

Thème 2 : Le futur des énergies.

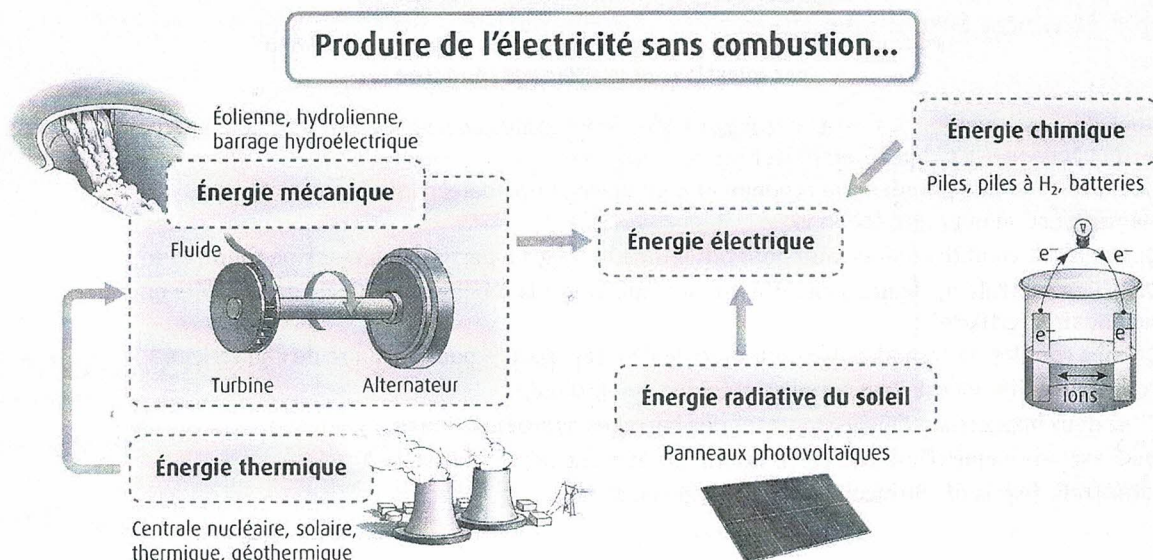
Chapitre 6 Les atouts de l'électricité.

T^{le} Enseignement Scientifique

L'énergie électrique présente de nombreux avantages : une distribution aisée, sûre et à faible impact écologique ; l'existence de réseaux de distribution très étendus ; la disponibilité de convertisseurs de bon rendement permettant de transformer l'énergie électrique en d'autres formes d'énergie ou, symétriquement, d'obtenir de l'énergie électrique.

L'existence de procédés d'obtention d'énergie électrique sans combustion justifie le rôle central que cette forme d'énergie est amenée à jouer à l'avenir.

1°/ Convertir l'énergie mécanique en électricité (obtenue sans combustion) :



À l'exception des centrales photovoltaïques (voir chapitre 5), le principe des centrales électriques sans combustion repose sur la conversion d'énergie mécanique en énergie électrique.

La mise en mouvement d'une turbine par un fluide entraîne un alternateur qui produit de l'électricité. Dans les barrages hydroélectriques, les éoliennes et les hydroliennes, les pales de la turbine sont entraînées directement par l'eau ou le vent.

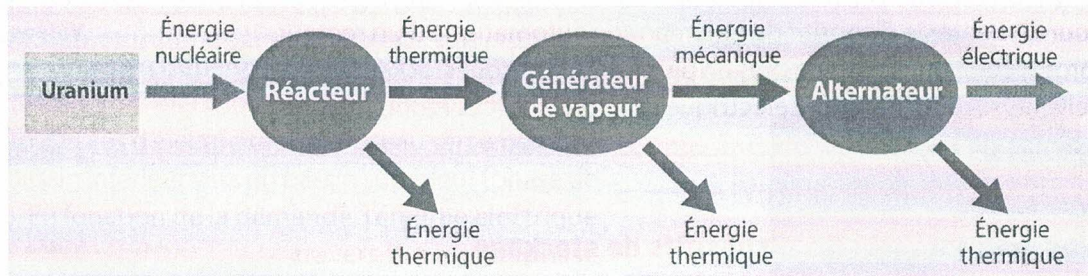
Dans les centrales nucléaires, géothermiques ou solaires thermiques, la turbine est entraînée par de la vapeur d'eau.

