Fiche

Depuis le XIXe siècle, le réseau de distribution électrique s'est déployé sur tout le territoire, offrant ainsi de l'énergie électrique à chacun. Les modes de production de l'électricité se diversifient et deviennent de plus en plus écologiques, ce qui permet à l'électricité d'avoir un faible impact sur l'environnement. De plus, les différents convertisseurs de l'énergie électrique en d'autres formes d'énergie avec un bon rendement permettent de la stocker et d'ajuster au mieux sa disponibilité aux demandes des utilisateurs.

La conversion d'énergie mécanique directe

La conversion d'énergie mécanique directe par le barrage d'une centrale hydro-électrique, une dynamo ou une éolienne ne nécessite pas de combustion. Cette conversion se fait directement.

Un **barrage hydro-électrique** retient l'eau et crée un lac en hauteur. Ce lac constitue une réserve d'énergie électrique sous forme d'énergie potentielle. L'ouverture des vannes du barrage produit un filet d'eau à très grand débit, qui vient frapper, en bout de course, une turbine. La rotation des turbines entraîne des alternateurs qui produisent du courant électrique, injecté dans le réseau électrique sous très haute tension grâce à des transformateurs.

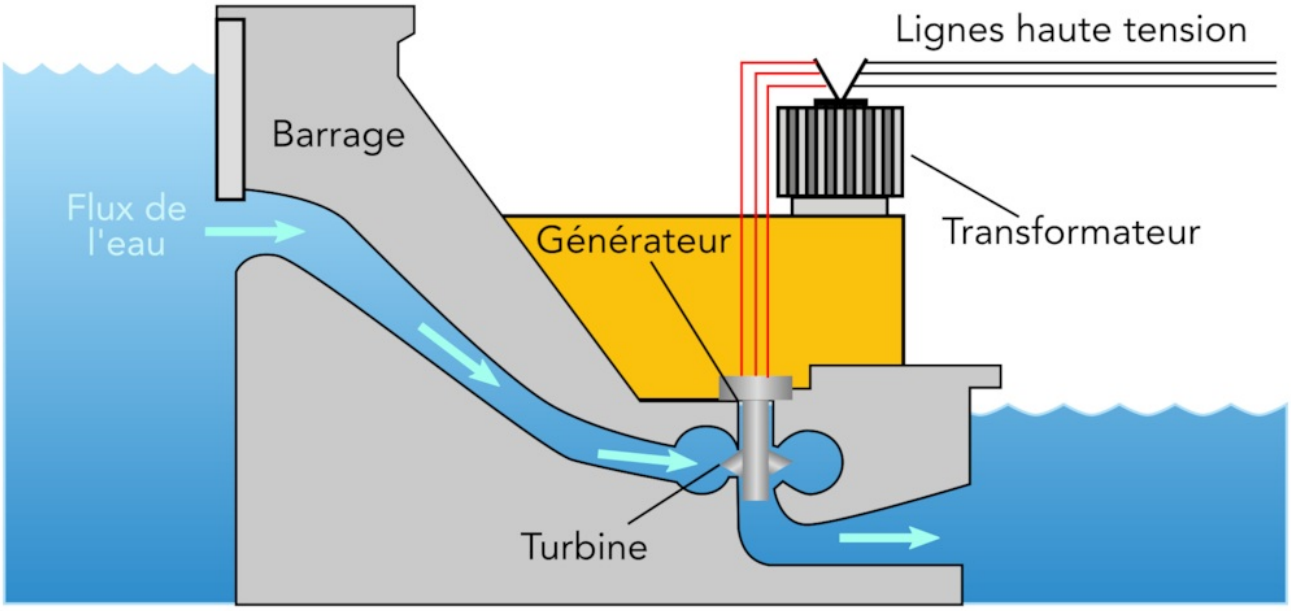

Figure 1. Schéma du barrage d'une centrale hydro-électrique.

La **dynamo** est un dispositif qui permet de produire de l'énergie électrique par rotation d'un aimant devant une bobine. C'est le phénomène d'induction qui est à l'origine de la production. Une dynamo produit un courant continu, contrairement aux alternateurs.

