

Pages d'histoire

Unités de mesure « britanniques »*¹

par C. L. Boltz

Un caractère propre à la communauté scientifique mondiale est de commémorer le souvenir des savants qui se distinguèrent dans les étapes de l'édification des connaissances en donnant leur nom aux unités universellement adoptées. C'est ainsi, par exemple, que l'unité de résistance tire son nom de George Ohms, et l'unité de différence de potentiel d'Allessandro Volta. L'unité de température, dans le Système International est le kelvin, en l'honneur de Lord Kelvin, l'un des savants britanniques de grande renommée, qui figure parmi ceux dont on perpétue ainsi le souvenir.

C'est l'Association britannique pour l'Avancement de la Science qui fut la première, en 1861, à charger une commission de normaliser les mesures électriques. A cette époque, il n'existait, en effet, aucun système cohérent. Les unités n'avaient pas reçu de nom, et, pis encore, aucune définition précise, ni aucune méthode de mesure n'était agréée universellement. Sur la suggestion de Lord Kelvin, la Commission établit un système d'unités dont les grandeurs fondamentales étaient le centimètre, le gramme et la seconde. Ce fut le début du Système cgs absolu, qui régna sur les sciences pendant près d'un siècle. Cepen-

dant, dans ce système, beaucoup d'unités dérivées sont trop petites pour rendre compte des phénomènes physiques usuels. Les ingénieurs avaient besoin d'unités mieux adaptées à la pratique, un problème sur lequel se sont escrimés depuis ce temps bon nombre de comités internationaux.

Chacun des systèmes proposés présentait des désavantages. Vers le début de ce siècle, on finit par suggérer un système réellement rationnel, et suffisamment pratique, basé sur le mètre, le kilogramme et la seconde (MKPS). En 1950, on y ajouta l'unité d'intensité de courant électrique, l'ampère, puis, en 1954, le « degré Kelvin », et le candéla, l'unité d'intensité lumineuse. L'ensemble ainsi complété s'appela le Système International d'Unités, en abrégé SI. Toutes les unités dérivent des six unités de base précédemment citées. C'est très récemment, en 1968, que la Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM) décida que l'unité de température SI s'appellerait le kelvin, et non plus le « degré » kelvin; il convient donc d'écrire 305 K pour désigner la température de 32 °C (car 305 = 273 + 32).

Au cours de nombreuses conférences, depuis une centaine d'années, des noms ont été proposés pour désigner les unités, et ont fait l'objet de discussions. Six de ceux qui ont été retenus sont les noms de très célèbres savants britanniques. Le tableau ci-après les récapitule, en indiquant la date de la première proposition, et celle de l'acceptation internationale.

Unité	Système	Première suggestion	Décision finale	Autorité
Farad	SI	1867	définie en 1881	IEC
Watt	SI	1882	acceptée en 1889	IEC
Joule	SI	1888	recommandée en 1889	IEC
Newton	SI	1900	autorisée en 1938	IEC
Kelvin	SI	1954	terme « degré » supprimée en 1968	CGPM
Maxwell	cgs		adoptée en 1900	IEC

IEC : Conférence Internationale de l'Électrotechnique.
CGPM : Conférence Générale des Poids et Mesures.

* De Spectrum 134.

Faraday

Le premier savant britannique ainsi honoré fut Michael Faraday. L'année de sa mort, en 1867, un ingénieur très connu, Latimer Clark, suggéra d'appeler farad l'unité de capacité, et cette unité fut définie à la réunion de 1881 de l'I.E.C.

Faraday fut l'un des plus grands hommes de science. Il était issu d'une famille très modeste, et son éducation scolaire fut des plus rudimentaires. A quatorze ans il travaillait comme apprenti, pour relier et vendre des livres. Il put ainsi acquérir une maîtrise consommée de ses gestes et de son coup d'œil, qui le servit toute sa vie. Mais il en tira aussi bien autre chose : il se mit à lire quelques ouvrages. Parmi eux, il y avait l'Encyclopédie Britannique, qui contenait un article relatif aux connaissances de son temps sur l'électricité. Faraday économisa son argent de poche pour acheter deux bouteilles. Il fit de l'une un générateur électrostatique à frottement, et de l'autre une bouteille de Leyde, la

seule forme de condensateur alors connue, dispositif capable d'emmagasiner de l'électricité. C'était le commencement des activités incessantes que Faraday consacra aux manipulations scientifiques.

