

CHAPITRE II

ÉLECTROMÉTRIE

MESURE, UNITÉ

Unités. — Généralité, unités fondamentales, système C. G. S.; unités géométriques et mécaniques, électrométriques, calorimétriques, photométriques.

Appareils de mesure. — Mesures géométriques et mécaniques; mesures électrométriques, mesure des résistances, mesure des intensités, mesure des tensions, mesure des quantités.

Renseignements divers. — Notations, barométrie, thermométrie et calorimétrie, électrométrie, chimie, hygiène.

Mesurer une grandeur, c'est la comparer et la rapporter à une autre grandeur de *même espèce* bien connue et bien déterminée. On appelle celle-ci *unité* et on peut dire alors que mesurer une grandeur, c'est trouver combien cette grandeur contient de fois l'unité.

Le choix de l'unité est donc la base fondamentale de la mesure.

Unités.

Il existe autant d'unités qu'il y a de sorte de grandeurs. Aussi, à l'origine de chacune des sciences

concrètes, chaque savant qui s'y livre adopte pour ses recherches des unités indépendantes les unes des autres, arbitraires, mais telles qu'un calcul simple lui suffit pour passer de l'unité à la mesure qu'il se propose. « C'est qu'il faut dans la pratique, dit spirituellement M. P. Laffitte ¹, un certain rapport entre l'unité de mesure et la quantité; il est aussi incommode de mesurer en millimètres la distance qui nous sépare de Calcutta, que de mesurer en mètres les dimensions d'une araignée. » En général, le praticien ne coordonne pas en un seul système les diverses unités de son choix.

Cependant lorsqu'une science arrive, dans son évolution, au degré de précision nécessaire aux applications pratiques, la détermination d'un système commun d'unités connexes s'impose, et cette détermination tarde d'autant moins que plus nombreuses et plus étendues sont ces applications industrielles.

Cela explique comment les électriciens n'ont été conduits qu'après les autres physiciens (leur science est la dernière venue) à s'entendre sur l'admission commune d'un système d'unités de mesure.

Quand, à la fin du siècle dernier, la Convention songea à satisfaire enfin le besoin d'uniformité dans les innombrables mesures françaises, besoin que le développement des transactions faisait ressentir depuis si longtemps et auquel Louis XI déjà voulait remédier, on ne se préoccupa que des nécessités pratiques et immédiates et on laissa à l'avenir le soin

¹ P. Laffitte. *Les Grands Types de l'Humanité*.

de lier avec plus de précision la théorie et la pratique, les mesures scientifiques et les mesures industrielles.

Dans le *système métrique*, on déduit les unités les plus usuelles du *mètre* qui est l'unité fondamentale, et les autres sont appelées unités dérivées; mais celles-ci ne correspondent point à un même multiple ou sous-multiple du mètre. Elles ont été arrêtées pour être introduites telles quelles dans la grande majorité des mesures sans qu'on ait recours à leurs multiples ou sous-multiples.

Remarquons de plus que le gramme-poids n'a pas une précision scientifique bien nette puisqu'il varie avec la latitude et l'altitude du lieu de pesée. Les mesures qui en dérivent participent aussi, évidemment, de son indécision.

Le Congrès international des Électriciens, tenu à Paris en 1881, a adopté le système d'unités établi par l'Association britannique. Ce nouveau système a l'immense avantage de ramener à trois *unités fondamentales* toutes les unités tant mécaniques que géométriques de la physique.

Il ressort clairement, en effet, des travaux de Képler, de Copernic, de Descartes et de Newton que la matière ou cause de nos sensations, et par elle de nos impressions, nous présente trois caractères généraux, fondamentaux : étendue, mouvement, durée. Or, la science de l'étendue, ou géométrie, repose sur la mesure des seules *longueurs*; la science du mouvement, ou mécanique, sur la mesure des *masses*; la science de la durée sur la mesure du *temps*.

Les trois unités fondamentales du Congrès sont :

Unité de longueur	:	le <i>centimètre</i>
— masse	:	le <i>gramme-masse</i>
— temps	:	la <i>seconde</i> .