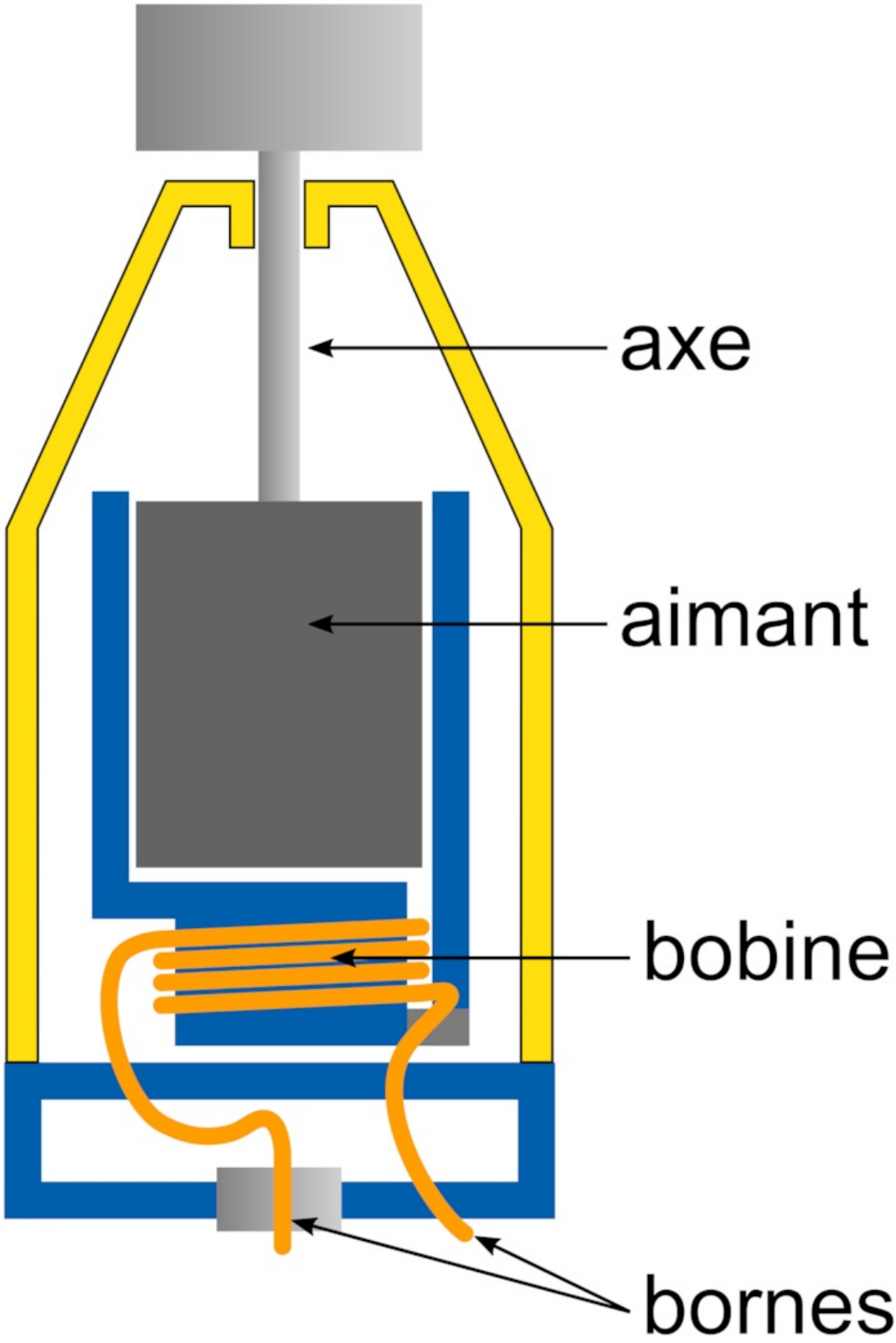

Figure 2. Schéma d'une dynamo.

Les **éoliennes** utilisent l'énergie cinétique du vent : elles transforment la rotation des pales sous l'action du vent en énergie mécanique, puis en énergie électrique grâce à l'alternateur. En effet, avec le vent, le rotor fixé en haut du mât se met à tourner devant le stator, produisant ainsi l'énergie électrique. C'est encore le phénomène d'induction électromagnétique qui est à l'origine de cette production d'électricité. On obtient du courant alternatif dont la tension est amenée à 20 000 V (grâce aux transformateurs) pour le transport ultérieur.

Les **hydroliennes** fonctionnent sur le même principe que les éoliennes, mais elles sont constituées par une turbine hydraulique qui utilise l'énergie cinétique des courants marins. La turbine transforme l'énergie cinétique des mouvements de l'eau en énergie mécanique qui sera ensuite convertie en énergie électrique par un alternateur.

