Fiche

La découverte de l'électromagnétisme a contribué à alimenter l'engouement pour l'énergie électrique. Les choix du XXe siècle quant à l'utilisation de la combustion d'énergie fossile ont favorisé une augmentation des teneurs en gaz à effet de serre jamais atteintes auparavant sur Terre. Il faut donc diminuer la consommation des ressources et l'empreinte carbone. La fusion nucléaire mise en œuvre dans le projet ITER est l'une des pistes pour éviter les émissions de dioxyde de carbone tout en éliminant le problème des déchets nucléaires.

L'électromagnétisme : un long chemin

Le **magnétisme** est connu depuis l'Antiquité : Thalès de Milet est certainement le premier à expérimenter l'attraction du fer par une pierre : la pierre de Magnésie. Au Moyen Âge, les Chinois créent la boussole qui utilise les propriétés de la magnétite.
De nombreux scientifiques (Dufay, Franklin, Coulomb, etc.) contribuent, au cours des siècles suivants, à la mise en place des bases de l'électrostatique qui repose sur les découvertes des particules chargées et du courant. Mais il faut attendre 1820 pour que Œrsted, à l'Université de Copenhague, montre qu'un courant circulant dans un fil crée un champ magnétique. Une nouvelle science est née : l'**électromagnétisme.**
S'ensuit un enchaînement de découvertes en tout genre. Ampère réalise de nombreux travaux sur l'électromagnétisme qui vont servir à l'invention de l'**électro-aimant** par Arago en 1820, et à la construction du premier télégraphe électrique par Wheatstone en 1838. En 1831, Faraday découvre l'**induction électromagnétique** qui permettra de donner naissance par la suite à l'**alternateur**, au **moteur électrique** et à la **plaque à induction**. L'induction électromagnétique est aussi à l'origine de la **dynamo** et du **moteur à induction**, utilisé dans l'électroménager par exemple, mais aussi dans les compresseurs.
En 1888, l'électromagnétisme prend un nouvel essor avec la production d'**ondes électromagnétiques** qui engendreront la première radio en 1896, puis la télévision, la téléphonie sans fil, le micro-onde, le wifi, etc.

Einstein et les quanta

À la fin du XIXe siècle, les progrès de la science font croire que les grands mystères de la nature sont résolus et que s'annonce un avenir technologique radieux. On imagine même que l'on se chauffera avec des morceaux de radium radioactif en l'an 2000. Mais certains phénomènes physiques, comme l'effet photo-électrique, ne trouvent pas encore d'explication.
En 1905, Einstein publie un article qui lui vaudra le prix Nobel en 1921. Il postule (parce qu'il ne peut le démontrer) que la lumière est **discontinue**. Il introduit quelques années plus tard la notion de **photons**, c'est-à-dire de petits grains de lumière dont l'énergie est quantifiée et ne peut prendre que des valeurs bien précises, appelés **quanta.** Cette nouvelle physique émergente – la physique des particules – est au cœur même du fonctionnement du LASER. Mais ces découvertes sur la **fission nucléaire** ont contribué (malgré Einstein, fervent pacifiste) à la création de la bombe nucléaire.

La distribution d'énergie électrique au cours du temps

Les découvertes du XIXe siècle sur les machines électriques permettent la présentation de la **première distribution d'énergie électrique** alimentée par deux dynamos à l'Exposition internationale de Paris de 1881. Dès 1882, les premiers réseaux électriques apparaissent en France. La nécessité toujours croissante des besoins énergétiques conduit à construire des réseaux électriques de plus en plus vastes, et des centrales de production de plus en plus grandes.
À la fin du XIXe siècle, Edison, partisan du courant continu pour le transport et la distribution d'électricité, s'oppose à Tesla, promoteur de l'utilisation du courant alternatif. Le **courant continu** d'Edison est bien adapté aux moteurs et aux lampes à incandescence, qui constituent la grande majorité de la consommation électrique de l'époque. Le système est directement relié à des batteries d'accumulateurs, ce qui permet de stocker l'énergie lorsqu'on ne l'utilise pas. Mais le système d'Edison présente un inconvénient majeur : la chute de tension causée par la **résistance** des câbles oblige les centrales électriques à n'être distantes que de quelques kilomètres des points d'utilisation. La distribution à **courant alternatif** prônée par Tesla, couplée à des transformateurs haute tension, permet d'éloigner les centrales électriques du lieu d'utilisation. En outre, il est plus facile de modifier la tension du courant alternatif au moyen d'un transformateur.
La puissance est donnée par la relation $P = U \times I$.
La puissance dissipée par effet Joule (chaleur) est donnée par $P_J = U \times I^2$.
(U est la tension électrique, R la résistance, et I l'intensité du courant circulant dans le câble.)
À puissance égale, une faible tension implique une forte intensité, et inversement. Or, plus l'intensité I est grande, plus la puissance dissipée par effet Joule est grande ; Donc plus la tension transportée sera grande, et plus la puissance dissipée par **effet Joule** sera limitée.
Le réseau s'étend rapidement dans les villes, puis de ville en ville, dès le début des années 1930. La consommation croissante d'électricité nécessite la mise au point, dès 1946, d'une norme européenne qui consiste à utiliser une tension de 400 000 V pour le réseau.