Le centimètre est la centième partie du mètre, tel qu'il est défini dans le système métrique; le gramme-masse est la masse d'un gramme, c'est-à-dire, dans un lieu quelconque du Globe, le rapport du poids du gramme à l'accélération de la pesanteur en ce lieu; et la seconde, la $\frac{1}{86\ 400}$ partie du jour moyen ou jour civil.

Ce système d'unités porte le nom de *système centimètre-gramme-seconde* ou, par abréviation, *système C.G.S.*

En pratique, les unités fondamentales ne sont pas toujours fort commodes; elles sont tantôt trop grandes et tantôt trop petites. Les mesures évaluées avec ces unités comprendraient un trop grand nombre de chiffres. Aussi emploie-t-on le plus souvent leurs multiples ou sous-multiples qui s'indiquent au moyen des préfixes suivants :

Multiples : *Mega* ou *meg* et qui désignent 1000 000 unités

<i>Myria</i>	10 000	—
<i>Kilo</i>	1 000	—
<i>Hecto</i>	100	—
<i>Deca</i>	10	—

Unité

Sous-multiples : <i>Déci</i>	$\frac{1}{10}$	de l'unité
<i>Centi</i>	$\frac{1}{100}$	—

Sous-multiples : *Milli* $\frac{1}{1\ 000}$ de l'unité
Micro ou *micr.* $\frac{1}{1\ 000\ 000}$ —

Toutefois ces préfixes ne se placent jamais devant la seconde ; la numération sexagésimale est malheureusement la seule utilisée dans les mesures du temps. On dit tout au plus dixième de seconde, centième de seconde, etc.

Le millièmième de millimètre est très souvent représenté par μ .

Le plus souvent aussi, au lieu d'employer les multiples ou sous-multiples de l'unité fondamentale, surtout quand il s'agit de leur écriture, on décompose la mesure en un produit de deux facteurs dont l'un est la plus grande puissance de 10 contenue dans cette mesure, puissance dont l'exposant peut être négatif, nul ou positif. Ainsi 25 000 000 de grammes-masses s'écrira avec cette notation :

$$25 \times 10^6 \text{ grammes-masse ;}$$

et $\frac{1}{25\ 000}$ de seconde sera :

$$25^{-1} \times 10^{-3} \text{ seconde.}$$

Il n'est pas toujours nécessaire de spécifier dans le langage algébrique la grandeur des unités choisies : la relation qui existe entre les diverses quantités qui entrent dans une formule ne change pas, en effet, par le fait de la substitution d'unités à d'autres ; ce qui revient à dire que cette relation est abstraite. La constance de cette relation permet donc l'établis-

ment d'un système de symboles conventionnels pouvant être universellement compris. Telle relation qui, avant la convention, était incompréhensible pour tous les savants ou les praticiens d'une langue étrangère à celle de l'auteur devient lumineuse dès qu'on y introduit les nouveaux signes. Il y a là pour les algébristes — et nous désignons par ce nom tous ceux qui emploient les notations algébriques, aussi bien par accident que par habitude — un avantage analogue à celui que présenterait pour la société l'adoption universelle du système métrique.

L'avantage, toute proportion de nombre gardée, serait même plus important, car la série presque illimitée des symboles est rapportée aux trois symboles fondamentaux qui correspondent aux trois divisions capitales du système C.G.S.

Ce sont :

L pour les longueurs.
M — masses.
T — temps.

Affectés respectivement d'exposants convenables et combinés entre eux suivant le mode prescrit par la nature de la relation à exprimer, ils prennent le nom de *dimension*, expression empruntée à la langue anglaise que nous devons entendre dans le sens de relation abstraite menant à la mesure.

Prenons quelques exemples simples : la géométrie montre que la relation abstraite qui existe entre les valeurs numériques de la mesure de la surface d'un carré et celle de son côté est le carré du nombre exprimant la mesure de la longueur du côté. Cette

relation s'exprimera simplement par le symbole L^2 , L , désignant la longueur du côté du carré, et on dira que L^2 est la dimension de la surface.