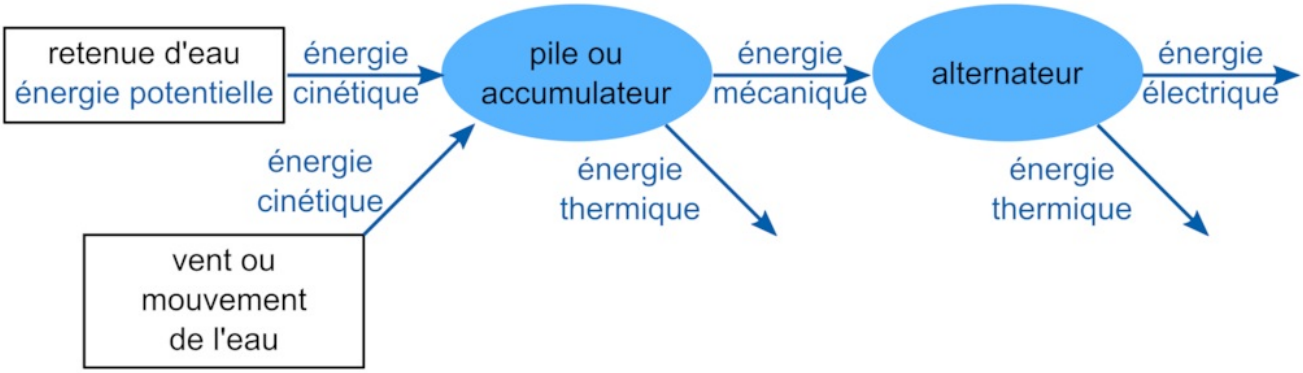

Figure 3. Chaîne de transformation énergétique à partir de différentes ressources primaires avec conversion d'énergie mécanique directe.

La conversion d'énergie mécanique à partir d'énergie thermique

Dans les **centrales nucléaires**, des noyaux d'uranium sont cassés après avoir été bombardés par des neutrons. Il y a alors libération d'une grande quantité d'énergie sous forme de chaleur qui est utilisée pour transformer l'eau en vapeur dans le circuit primaire. Le circuit secondaire amène la vapeur à la turbine, produisant ainsi l'électricité. Le circuit de refroidissement prélève l'eau froide dans le fleuve et en alimente le condenseur.

Dans une **centrale solaire thermique**, les rayons du soleil sont concentrés en un point par des miroirs. La température peut s'élever de 400 °C à 1 000 °C. Le générateur de vapeur va transformer l'eau en vapeur d'eau qui va entraîner la turbine alimentant l'alternateur. Celui-ci va produire le courant alternatif envoyé vers le transformateur qui ajustera la tension pour la distribution.

La géothermie tire parti du fait que la température du sol est constante. Dans certains lieux, la chaleur est plus élevée qu'ailleurs. En effet, le magma remonte à la surface et réchauffe les roches qui l'entourent. C'est ce qui se passe dans les sources chaudes, par exemple. L'eau de pluie s'infiltre et constitue ainsi un réservoir dans le sous-sol à haute température. Dans une **centrale géothermique**, l'eau est ensuite pompée jusqu'à la surface et se transforme en vapeur. Cette vapeur va faire tourner une turbine qui fait fonctionner un alternateur. On obtient un courant électrique alternatif. Un transformateur élève ensuite la tension du courant électrique pour le transport.

La conversion électrochimique

Le stockage de l'énergie est un enjeu majeur pour le futur. En effet, l'accroissement de la consommation en énergie électrique et celui du nombre d'appareils nomades impliquent d'augmenter la capacité de stockage de l'énergie électrique et les rendements.

Les **piles et accumulateurs** ont été inventés au XIXe siècle. Les piles délivrent de l'énergie électrique par réaction d'oxydoréduction. Les accumulateurs fonctionnent sur le même principe que les piles, à la différence qu'ils peuvent être rechargés. Les piles et les accumulateurs mettent en jeu deux couples oxydant/réducteur. Chaque couple forme une demi-cellule électrochimique. La connexion entre ces deux demi-cellules constitue une pile. Lors de leur décharge, les piles ou les accumulateurs convertissent l'énergie chimique en énergie électrique.

Les **piles à hydrogène**, aussi appelées **piles à combustible**, convertissent l'énergie d'un combustible (l'hydrogène) en énergie électrique.