Quand Faraday eut 21 ans, il réussit, par coup de chance, à se faire embaucher par la Royal Institution, pour servir de garçon de laboratoire. Le laboratoire était alors dirigé par sir Humphrey David, qui fit de son mieux pour venir en aide au jeune Faraday. Aucune observation, aucune expérience, aucune conférence n'échappait au jeune homme, qui en remplissait agenda et cahiers de note. La vie de Faraday fut le modèle même de celle d'un autodidacte. Il s'éleva rapidement au grade de démonstrateur, et, en 1816, à l'âge de 25 ans, il présenta sa première communication.

Bien que la première formation de Faraday soit typiquement celle d'un chimiste, il raisonnait en savant désireux de soumettre

non pas seulement la chimie mais tous les phénomènes à l'investigation. Il fit des expériences sur l'acier; il indiqua une façon de fabriquer du verre de bonne qualité pour la taille des lentilles; il réussit à préparer les premières combinaisons du chlore et du carbone. Il découvrit le benzène. Il montra que les solides émettent une vapeur, qui leur est propre, ce qui était mal compris jusque-là, et il parvint à liquéfier plusieurs corps gazeux dans les conditions habituelles. Il est impossible de dresser ici la liste des découvertes qu'il fit au cours d'une vie bien remplie. On lui doit les lois fondamentales de l'électrolyse. Sur ce sujet, Faraday pressa les scientifiques de créer un vocabulaire de base capable de s'appliquer aux phénomènes nouvellement découverts, et on lui doit ainsi les termes d'anode, de cathode, d'anion et de cation. Il montra que l'application d'un champ magnétique aux milieux transparents faisait tourner le plan de polarisation de la lumière lors de la traversée du milieu; il découvrit le diamagnétisme. Il prouva expérimentalement que l'électricité statique et le courant électrique étaient, en réalité, deux aspects équivalents d'une même entité. Au cours de ses travaux, il montra qu'on pouvait se servir des phénomènes magnétiques pour fabriquer un courant électrique. C'était la première fois qu'on proposait d'engendrer de l'électricité autrement qu'à l'aide de piles malpropres et peu sûres, ou qu'en frottant du verre contre un tissu. C'est de cette possibilité, découverte par Faraday, que découle pratiquement tout l'art actuel de l'ingénieur électricien.

Faraday devint célèbre, et il fut à son tour directeur de la Royal Institution, à laquelle il ne cessa d'être profondément attaché. Faraday déclinait systématiquement toute marque d'honneur. Il était modeste, et réservé, bien que, par tempérament, nullement morose, et tout prêt à rire de plaisanteries. Les conférences qu'il faisait étaient accueillies par toute la société comme des événements marquants. Il ne faut donc pas s'étonner qu'à sa mort, qui survint à l'âge de 75 ans, on propose d'attacher son nom à une unité électrique. De nos jours, chaque électricien ou électronicien, en employant sans cesse le terme de microfarad, perpétue ainsi le nom de l'une des plus grandes figures de tous les temps dans le domaine des sciences expérimentales.



Exposition à Londres, en 1929, de l'électro-aimant fabriqué, en 1845, par Faraday.
(Photo H. Roger Viollet.)

Maxwell

Parmi les jeunes savants qui admiraient Faraday, et appréciaient grandement la portée théorique de ses travaux, il y avait James Clerk Maxwell. A l'âge de 15 ans, il avait écrit sa première communication, adressée à la Société Royale d'Édimbourg. C'est lui qui montra que les conceptions de Faraday pouvaient aussi se développer par la voie purement mathématique. Il fut tout d'abord professeur de physique à

Aberdeen, en Écosse; plus tard, il fonda à Cambridge le Laboratoire Cavendish. Sa contribution la plus remarquable fut d'établir un système mathématique qui permet de lier magnétisme et électricité. On peut prévoir à partir des équations de Maxwell qu'il existe des ondes électromagnétiques, capables de se propager dans le vide à la vitesse de la lumière. C'était l'annonce des développements qui allaient

être la radio, le radar et la télévision. En 1900, la Conférence Internationale de l'Électrotechnique donna le nom de maxwell à l'unité cgs de flux magnétique, équivalente à la ligne de force, selon une représentation imagée due à Faraday. La définition de cette unité fut confirmée en 1930, mais la préférence actuelle pour le système SI en diminue l'importance pratique.