On dirait de même que L^3 est la dimension du volume du cube.

Passons aux unités dérivées du système C. G. S. qui nous offriront spontanément d'autres exemples utiles. Nous ne nous occuperons que des unités géométriques, mécaniques, calorimétriques, photométriques et électrométriques.

UNITÉS GÉOMÉTRIQUES C. G. S. — On sait qu'elles sont au nombre de trois : unités de longueur, de surface et de volume. Elles ne diffèrent des unités du système métrique qu'en ce que l'unité fondamentale est le centimètre au lieu du mètre. Ici l'unité de surface est aussi le centimètre carré, et l'unité de volume le centimètre cube.

UNITÉS MÉCANIQUES C. G. S. — Elles se subdivisent en deux classes : les unités cinématiques et les unités dynamiques.

1° *Unités cinématiques* : unité de vitesse et unité d'accélération,

L'unité C. G. S. de vitesse est la vitesse de translation d'un mobile parcourant d'un mouvement rectiligne et uniforme un centimètre par seconde.

La dimension de la vitesse est :

$$\frac{L}{T} \text{ ou } LT^{-1}$$

Application numérique : Un mobile a parcouru

25 centimètres en 5 secondes ; sa vitesse moyenne, c'est-à-dire la vitesse constante de ce mouvement supposé uniforme a été de :

$$25.5^{-1} \text{ ou } 5 \text{ cm.}$$

L'unité C. G. S. d'accélération est l'accélération d'un mobile dont la vitesse augmente de 1 centimètre par seconde.

Mais on sait que dans un mouvement uniformément accéléré, sans vitesse initiale, la vitesse acquise au bout d'un certain temps est égale au produit de l'accélération par ce temps ; la dimension de l'accélération est donc :

$$\frac{\left(\frac{L}{T}\right)}{T} = \frac{L}{T^2} = LT^{-2}$$

Dans le mouvement uniformément accéléré de la chute libre des corps, l'accélération qu'on désigne généralement g vaut 980,88 cm d'après Borda.

Application numérique : Soit un mouvement uniformément accéléré dans lequel l'espace parcouru au bout de 5 sec. est de 75 cm., son accélération est :

$$\frac{75 \times 2}{25} = 6 \text{ cm}$$

Car on sait que dans un semblable mouvement la loi des espaces est donnée par la formule :

$$e = \frac{1}{2} \gamma t^2$$

où e désigne l'espace parcouru pendant le temps t ; l'accélération constante étant γ .

Seulement, dans le système C. G. S., e et γ sont évalués en centimètres et t en secondes.

2^o *Unités dynamiques* : unité de force, unité de travail.

L'*unité C. G. S. de force* est la force constante qui, agissant sur le gramme-masse pendant une seconde lui donne au bout de ce temps une vitesse initiale de un centimètre par seconde, ou, ce qui revient au même, c'est une force constante qui, agissant d'une façon continue sur le gramme-masse lui donne un mouvement uniformément accéléré dont l'accélération est d'un centimètre par seconde.

Une force constante étant exprimée d'une manière générale par le produit de la masse du mobile sur lequel elle agit et de l'accélération du mouvement qu'elle engendre, la dimension de la force est :

$$M L T^{-2}.$$

Cette unité C. G. S. de force a reçu le nom de *dyne*.

Comme les forces attelées à un même mobile sont proportionnelles aux accélérations, l'intensité de la pesanteur sur le gramme-masse ou poids du gramme-masse est de g dynes, ou approximativement 980,88 dynes.

En revanche, la dyne ne vaut que $\frac{1}{g}$ ou $\frac{1}{980,88}$ du gramme-poids.

Cela fait voir que la dyne n'est pas plus constante que le gramme-poids. Aussi a-t-on choisi la

masse invariable du gramme comme caractéristique de la quantité de matière renfermée dans ce gramme.

L'*unité C. G. S. de travail* est le travail d'une dyne qui fait parcourir un centimètre à son point d'application. On lui a donné le nom de *erg*.

