



Article : 026

Histoire de l'électricité : de Thales à la consommation du 21e siècle

HADJSAÏD Nourredine et SABONNADIERE Jean-Claude

oct.-15

Niveau de lecture : Facile

Rubrique : Électricité

Traditionnellement caractérisée comme une technique de la fin du XIX^e siècle, l'électricité a, en fait, des racines très anciennes.

1. De Thales de Milet au 18^e siècle

Trois courants de pensée convergent progressivement au cours de cette longue période.

1.1. L'électrostatique

C'est aux alentours de 600ans avant Jésus-Christ que Thalès de Milet observa qu'en frottant une tige d'ambre avec une peau de chat il créait un phénomène d'attraction des corps légers par la tige d'ambre. Il nomma ce phénomène « elektron » ce qui en grec désigne l'ambre jaune qui est une résine fossile. Cette découverte ne trouve pas d'application pratique jusqu'au début du XVII^e siècle où Otto de Guericke, Bourgmestre de Magdebourg va la compléter en utilisant plusieurs corps différents comme le rubis, le saphir et l'améthyste. Il va même créer une machine permettant d'obtenir des frottements en utilisant une boule de soufre qui était frottée en tournant autour d'un axe qui la traversait. Ce fut la première machine électrostatique qui produisait de l'électricité statique qui engendrait des étincelles. C'est durant la même période que l'on découvrit que, par frottement du verre, il était possible d'obtenir des effets électriques plus importants que le soufre ou l'ambre. C'est également pendant cette période féconde pour l'électrostatique que l'on met en évidence la présence de deux formes d'électricité : Celle que l'on obtient par le frottement de corps transparents comme le verre ou le cristal et celle qui provient de corps bitumineux ou résineux comme l'ambre. Les uns comme les autres repoussent les corps qui ont engendré une électricité de même nature et attirent ceux dont l'électricité est de nature différente. Le concept d'électricité positive et négative vient de voir le jour sous les vocables d'électricité vitrée et électricité résineuse.

Une nouvelle étape sera franchie avec Stephen GRAY qui montre que l'on peut véhiculer l'électricité par des fils de soie, de métal, ou même à travers le corps humain à des substances qui ne la possèdent pas. Il parvient même à produire l'électrification sans contact (aujourd'hui nous disons par influence). Il va diviser les corps en conducteurs et non conducteurs (isolants). A ce moment-là on admit l'existence d'un fluide électrique qui peut se propager dans les conducteurs et que l'on peut même stocker dans des appareils que l'on nommerait aujourd'hui condensateurs et dont le prototype est la « bouteille de Leyde ».

1.2. Le magnétisme

Dans l'antiquité on connaissait également la « pierre de Magnésie », d'où le terme de magnétisme qui recouvre les aimants permanents constitués de la « magnétite » qui est un oxyde de fer (Fe_3O_4). Cette découverte donnera lieu rapidement à des applications à travers les boussoles pour les déplacements terrestres et la navigation. Les propriétés des aimants donneront lieu à de nombreuses expérimentations et en particulier celle très importante de l'aimant brisé puis ressoudé qui met en évidence la multiplication des pôles. Ce n'est qu'au 16^e siècle que l'on met en évidence que la terre est un aimant en expliquant l'inclinaison et la déclinaison des aiguilles aimantées

1.3. Les courants électriques

En 1746, Louis Guillaume Lemonnier obtient un courant électrique temporaire dans un long conducteur qu'il avait relié aux deux armatures d'une bouteille de Leyde. Il observe que la vitesse de déplacement de la matière électrique était au moins trente fois plus grande que la vitesse du son ! Mais, la véritable révolution en fin de cette période est l'invention par Volta de la pile électrique qui, de statique, va rendre l'électricité dynamique.

Cette pile est un assemblage de disques de zinc et de cuivre, chacun étant séparé du précédent par un carton humide. L'avantage de cet appareil était celui des grandes batteries de condensateurs mais avec l'immense avantage de se recharger instantanément, ce qui permettait de produire des courants électriques à volonté

Désormais, l'électricité n'est plus une curiosité de salon mais entre dans les laboratoires scientifiques où les chercheurs vont essayer de produire des courants électriques pendant de longues durées. La voie est ainsi ouverte pour utiliser l'électricité pour la création de travail, de chaleur ou de lumière.

2. L'explosion du monde électrique au 19^e siècle

Elle est le fruit des grandes découvertes de l'électromagnétisme et des inventions de machines électriques qui se succèdent à partir des années 1820 sans que l'on sache toujours très bien établir leurs interactions.