Watt

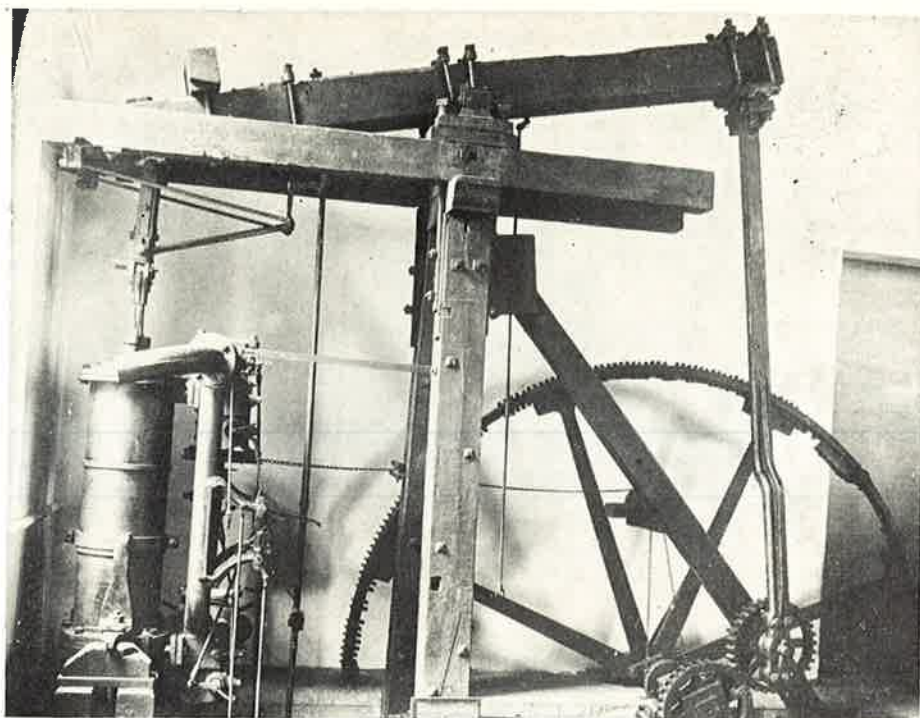
A la réunion de 1882 de l'Association Britannique, le président C. W. Siemens proposa d'appeler watt l'unité de puissance, ce qui fut adopté de façon internationale en 1889. Watt était le nom de l'ingénieur écossais, James Watt, qui se

distingua dans le développement des machines à vapeur, bien qu'on ignore d'habitude exactement comment. Ce qu'il ne fit pas, c'est inventer la machine à vapeur. Sa contribution fut d'appliquer son génie inventif aux machines très primitives de

son temps, pour en faire des machines beaucoup plus efficaces, qui purent être adoptées dans des applications très diverses. Watt était tout d'abord un fabricant d'instruments. Il ne faut pas oublier qu'aux 18^e et 19^e siècles, les fabricants d'instruments

« scientifiques » étaient les hommes de qui dépendaient les savants, et que, parmi eux, beaucoup furent de remarquables inventeurs, justement renommés. Ce fut le cas de James Watt, qui devint Membre de la Royal Society, en 1785, et qui soutint une thèse de doctorat en littérature, en 1806, devant l'Université de Glasgow.

Peu après 1760, alors que Watt commençait à se consacrer à l'étude des machines à vapeur, on ne connaissait pratiquement rien sur la thermodynamique. Le professeur Joseph Black, de l'Université d'Écosse, avait cependant apporté une contribution importante en reconnaissant expérimentalement l'existence de la chaleur latente, cette manifestation de la variation d'enthalpie associée à un changement d'état. C'était le fondement de la calorimétrie. Watt était impliqué de très près dans les travaux de Black, ce qui lui donna certainement un pressentiment des lois qui régissent les échanges de chaleur. Il se rendit immédiatement compte de l'énorme gaspillage qui se faisait dans les machines à vapeur de l'époque. Elles actionnaient les pompes qui extrayaient l'eau des mines, et, pour faire se mouvoir le piston vers le fond du cylindre, on condensait la vapeur qu'il contenait en le refroidissant, au moyen d'aspersion d'eau froide. Watt eut l'idée d'ajouter un condenseur séparé, ce qui laissait le cylindre de travail à une température élevée. Ce fut sa première démarche dans une direction rompant radicalement avec les habitudes. Puis, Watt se rendit compte qu'on pouvait aussi tirer du travail de l'action de la vapeur lorsqu'elle emplît le cylindre, et qu'il était possible et avantageux d'utiliser de la vapeur à des pressions beaucoup plus élevées qu'on ne le faisait. Parmi ses inventions se trouvent le régulateur à action centrifuge et l'engrenage par plateau et satellite. Lorsqu'il se joignit à Boulton, qui était l'ingénieur d'une firme de Birmingham, les machines de Watt cessèrent de se limiter aux mines, et devinrent les moteurs essentiels dans toutes les applications, et, en quelque sorte, les chevaux