Sa dimension est évidemment

$$M L^2 T^{-2}.$$

Application numérique.— Le gramme vaut 980,88 dynes, et le gramme en chute libre parcourt 490,44 *cm*. Le travail de ces 980,88 dynes sera :

$$980,88 \times 490,44 = 481\,362,7872 \text{ ergs}$$

ou à peu près 0,5 megergs.

On sait que, bien souvent, l'usage a gardé dans tous pays d'autres unités que celles dont nous venons de parler. Elles sont innombrables et varient suivant les cas spéciaux à chaque science ou chaque art. Elles sont d'ailleurs bien claires et bien connues.

Disons seulement qu'en biologie, comme dans les autres sciences, la dyne et l'erg ne sont jamais utilisés pratiquement. On leur substitue respectivement le gramme et le kilogramme, le grammètre, le kilogrammètre et le cheval.

Le grammètre ou le kilogrammètre est le travail produit par une force de un gramme ou d'un kilogramme qui déplace de un mètre, suivant sa direction, son point d'application ; et le cheval est un travail de 75 kilogrammètres.

M. W.-H. Preece a proposé au Congrès International des Electriciens de 1889 de renoncer totale-

ment à cette dénomination si arbitraire de cheval-vapeur ou de horse-power et de les remplacer l'un et l'autre par kilowatt dont nous allons voir bientôt la signification exacte. Le kilowatt vaut 10^{10} ergs par seconde (antérieurement à cette proposition le kilowatt était appelé ergdix), c'est-à-dire qu'il équivaut à 1,358 cheval-vapeur.

Les mécaniciens ne semblent pas accueillir très favorablement cette unité de puissance.

Le travail d'une machine fourni dans l'unité de temps — le plus souvent la seconde — se nomme *puissance* de cette machine; il y aurait ambiguïté à employer en ce sens le mot travail.

UNITÉS ÉLECTROMÉTRIQUES. — En électrométrie on a dû également renoncer aux unités C. G. S. et on a adopté exclusivement quelques-uns de leurs multiples auxquels, pour éviter toute confusion, on a donné des noms spéciaux.

L'ensemble des conventions sur lesquelles reposent les unités électriques universellement adoptées aujourd'hui s'appelle *système électromagnétique*. Il a été établi par le Congrès des Électriciens de 1881; il est basé sur les actions mutuelles des pôles magnétiques et des courants électriques.

L'unité C. G. S. de pôle magnétique est le pôle magnétique qui repousse un pôle d'intensité magnétique égale placé à un centimètre de distance, avec une force égale à une dyne.

$$\text{Dimension : } M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-1}.$$

L'unité C. G. S. de champ magnétique est le champ

qui réagit sur l'unité C. G. S. de pôle magnétique avec une force égale à une dyne.

$$\text{Dimension : } M^{\frac{1}{2}} L^{-\frac{1}{2}} T^{-1}.$$

Et de ces unités C. G. S. purement magnétiques, on déduit les unités électromagnétiques C. G. S. et leurs multiples pratiques :

On distingue les unités d'intensité, de quantité, de potentiel, de résistance et de capacité.

Les lois qui ont servi à les relier entre elles, à les solidariser, sont les suivantes :

1^o LOI D'AMPÈRE : *L'action mutuelle (self-induction) d'un élément de courant et d'une masse magnétique voisine est directement proportionnelle au produit de l'intensité de ce courant par la masse magnétique et en raison inverse du carré de la distance qui les sépare.*

$$\text{D'où la formule : } f = \frac{m I s}{r^2}$$

f est l'action exercée par un élément s de courant d'intensité I sur une masse magnétique m placée à la distance r .

2^o LOI DE COULOMB : *La quantité d'électricité fournie dans un temps déterminé par un courant d'intensité constante est égale au produit de cette intensité par la durée.*

$$Q = It$$

Q est la quantité d'électricité qui passe pendant le temps t dans un conducteur où circule un courant constant d'intensité I .