2.1. Relation entre le champ magnétique et le courant électrique

La découverte primordiale du 19^e siècle découle de l'observation par le physicien danois Christian Oersted en 1819 qu'un conducteur parcouru par un courant d'un champ magnétique modifie celui créé par un aimant. L'année suivante, c'est au tour des physiciens français Jean-Baptiste Biot et Félix Savart de montrer que le champ magnétique créé par le courant est perpendiculaire au conducteur et varie en sens inverse de la distance du point de mesure au conducteur. La même année Pierre Simon de Laplace en déduit la formule dite de Biot et Savart.

C'est cependant à André-Marie Ampère que revient l'énoncé des lois quantitatives relatives au champ magnétique créé par un courant et à l'interaction entre les champs magnétiques créés par plusieurs conducteurs. De là, le théorème connu sous le nom de théorème d'Ampère qui décrit le champ magnétique créé par un courant.

2.2. L'électromagnétisme

A partir de ces observations les découvertes vont se succéder pour aboutir aux lois de l'électromagnétisme énoncées par James Clerk Maxwell.

En observant l'aimantation du fer par le courant électrique, François Arago en déduit la possibilité de créer un électroaimant par enroulement autour d'un noyau de fer doux d'un bobinage parcouru par un courant. De là, l'effet thermoélectrique qui décrit l'apparition d'un courant électrique en présence de deux métaux dont les soudures sont à des températures différentes, ce qui ouvrait une voie directe de transformation de l'énergie thermique en énergie électrique. Toujours au cours des années 1820, Georg Simon Ohm établit la constante de proportionnalité, qu'il appela résistance électrique, entre la différence de potentiel aux bornes d'un circuit électrique et le courant parcouru par ce dernier.

C'est cependant à Michael Faraday que l'on doit la découverte en 1830 du phénomène d'induction électromagnétique qui est la création d'un courant électrique à l'intérieur de conducteurs placés dans un champ magnétique variable ou qui se déplacent à l'intérieur un champ magnétique constant. Cette découverte fondamentale va être à l'origine de tout le développement de l'industrie électriques : machines électriques tournantes, transformateurs, éclairage.

Faraday crée, en outre, le mot électrolyse pour caractériser l'action entre un courant électrique et un fluide conducteur qui est décomposé et dont les composants qu'il nomme « ions » se déposent sur des bornes qu'il appelle « anode » et « cathode ». A travers ces découvertes Faraday ouvre la voie à la compréhension de la propagation de proche en proche des actions électromagnétiques.

C'est alors que James Clerk Maxwell, au cours des années 1850, propose une théorie qui permet de relier le champ électrique et le champ magnétique en prévoyant l'existence d'ondes électromagnétiques qui, d'après ses calculs, avaient la même nature et, dans le vide, la même vitesse de propagation que les ondes lumineuses. Cette prévision sera confirmée en 1887 par Heinrich Hertz qui, par là, jettera la base de toute la radiotechnique actuelle.

2.3. Les machines électriques

C'est en 1832 que Nicolas Constant Pixii réalise la première machine électrique à induction comprenant un aimant qui tournait en face des pôles d'un électroaimant fixe. Il s'agit d'un générateur à courant alternatif qui peut être redressé grâce à un commutateur rustique permettant l'inversion de polarité. Cette invention n'aura cependant pas d'application puisqu'à cette époque seul le courant continu était utilisé de manière usuelle.

Malgré diverses inventions donnant lieu à quelques applications ponctuelles tant aux Etats Unis qu'en Europe il faudra attendre 1869 pour voir apparaître la première machine opérationnelle et brevetée : la dynamo de Zénobe Gramme. Cette machine à courant continu était originale car elle utilisait un collecteur, fait de nombreuses lames de cuivre isolées, qui permettait d'obtenir un courant continu de bonne qualité. La diffusion de l'électricité sous forme de courant continu se

généralise alors, en particulier grâce à l'invention, en 1879, par Thomas Edison, de la lampe à incandescence.

Au cours de la première moitié des années 1880, tous les éléments d'une nouvelle industrie se mettent en place. La construction d'une centrale hydraulique de 7 kW à Saint Moritz en Suisse amorce ce qu'Aristide Bergès dénommera la « houille blanche ». En août 1883, Marcel Deprez réalise une expérience de transport d'électricité à courant continu de 14 km pour éclairer, à partir de Vizille, une halle du centre de Grenoble. La même année Lucien Gaulard propose le concept de transformateur pour élever la tension du courant alternatif. Devant le scepticisme de ses compatriotes, il s'associera à John Dixon Gibbs pour réaliser en septembre 1884 une liaison bouclée à 133 Hertz (Hz) de 80 km alimentée en 2000 Volts autour de Turin

L'introduction par Galileo Ferraris du concept de champ tournant préfigure la construction par l'ingénieur serbe Nikola Tesla des machines à courant alternatif, en particulier triphasés. L'intérêt de ce courant pour le transport de l'électricité à haute tension est en effet bien reconnu malgré les tentatives d'Edison pour le déconsidérer en invoquant la possibilité d'électrocution directe ou par induction.