Les combustibles alternatifs à empreinte carbone réduite

Tous les combustibles fossiles sont riches en carbone : ce sont des **hydrocarbures**. Leur combustion entraîne une production importante de dioxyde de carbone (CO_2). Or ce gaz est l'un des facteurs du réchauffement climatique. La teneur actuelle en CO_2 n'a jamais été aussi élevée depuis 420 000 ans.
Afin de limiter les émissions de CO_2, il faut réduire les combustions fossiles : c'est pourquoi l'énergie électrique est préférable. Mais elle présente des inconvénients : le plus grand défi est de parvenir à stocker l'électricité pour la consommer au moment opportun.
Plusieurs systèmes sont utilisés actuellement :

- le **transfert d'énergie par pompage** : l'électricité sert à pomper de l'eau pour la stocker en hauteur, et l'eau la restituera au moment voulu ;
- le **stockage à air comprimé, dans des batteries lithium-ion, dans un fluide caloporteur** (comme un ballon d'eau chaude) ;
- la **conversion en dihydrogène**, utilisée dans les piles à combustible.

Les enjeux de l'utilisation de l'énergie nucléaire : de la fission à la fusion contrôlée

Les centrales nucléaires fonctionnent sur le principe de **fission nucléaire** avec les noyaux d'uranium 235. Leur utilisation n'est pas émettrice de dioxyde de carbone, mais pose le problème des déchets nucléaires.
La maîtrise de la technique de **fusion nucléaire** fait l'objet du projet ITER. Pour obtenir cette fusion, il faut une température élevée et une densité de plasma suffisante. Les plasmas sont constitués de particules chargées (des noyaux positifs et des électrons négatifs). La fusion libère une énergie 4 millions de fois supérieure à celle des énergies fossiles, et 4 fois supérieure à celle des réactions de fission. Il n'y a aucun déchet, puisqu'elle ne produit que de l'hélium (un gaz inerte et non toxique), et aucun risque de prolifération en cas de problème sur la centrale. La pérennité des réactifs est assurée. Mais l'utilisation de cette technique se heurte actuellement à un problème de maîtrise industrielle.
Les prochaines décennies devront mettre en place un mix énergétique non émetteur de dioxyde de carbone et non producteur de déchets nucléaires.

Zoom sur…

La production de dihydrogène

Le dihydrogène (H_2) n'est pas une source d'énergie mais un moyen de stocker l'énergie. Il peut soit alimenter les piles à combustible, soit être brûlé pour produire une autre forme d'énergie. Non seulement les batteries H_2 stockent l'énergie sur du long terme, mais elles sont capables de relarguer l'électricité en quelques millisecondes.
Des expérimentations sont menées actuellement en Guyane, où le stockage du dihydrogène se fait sous pression dans de grands conteneurs de 12 mètres de long. Il s'agit notamment de développer des piles à hydrogène qui, combinées à des moteurs électriques, pourront servir aux voitures et aux trains de demain. En outre, la combustion du dihydrogène fournit une puissance suffisante pour faire fonctionner un avion, par exemple. Quel que soit le moyen d'utilisation du dihydrogène, sa conversion en une autre forme d'énergie ne rejettera que du dioxygène et de la vapeur d'eau. C'est à ce titre qu'il doit jouer un rôle-clé dans la transition énergétique mondiale.
Le principal frein à l'utilisation du dihydrogène est son stockage et son transport, car il est extrêmement inflammable. De plus, sa production actuelle se fait avec l'utilisation d'énergies fossiles donc polluantes. Le développement de nouvelles techniques de production, comme un couplage avec des panneaux photovoltaïques, devront permettre d'obtenir du dihydrogène plus « propre ».

Notions-clés

Électro-aimant : appareil qui produit un champ magnétique à partir d'un courant électrique. On peut l'assimiler à un aimant commandé. Il est utilisé dans les moteurs électriques.
Alternateur : appareil qui génère de l'énergie électrique (sous forme de courant alternatif) à partir d'énergie mécanique. Il est présent dans toutes les centrales électriques.
Dynamo : appareil qui génère de l'énergie électrique (sous forme de courant continu) à partir d'énergie mécanique. Elle n'est plus utilisée actuellement pour produire de l'électricité de manière industrielle.
Quantum (au pluriel, quanta) **:** la plus petite quantité d'énergie indivisible qui existe.
Photon : genre de « grain » de lumière ; particule élémentaire de la lumière. Un photon représente un quantum d'énergie.
Fission nucléaire : réaction au cours de laquelle un noyau atomique lourd est scindé en deux ou plusieurs noyaux plus légers.
Fusion nucléaire : réaction au cours de laquelle deux noyaux légers s'unissent pour former un noyau plus lourd.
Effet joule : production de chaleur lors du passage du courant électrique dans une résistance.
Transformateur : appareil qui transforme la tension et l'intensité du courant reçu en des tensions et intensités plus grandes ou plus petites selon les besoins.
Accumulateur : appareil qui stocke de l'énergie électrique sous une forme différente (énergie chimique, chaleur, énergie hydraulique, etc.).

Projet ITER : projet de centrale électrique fonctionnant sur le principe de la fusion nucléaire. Il est constitué d'un tokamak, un appareil exploitant l'énergie de fusion. Dans le tokamak, l'énergie générée est absorbée sous forme de chaleur par les parois. Cette chaleur sert à produire de la vapeur qui alimente les turbines et les alternateurs.

© 2000-2025, Miscellane