Le rendement global dépend du rendement de production de l'énergie mécanique de rotation (qui dépend de la source d'énergie primaire) et du rendement de l'alternateur utilisé.

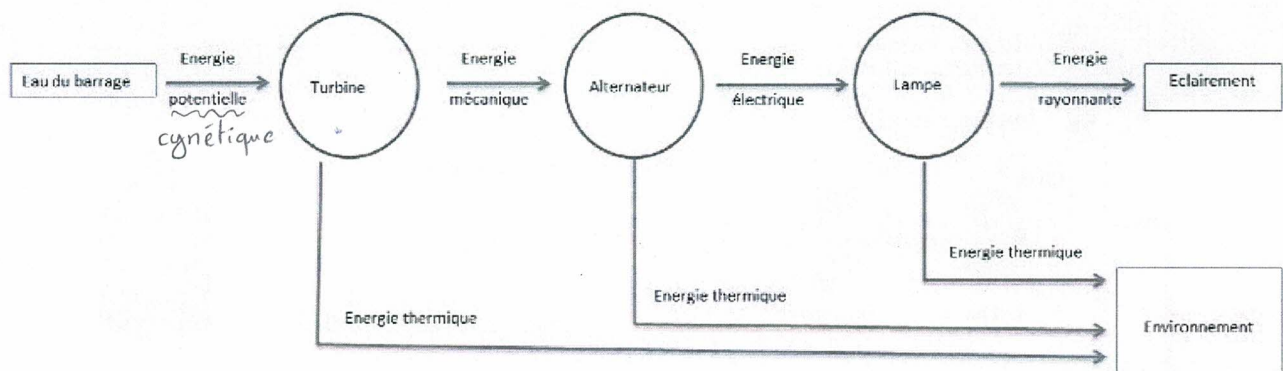
Le rendement global est en augmentation constante grâce aux progrès technologiques.

Remarques : Dans des panneaux photovoltaïques, la conversion de l'énergie radiative reçue du Soleil en énergie électrique a lieu dans des cellules photovoltaïques.
Chaque étape de conversion et de transport de l'énergie est caractérisée par un rendement, traduisant les pertes d'énergie. Le rendement global est le produit des rendements de chaque étape ($\eta_{\text{global}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4$).

Exemple 1 : chaîne énergétique, de la centrale nucléaire à la prise électrique :



Exemple 2 : chaîne énergétique, du barrage hydraulique à une lampe :



2°/ La conversion électrochimique :

Dans des piles ou des accumulateurs électrochimiques, l'énergie électrique est produite à partir d'énergie chimique.

Une pile électrochimique est constituée de deux électrodes de nature différente plongeant dans une solution conductrice.

Une transformation chimique spontanée entraîne un mouvement d'électrons dans les électrodes reliées par un fil conducteur, à l'origine de la tension aux bornes de la pile.

La consommation des réactifs entraîne l'usure de la pile. Une batterie ou accumulateur est une pile dont le fonctionnement est réversible.

Les piles à hydrogène (H_2) sont à l'étude pour les voitures électriques car elles ont l'avantage de ne rejeter que de l'eau.

3°/ Les conséquences environnementales :

La fabrication des centrales sans combustion présente des **bilans carbone non nuls**, mais l'empreinte carbone est nettement plus réduite que les dispositifs basés sur la combustion de matières carbonées.

Un barrage nécessite plusieurs tonnes de ciment, dont la fabrication est productrice de CO₂.

La dégradation de la matière organique inondée rejette des GES (Gaz à Effet de Serre) et les habitats des espèces piscicoles sont drastiquement perturbés.

Par ailleurs, la demande en lithium a fortement augmenté avec l'essor des batteries pour téléphones portables et ordinateurs. Son extraction requiert des quantités d'eau très importantes et engendre une pollution chimique, conduisant à la destruction de la biodiversité locale.

Les métaux rares présentent des ressources limitées et sont la cause de désastres écologiques dans les régions d'exploitation.