3. Le 20^e, siècle de l'industrie de l'électricité

A la fin du 19^e siècle, tous les éléments scientifiques et techniques sont réunis pour la mise en place des systèmes électriques :

- la production avec des machines qui produisaient généralement de la puissance en courant alternatif sous forme triphasée, bien que des génératrices à courant continu soient aussi utilisées ;
- le transport avec à la base des transformateurs, très proches des transformateurs actuels, pour élever et abaisser la tension afin de limiter les pertes par effet Joule sur les lignes à haute tension qui pouvaient effectuer le transport sur de grandes distances ;
- l'utilisation avec les dispositifs de transformation de l'électricité sous forme de chaleur, de travail, d'éclairage et d'électrochimie.

Tout au long du 20^e siècle les machines, les lignes et les dispositifs de transformation vont être perfectionnés pour accéder à des rendements très élevés. La taille des machines et la longueur des lignes vont atteindre des dimensions impensables lors de leur invention, mais grâce auxquelles l'électricité s'est installée dans toutes les parties du monde où ses qualités en font l'un des vecteurs énergétiques préférés.

L'électricité est ainsi devenue l'une des bases de la civilisation moderne.

Pour les applications domestiques, concernant le chauffage et l'eau chaude sanitaire, l'électricité est, dans les pays industrialisés, utilisée de manière courante pour satisfaire ces deux besoins fondamentaux. Dans l'utilisation quotidienne des appareils électroménagers, l'électricité est le moyen unique de fonctionnement des fours, réfrigérateurs, lave-linge, lave-vaisselle, aspirateurs et autres, au point que l'on imagine mal dans la maison un jour sans électricité !

Pour les déplacements, la plupart des moyens de transport public sur rail (trains, métros, tramways) fonctionnent grâce à l'énergie électrique. Même les voitures particulières en sont tributaires pour le démarrage du moteur thermique et les divers accessoires de bord (lave-vitres, lève-vitres, positionnement des fauteuils, autoradios). Dans une voiture moderne de haut de gamme, près de 80 moteurs électriques sont dédiés à toutes les applications citées ci-dessus.

Grâce à sa très grande flexibilité, l'électricité voit son champ d'application s'étendre de jour en jour. Au-delà de l'automobile, elle pénètre dans les bateaux de transport et de croisière où, à partir d'un générateur de grande puissance associé au système de propulsion du navire, des moteurs électriques auxiliaires placés sur les bords permettent de réaliser en toute sécurité les manœuvres

d'accostage. Plus récemment dans l'aéronautique les commandes de positionnement des volets de gouverne, jusqu'à présent mécaniques, sont désormais remplacées par des systèmes électriques.

Il faut également mentionner que tous les systèmes de télécommunication fonctionnent grâce à l'électricité pour leur alimentation comme pour la transmission. Utilisations auxquelles s'ajoutent les apports extraordinaires de l'électricité à la médecine dans le fonctionnement des centres chirurgicaux mais aussi et surtout dans tous les appareils qui permettent de l'imagerie médicale : scanners souvent alimentés par des bobinages supraconducteurs ou appareils d'Imagerie à Résonance Magnétique (IRM) qui utilisent des aimants permanents à haute performance.

Il est donc impossible, dans notre vie quotidienne, de ne pas, à un moment ou un autre, faire appel à l'électricité. C'est la raison qui a conduit à considérer l'électricité comme un vecteur essentiel du développement humain. Le Rapport mondial sur le développement humain a établi un certain nombre d'indicateurs qui décrivent, au sein d'un pays, diverses formes du développement dont rend compte l'Indicateur du Développement Humain (IDH). Ce dernier est la moyenne de 3 indicateurs : l'espérance de vie à la naissance, l'éducation, et le Produit Intérieur Brut (PIB) par habitant. Chacun de ces indicateurs est exprimé par des nombres sans dimension, le résultat final étant la moyenne arithmétique des trois. La croissance de cet IDH est fortement corrélée avec la consommation annuelle d'électricité par habitant jusqu'à 5 000 kWh, ce qui illustre bien l'impact de l'électricité sur le développement humain.