3^o LOI DE OHM : L'intensité est égale au quotient de la force électromotrice par la résistance totale du circuit.

$$I = \frac{E}{R}$$

I est l'intensité d'un courant constant de potentiel E quand la résistance totale du circuit est R.

4^o LOI DE JOULE : La quantité de chaleur dégagée dans un temps donné par un courant constant est proportionnelle au produit du carré de l'intensité de ce courant par la résistance totale du circuit et par ce temps.

$$W = KI^2 Rt$$

W est la quantité de chaleur dégagée par un courant électrique constant d'intensité I et de résistance totale R dans le temps t.

En combinant cette loi avec celle de Ohm, on obtient la nouvelle expression équivalente :

$$W = KIEt$$

qu'on énonce quelquefois ainsi : *Le travail d'un courant dans l'unité de temps (ce qui suppose qu'on a fait $t = 1$ dans la formule) est proportionnel au produit de l'intensité de ce courant par sa force électromotrice.*

$$5^{\circ} \text{ LOI DE FARADAY : } C = \frac{Q}{E}$$

C'est-à-dire que la capacité électrique C d'une surface est proportionnelle à la quantité d'électricité dont elle est chargée et en raison inverse du potentiel.

Unité d'intensité. — De la loi d'Ampère on déduit :

$$I = \frac{fr^2}{m.s}$$

et on voit que l'unité C. G. S. d'intensité est l'intensité d'un courant circulant dans un élément de circuit de un centimètre de longueur et exerçant une action de une dyne sur l'unité de pôle magnétique placé à l'unité de distance de cet élément de courant.

L'unité pratique ne vaut que le $\frac{1}{10}$ de l'unité C. G. S. On l'appelle *ampère* en souvenir de la loi fondamentale.

Unité de quantité. — La loi de Coulomb montre facilement que l'unité C. G. S. de quantité est égale à l'unité C. G. S. d'intensité.

En pratique l'unité d'intensité, à laquelle on a donné le nom de *coulomb* est la quantité d'électricité débitée en une seconde par un courant d'un ampère. Le coulomb vaut $\frac{1}{10}$ d'unité C. G. S.

Unité de force électromotrice. — Ce n'est pas de la loi de Ohm, mais de cette loi combinée avec celle de Joule qu'on déduit l'unité de force électromotrice, c'est-à-dire de la formule $W = IEt$, ou plus explicitement de $E = \frac{W}{It}$.

L'unité C. G. S. de force électromotrice est donc la force électromotrice d'un courant d'une intensité égale à l'unité C. G. S. d'intensité, courant capable de développer un erg dans une seconde.

En pratique, l'unité de potentiel est le *volt* (de Volta), défini comme égal à 10^8 unités C. G. S.

Unité de résistance. — En revenant à la loi de Ohm,

$$1 = \frac{E}{R} \text{ ou } R = \frac{E}{1}$$

on voit que l'unité C. G. S. de résistance doit être la résistance d'un circuit parcouru par un courant d'un potentiel égal à l'unité C. G. S. et d'une intensité égale à l'unité C. G. S. d'intensité.

L'*unité pratique* de résistance est évidemment celle d'un circuit parcouru par un courant d'un volt et d'un ampère. Elle vaut :

$$\frac{10^8}{\left(\frac{1}{10}\right)} = 10^9 \text{ unités C. G. S.}$$

et porte le nom de *ohm*.

Sir William Thomson a proposé de fixer l'*unité pratique de conductibilité*, et il a choisi pour cette unité l'inverse de l'unité pratique de résistance. Il lui a donné le nom de *mho* qu'il a formé par la permutation inverse des lettres du mot ohm.

La Conférence Internationale des unités électriques avait décidé en 1882 qu'il serait construit un étalon de résistance égale à l'ohm et elle avait fait appel au dévouement des expérimentateurs de tous pays pour déterminer la longueur d'une colonne de mercure d'un *ohm théorique* de résistance prise à la température de 0° et sous une section de 1^{mm}q. En 1884, elle prit connaissance des travaux faits à ce sujet et elle arrêta que l'OHM LÉGAL serait la résistance d'une colonne de mercure de 1^{mm}q de section et de 106^{cm} de longueur, à la température de la glace fondante.