Première machine à vapeur de James Watt, établie à Soho près de Birmingham (1788). (Photo Boyer-Viollet.)

de bataille de la révolution industrielle. Watt créa une unité pratique, le « cheval vapeur » pour évaluer comparativement la puissance des nouvelles machines, et, pour baptiser l'unité de puissance mécanique, le choix ne pouvait guère être plus pertinent qu'en se portant sur son nom.

de bataille de la révolution industrielle. Watt créa une unité pratique, le « cheval vapeur » pour évaluer comparativement la puissance des nouvelles machines, et, pour baptiser l'unité de puissance mécanique, le choix ne pouvait guère être plus pertinent qu'en se portant sur son nom.

Joule



James Prescott Joule (1818-1889)

James Prescott Joule était un citoyen de Manchester; pendant presque toute sa vie, il fut un homme riche, car son père y possédait une brasserie. Cette circonstance encouragea sans doute le jeune garçon à porter sa curiosité sur les gaz, les liquides et les

usages de la chaleur. Cela lui permit aussi de monter un laboratoire chez lui. Le sentiment de l'aspect pratique des recherches sur les machines, le souci de savoir combien de « travail » serait produit, étaient bien ancrés en lui, autant qu'il le fallait pour le mener à ses découvertes. Il était très conscient de la relation selon laquelle le travail d'une force est égal au produit de celle-ci par son développement. Il comprit, par exemple, qu'il était possible de mesurer le travail de n'importe quelle origine au moyen de celui effectué par un poids soulevé d'une certaine dénivellation. Tout d'abord, il s'intéressa à la science nouvelle venue, l'électricité. Mais, après de nombreux essais, il arriva à la conclusion qu'aucun des moteurs électriques qu'il savait construire ne pouvait égaler la machine à vapeur. Joule était toujours préoccupé par les aspects quantitatifs. Les spéculations philosophiques développées sans le support d'aucune mesure étaient contraires à sa nature; c'est ainsi qu'il avait trouvé nécessaire de se procurer un thermomètre sensible au 1/19^e de degré Celsius. Par son exemple, Joule introduisit le souci des mesures précises dans les spéculations scientifiques. On sait qu'il découvrit la relation entre le dégagement de chaleur dans un conducteur et le courant qui le traverse. Il regretta de façon lucide l'absence d'unités sur lesquelles tout le monde soit

d'accord; il alla jusqu'à établir, pour son usage, un système qui préfigurait le futur système cgs.

Le principe de la conservation de l'énergie n'était pas connu au moment où il commença ses travaux. Ce principe devait se révéler l'une des généralisations les plus importantes dans l'histoire des sciences. Plusieurs savants s'en approchaient, en ce temps-là, et Joule était l'un des chefs de file. Sa première contribution fut de montrer que l'énergie électrique pouvait se transformer en énergie thermique, et c'est lui qui mesura l'invariant de cette transformation. C'était le fondement du premier principe de la thermodynamique, celui de l'équivalence entre le travail et la chaleur. C'est une notion qui n'a rien perdu de son importance, et il est remarquable que la valeur numérique donnée par Joule n'a pratiquement pas eu à être corrigée. Ce travail de Joule vint compléter heureusement celui de Meyer, savant allemand moins comblé de l'estime universelle, et qui, pour sa part était davantage porté sur les aspects qualitatifs, et les synthèses intellectuelles. Joule se fit un nom parmi les savants d'Europe, qui le respectaient. Sans le moindre parti pris, nous pensons que si la question se posait actuellement de baptiser une unité liée aux bases de la thermodynamique, c'est le nom de Joule qui paraîtrait le plus judicieux.