	Centrale				Piles et accumulateurs
	thermique nucléaire	hydroélectrique	éolienne	photovoltaïque	
Impacts et risques	• Gestion des déchets radioactifs • Explosion • Contamination radioactive	• Disparition de terres agricoles • Déplacement des populations • Destruction des écosystèmes • Rupture de barrage	• Pollution visuelle et sonore • Perturbation des écosystèmes • Effondrement	• Grande occupation des sols	• Déchets chimiques • Pollution lors de rejets
			• Pollution due à l'extraction des matières premières utiles à la fabrication (métaux rares) • Épuisement des ressources (métaux rares)		

4°/ Stockage de l'énergie :

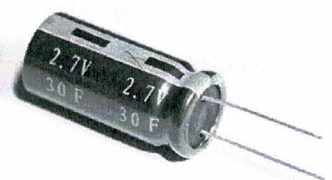
La majorité des énergies renouvelables ne permet pas une production électrique continue. Afin de répondre à des besoins variables en fonction de la journée ou de la saison, il est nécessaire de stocker l'énergie électrique.

Pour être stockée, l'énergie électrique doit être convertie, ce qui s'accompagne nécessairement de pertes.

Les centrales hydroélectriques jouent un rôle clef dans le stockage : l'énergie électrique excédentaire permet de remonter l'eau par pompage (STEP : Station de Transfert d'Énergie par Pompage) . L'énergie potentielle ainsi stockée peut à nouveau être convertie en électricité lorsque la demande est plus forte.

D'autres formes de stockage voient aussi le jour. Ainsi, **des piles à hydrogène (H₂)** connectées à des panneaux solaires stockent le surplus d'énergie et fournissent de l'énergie électrique pendant les jours de faible ensoleillement.

Par stockage d'énergie électromagnétique, **les super-condensateurs** (ou super capacités) permettent beaucoup plus de cycles de charge qu'une batterie classique et la collecte/restitution des charges est plus rapide.



Enfin le **volant d'inertie** est un système de stockage d'énergie sous forme d'énergie cinétique de rotation. Il est constitué d'une masse, la plupart du temps un cylindre creux ou plein (mais d'autres formes sont possibles). Cette masse est mise en rotation autour d'un axe, fixe en général, et enfermée dans une enceinte de protection. Elle est reliée à un moteur/générateur électrique qui permet de convertir l'énergie cinétique en électricité et inversement.

Applications du volant d'inertie :

Dans certains véhicules (métro de Rennes, trains, Formule 1), l'énergie de freinage est utilisée pour mettre en rotation une lourde masse, qu'on appelle un volant d'inertie. Puis, lorsque de l'énergie est nécessaire, la rotation de ce volant entraîne un alternateur qui produit de l'électricité. Ce dispositif permet une restitution très rapide, un rendement élevé, ne pollue pas et nécessite peu d'entretien. La masse est variable (entre 40 et 250 kg) selon les matériaux utilisés. La capacité est généralement inférieure à 130 kWh et l'autonomie est limitée à environ 15 min. Il ne peut donc servir que pour une régulation rapide d'un système sur de courtes durées.

	Forme d'énergie	Durée de stockage	Densité énergétique	Rendement	Durée de vie
STEP	Énergie potentielle de position	+++	+	++	+++
Batterie	Énergie chimique	++	+++	+	+
Supercondensateur	Énergie électrostatique	+	++	+++	++

SAVOIRS OFFICIELS :

Trois méthodes permettent d'obtenir de l'énergie électrique sans nécessiter de combustion :

- la conversion d'énergie mécanique, soit directe (dynamos, éoliennes, hydroliennes, barrages hydroélectriques), soit indirecte à partir d'énergie thermique (centrales nucléaires, centrales solaires thermiques, géothermie) ;
- la conversion de l'énergie radiative reçue du Soleil (panneaux photovoltaïques) ;
- la conversion électrochimique (piles ou accumulateurs conventionnels, piles à hydrogène).

Ces méthodes sans combustion ont néanmoins un impact sur l'environnement et la biodiversité ou présentent des risques spécifiques (pollution chimique, déchets radioactifs, accidents industriels...).

Pour faire face à l'intermittence liée à certains modes de production ou à la consommation, l'énergie électrique doit être convertie sous une forme stockable :

- énergie chimique (accumulateurs) ;
- énergie potentielle (barrages) ;
- énergie électromagnétique (super-capacités).