L'ohm légal anglais et l'ohm légal allemand sont un peu différents de l'ohm légal français. Le premier vaut 1°,0005 ; le second est, par définition, la résistance d'une colonne de mercure de 1^{mm}q de section et de 1 mètre de longueur, à la température de 0°C. L'unité allemande porte le nom d'*unité Siemens-Halske*.

$$1 \text{ ohm légal} = 1,06 \text{ unité Siemens.}$$

Unité de capacité : De la loi de Faraday $C = \frac{Q}{E}$ on déduit que l'unité C. G. S. de capacité est la capacité d'un condensateur chargé d'une quantité d'électricité égale à l'unité C. G. S. sous l'unité C. G. S. de potentiel.

L'*unité pratique de capacité* qu'on a nommée *farad* est la capacité du condensateur chargé d'un coulomb avec un potentiel de un volt. Elle équivaut à 10⁹ unités C. G. S.

En résumé les *unités électriques pratiques*¹ sont :

Pour l'intensité : l'*ampère*, déduit de la loi $I = \frac{fr^2}{m \cdot s}$ et qui vaut 10⁻¹ unités C. G. S.

— la *quantité* : le *coulomb*, déduit de la loi $Q = It$ et qui vaut 10⁻¹ unités C. G. S.

— le *potentiel* : le *volt*, déduit de la loi $W = IEt$ et qui vaut 10⁸ unités C. G. S.

— la *résistance* : le *ohm*, déduit de la loi $I = \frac{E}{R}$ et qui vaut 10⁹ unités C. G. S.

— la *capacité* : le *farad*, déduit de la loi $C = \frac{Q}{E}$ et qui vaut 10⁻⁹ unités C. G. S.

¹ A vrai dire, ces *unités pratiques* sont les seules unités qui soient utiles à connaître pour les physiologistes et à plus forte

On leur adjoint pour la *puissance de débit* le watt ou *volt-ampère* déduit de la formule $W = IEt$ quand on y fait $t = 1$. Le watt est le débit par seconde d'un courant électrique d'un ampère et d'un volt.

Quant à l'unité d'*énergie électrique*, c'est l'énergie développée par un watt. On lui a donné le nom de *joule*. Toutefois, comme le watt et le joule sont deux unités connexes, proportionnelles au temps pour une source constante, on conserve le plus souvent, mais à tort, le nom de watt à l'unité d'énergie.

Remarquons que le watt (le joule par seconde) vaut $\frac{1}{9,8088}$ kilogrammètre ou, ce qui revient au même, que le kilogrammètre vaut 9,8088 watts.

Le cheval, ou travail de 75 kilogrammètres, vaut donc 735,66 watts.

UNITÉS THERMOMÉTRIQUES ET CALORIMÉTRIQUES. — L'unité de température ou *unité thermométrique* est le *degré centigrade* ou degré Celsius (C. par abréviation). Le degré centigrade est la centième partie de l'échelle thermométrique, échelle divisée en parties égales et dont le zéro correspond à la température de la glace fondante et le centième degré à la température de l'eau bouillante, la pression atmosphérique étant de 760 millimètres.

Dans le thermomètre *Réaumur* le 0° correspond à la glace fondante et le 80° à l'ébullition de l'eau sous la pression normale; dans le thermomètre *Fahren-*

raison pour les médecins. Les *unités théoriques* dites *absolues* ne sont guère *utilisées*, en effet, que par un nombre des plus restreints d'expérimentateurs ou de savants.

heit la température de la glace fondante marque 32° et celle de l'eau bouillante 212°.

On appelle encore *températures absolues* les températures exprimées en degrés égaux aux degrés centigrades mais comptés à partir de 273° au-dessous du 0° de l'échelle Celsius.

