires de l'installation.

Les groupes électrogènes utilisés en secours doivent faire l'objet d'une surveillance régulière (batteries, essais de démarrages...).

6.2. Les piles

Les piles sont des générateurs électrochimiques transformant de manière irréversible l'énergie chimique en énergie électrique. Cette transformation s'effectue directement sans passer par une autre forme d'énergie.

Sur le plan environnemental, il y a production de déchets qui peuvent être très toxiques lors de la fabrication et lors de l'élimination des piles en fin de vie (piles au mercure, etc.). En France, la filière recyclage a tardé à se mettre en place et est encore trop peu efficace.

6.3. Les accumulateurs

Comme les piles, les accumulateurs sont des générateurs électrochimiques qui transforment l'énergie chimique en énergie électrique. La différence est que cette fois la transformation est réversible.

Les accumulateurs se rechargent sur une source d'électricité. L'énergie électrique est transformée en énergie chimique lors de cette phase de charge des accumulateurs. En phase de décharge, la transformation inverse se produit. Les métaux utilisés pour la fabrication d'accumulateurs sont très souvent toxiques pour la santé humaine et pour l'environnement (plomb, cadmium...). En fin de vie, il faut faire recycler les accumulateurs dans des filières spécialisées.

6.4. Les alimentations secourues (onduleurs)

Les onduleurs sont des appareils qui transforment l'énergie contenue dans une batterie en tension électrique alternative utilisable par les appareils fonctionnant sur le réseau de distribution alternatif. L'autonomie des alimentations secourues est en général faible (de quelques minutes à quelques heures en fonction de la capacité des batteries de secours).

6.5. Les piles à combustible

Les piles à combustible sont des piles qui utilisent un combustible (hydrogène) pour la production d'électricité. Cette transformation se fait sans que le combustible ne soit brûlé.

Les avantages de la pile à combustible sont un rendement énergétique élevé, une absence de rejet de gaz à effet de serre (seule de l'eau est rejetée), pas d'usure mécanique, pas de bruit dû au fonctionnement et peu d'entretien.

Parmi les inconvénients : le volume important (de récents progrès ont été faits dans ce domaine), fragilité du système, coût élevé, puissance limitée, et, inconvénient de taille, l'hydrogène utilisé comme carburant est explosif en présence d'oxygène !

Les recherches dans le domaine des piles à combustible sont très actives et les progrès très rapides ces dernières années. Le principe de la pile à combustible a été découvert en 1839 !