Newton



Sir Isaac Newton (1642-1728)

Le newton est une unité qui paraît encore mystérieuse à certains de nos contemporains. Ce n'est pourtant que l'équivalent de la dyne, à l'usage des ingénieurs : l'unité de force dans le système SI. Ce qui est réellement étonnant, c'est qu'elle ait été proposée depuis déjà 75 ans, par une revue scientifique américaine. Son emploi fut autorisé par l'I.E.C., en 1938. Il est inutile de présenter longuement sir Isaac Newton. Il est le premier des savants dont les noms se sont perpétués dans ceux des unités, étant né en 1642. Newton a été un génie, qui a changé les mathématiques, et bouleversé la mécanique. La loi de la gravitation est un bond en avant si prodigieux que nous ne pouvons encore nous en passer, bien qu'Einstein nous ait enseigné, avec la relativité, à y porter des corrections qui peuvent être

importantes dans certaines circonstances. Cette loi rend compte très exactement des trajectoires des objets astronomiques, en particulier, elle précise que les orbites des planètes sont elliptiques, ce qui est conforme à la réalité. Bien que formellement très simples, les lois cinématiques formulées par Newton continuent à fonder nos idées sur la dynamique. Newton découvrit aussi la dispersion chromatique de la lumière, et, par une seule expérience, il réussit à surmonter toutes les erreurs précédentes sur les couleurs. Il fut le premier à observer des interférences lumineuses. Il inventa le télescope. Son pays lui décerna des marques d'honneur; pendant un certain temps, il fut même membre du Parlement. Si son nom n'avait pas été donné à une unité, cela aurait probablement été une maladresse à l'échelle mondiale.

Kelvin

Le dernier en date des savants britanniques dont les noms ont été attachés à des unités est William Thomson, qui fut anobli sous le titre de Lord Kelvin. Le « degré » Kelvin fut adopté en 1954 par la Conférence Générale des Poids et Mesures, après avoir été couramment employé en Grande-Bretagne pendant une centaine d'années auparavant. Avec Kelvin, nous atteignons le vingtième siècle; il mourut, en effet, en 1907.

Le père de William Thomson était professeur de mathématiques à l'Université de Glasgow, et il introduisit son fils dans le milieu de l'Université, alors qu'il était encore très jeune. Celui-ci réussit si bien qu'il put être admis à l'Université de Cambridge à l'âge de 16 ans seulement. Après Cambridge, William Thomson se rendit à Paris, pour étudier sous la direction du fameux physicien français, Regnault. A son retour en Grande-Bretagne, alors qu'il avait 22 ans, il fut nommé professeur de physique à l'Université de Glasgow. La longue vie du futur Lord Kelvin fut toujours aussi brillante; devenu doyen des hommes de sciences de son pays, Kelvin fut considéré comme un pontife, qu'on ne pouvait pas se hasarder à contredire. La liste des marques d'honneur qu'il reçut est impressionnante. A la différence de Joule ou de Faraday, il n'était pas un expérimentateur hors pair, mais son intérêt pour les développements pratiques était très réel, et s'alliait à un sens mathématique exceptionnel. Thomson fut à l'origine d'idées nouvelles dans presque tous les domaines de la physique et de



William Thomson, Lord Kelvin (1824-1907)

l'ingénierie électrique, à la fois pour son enseignement et par les quelque 300 mémoires dont il fut l'auteur. Il apporta personnellement de nombreuses améliorations pratiques à la télégraphie sous-marine, ce qui lui valut une réputation internationale, parmi les savants, et aussi parmi les hommes d'État. Les firmes qui fabri-

quaient des câbles électriques le consultèrent fréquemment sur des problèmes de réalisation.

Le cycle de Carnot enseigne que le rendement d'une machine thermique échangeant réversiblement de la chaleur entre une source chaude et une source froide est, dans ce cas idéal, proportionnel à la différence des températures des sources. Kelvin approfondit ce résultat. Il sut en déduire qu'il devait exister une échelle absolue de température, indépendante du moyen de la mesure, c'est-à-dire du fluide thermométrique choisi, tel que le mercure, l'alcool, ou tout autre matériau; cette échelle ne devait pas connaître les limitations inhérentes au fluide thermométrique employé. Le zéro de cette échelle devait avoir un caractère absolu; on pouvait donc le déterminer d'après le comportement du plus idéal des fluides thermométriques, le gaz parfait. Thomson s'appuya alors sur les résultats de Charles, qui montrent que les gaz réels tendent vers un coefficient de dilatation commun, de $1/273$ par degré Celsius. Il en déduisit que le zéro absolu est repéré par la température de -273 °C, ce qui est vrai à quelques dixièmes de degré près, et il jeta ainsi les bases d'un chapitre essentiel de la thermodynamique (relations dérivées du deuxième principe). Cette extraordinaire clef de voûte du monde de la science, dont la solidité extrême n'a jamais encore été mise en défaut, est due à un tout jeune homme : William Thomson, et il la découvrit alors qu'il n'avait pas encore 24 ans.