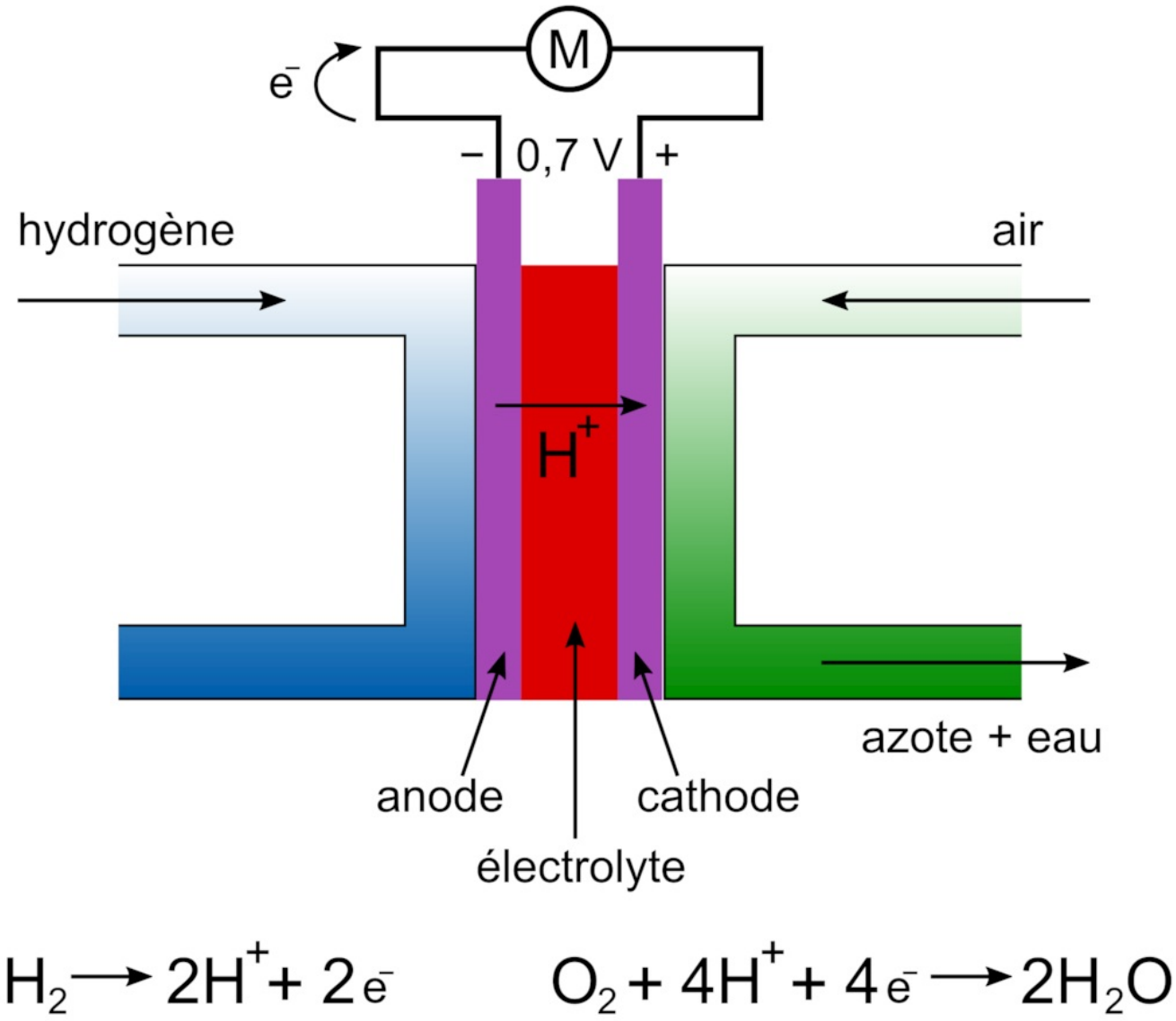

Figure 4. Schéma de fonctionnement d'une pile à hydrogène.