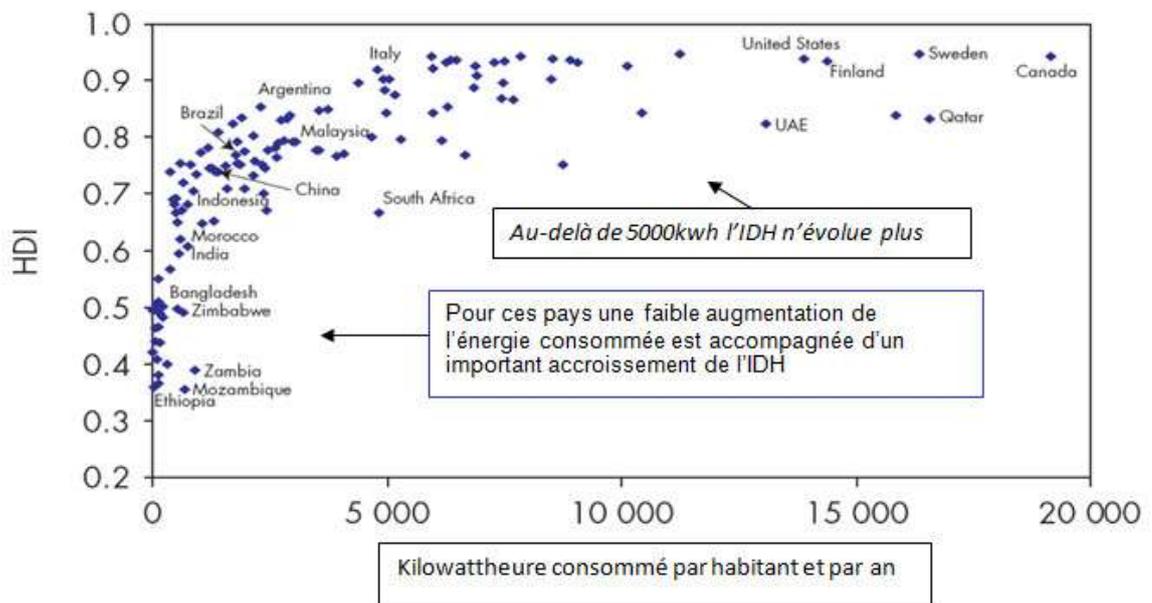


Fig. 1 : Kilowattheure consommé par habitant et par an

Le développement mondial de l'électricité est inéluctable. L'électricité est produite à partir de sources d'énergie fossiles et renouvelables parmi lesquelles l'hydraulique joue un rôle prépondérant. Aujourd'hui un quart de l'énergie primaire exploitée dans le monde est destiné à produire de l'électricité. La consommation ne cesse d'augmenter si bien que l'énergie totale consommée par an dans le monde sous forme d'électricité dépasse 22 000 TWh en 2013. Cette consommation est répartie dans le monde selon le diagramme ci-contre (Figure 2) :

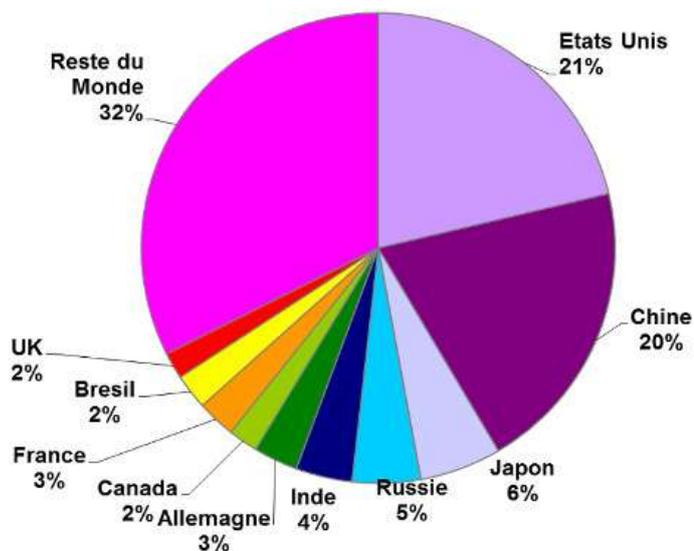


Fig. 2 : Répartition mondiale de kilowattheure consommé

La plus forte variation de consommation des dix dernières années a été celle de la Chine qui est passée de 9 à 20% de la consommation mondiale, à l'égal de celle des Etats Unis [article 038].