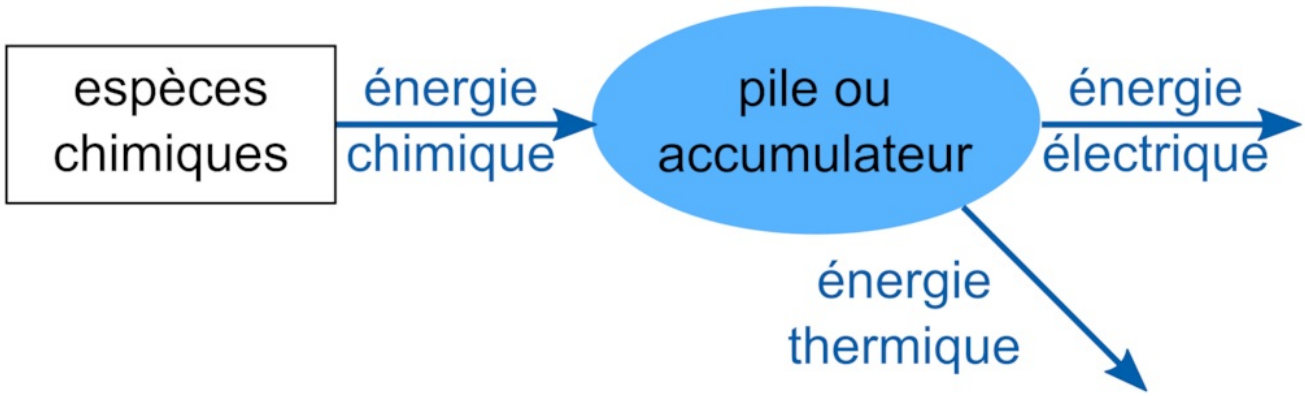

Figure 5. Chaîne de transformation énergétique à partir d'énergie chimique.

Le rendement d'une pile est par définition : $\eta = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{apportee}}} = \frac{U}{E}$, où U est la tension en volt délivrée par la pile, et E est sa force électromotrice (tension à vide) en volt.

Impacts environnementaux

Ces méthodes ont néanmoins un impact sur l'environnement et la biodiversité, et présentent des risques spécifiques. Ainsi, dans une centrale nucléaire se pose la question du traitement des déchets radioactifs. De plus, l'eau prélevée dans le fleuve pour alimenter le

condenseur est rejetée à une température légèrement plus élevée, ce qui entraîne des modifications dans l'écosystème.

Autres modes de stockage

Pour faire face à l'intermittence liée à certains modes de production (à partir de l'énergie éolienne ou de l'énergie solaire), l'énergie doit être convertie sous forme stockable :

• en **énergie chimique** (sous forme d'accumulateurs) : cette filière permet de doper le stockage d'électricité intermittente. Chez les particuliers, elle permet de stocker et d'autoconsommer la production électrique de capteurs solaires photovoltaïques.

• en **énergie potentielle** (dans les barrages) : une fois utilisée, l'eau du lac de rétention est remontée par pompage. Cette remontée permet de stocker l'énergie sous forme d'énergie potentielle.

• en **énergie électromagnétique** (dans les supercapacités ou supercondensateurs) : les supercondensateurs sont des dispositifs de stockage de l'énergie fonctionnant comme des superbatteries ultrarapides. Ils se rechargent très rapidement et ont une longue durée de vie grâce à leur capacité à être chargés et déchargés plus d'un million de fois, contre 400 à 2 000 fois pour les batteries traditionnelles.

La sélection d'un système de stockage dépend de plusieurs critères :

• la quantité et la nature de l'énergie disponible ;

• la puissance disponible ;

• la densité de stockage en énergie et en puissance, qui conditionnera le volume et le poids du système ;

• le coût et la maintenance, qui sont liés à la maturité de la technologie ;

• le nombre de cycles de décharge ;

• la sécurité.

Zoom sur...

L'impact environnemental

Le choix technologique doit tenir compte de l'impact sur l'environnement et la gestion de fin de vie, qui peuvent modifier l'investissement global. Il faut tenir compte de l'encombrement de l'installation, des risques de ruptures, et des risques de pollution dans tous les systèmes de stockage électrochimique. La toxicité due au cadmium représente un danger pour l'environnement. La réglementation impose des taux de recyclage pour tous les accumulateurs. Ceux qui ont le plus d'impact sur l'environnement sont les accumulateurs au plomb et au nickel-cadmium.

Aspect économique et axe de recherche

Les coûts d'investissement en stockage restent élevés, même si de nouveaux matériaux et procédés sont développés. Le marché mondial du stockage est largement dominé par les STEP (avec les barrages hydro-électriques), par les batteries, les supercapacités et les volants d'inertie.
Le stockage sous forme thermique est un autre axe de la recherche actuelle. Grâce au chauffage d'un corps, la quantité d'énergie stockée est directement proportionnelle à la variation de la température s'il n'y a pas de changement d'état du corps. Sinon l'énergie thermique est restituée par une baisse progressive de la température : le matériau passe alors de l'état liquide à l'état solide.

Notions-clés

Chaîne énergétique : schéma qui représente l'ensemble des conversions d'énergie qui ont lieu dans un dispositif.
Ressources fossiles : ressources correspondant au pétrole, au gaz naturel et au charbon.
Centrale électrique : site industriel qui produit de l'électricité.
Énergie renouvelable : énergie qui, à l'échelle humaine, est inépuisable et disponible en grande quantité. On peut citer : l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie hydraulique, la biomasse et la géothermie.

© 2000-2025, Miscellane