Cette température de — 273° C. a été choisie comme repère, ou *zéro dit absolu*, pour cette raison que le coefficient de dilatation des gaz est approximativement (*Gay-Lussac*) de $\frac{1}{273}$, c'est-à-dire (*loi de Mariotte*) qu'à 273° au-dessous du 0° C. un gaz renfermé dans une enceinte à volume constant perdrait, autant qu'on peut le prévoir, toute élasticité, et, conséquemment, toutes les propriétés physiques que nous lui connaissons. Il faut ajouter qu'on est parvenu à trouver des expressions très simples à plusieurs lois par l'emploi des températures absolues (principe de Carnot, loi du rayonnement de Liai, etc.).

Quant à l'unité de quantité de chaleur, etc., c'est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° (nous ne nous servons que du degré centigrade) la température d'un gramme d'eau *théoriquement*, d'un kilogramme d'eau *pratiquement*.

Dans un cas comme dans l'autre, on appelle cette unité *calorie*. Pour éviter toute ambiguïté, nous appellerons *calorie*, l'unité qui correspond au kilogramme et *milli-calorie* ou *petite calorie*, celle qui correspond au gramme.

Nous avons dit, au début, que les phénomènes de tous genres qui agissent dans un système quelconque réagissent les uns sur les autres suivant des lois déterminées et une exacte équivalence. En particulier, on

démontre en thermologie que l'action de 424 kilogrammètres peut équilibrer par réaction une quantité de chaleur égale à une calorie et que, réciproquement, une calorie bien employée peut donner naissance à un travail mécanique de 424 kilogrammètres.

Le travail de 424 kilogrammètres est dit *équivalent de la calorie* ou *équivalent mécanique de la chaleur*.

UNITÉS PHOTOMÉTRIQUES. — Les unités photométriques sont nombreuses et varient en pratique avec chaque pays.

En France, on prend le *bec Carcel*, c'est-à-dire l'intensité de lumière fournie par une lampe qui brûle à l'heure 42 grammes d'huile de colza épurée, avec une flamme de 4 centimètres, et cela dans certaines circonstances bien définies.

On utilise encore la *bougie* d'Allemagne. C'est l'intensité de la lumière fournie par une bougie de paraffine de 20 millimètres de diamètre brûlant avec une flamme de 5 centimètres de hauteur.

Le bec Carcel vaut 7,6 bougies allemandes.

Les Anglais ont aussi une autre bougie (*candle*); le bec Carcel vaut 9,5 bougies anglaises.

Enfin, depuis 1884, quelques physiiciens sont convenus de prendre pour unité d'intensité de lumière, l'intensité de la lumière émise normalement par un centimètre carré de platine à la température de solidification (étalon Violle).

Il ne s'agit ici, pour le platine, que de la lumière blanche.

Une commission a décidé en outre, pendant le Con-

grès de 1889, et sur la proposition de M. Crova que :

Le degré d'incandescence d'une lampe à incandescence serait mesurée par le quotient des intensités (relatives à la carcel) des radiations de longueur d'onde $\lambda = 582$ et des radiations de longueur d'onde $\lambda = 657$.

Et elle a émis le vœu que l'indication de la puissance lumineuse d'une lampe soit accompagnée de celle du degré d'incandescence auquel correspond cette puissance, cette puissance étant donnée en bougies décimales, valant $\frac{1}{20}$ de l'étalon Violle.

Pour obtenir le degré d'incandescence d'une lampe, on la compare à une carcel et l'on place devant l'œil une cuve remplie, sous une épaisseur de 5^{mm}, d'une solution de chlorure de nickel et de fer laissant passer une lumière dont la longueur d'onde est voisine de $\lambda = 582$: soit *a* l'intensité de la lampe dans ces conditions. La même mesure est recommencée en plaçant devant l'œil un verre rouge laissant passer une lumière dont la longueur d'onde est voisine de $\lambda = 657$; soit *b* l'intensité de la lampe dans ces nouvelles conditions; le rapport $\frac{a}{b}$ définit le degré d'incandescence ». (*Procès-verbal de la séance du 27 août 1889.*)

La solution de dialyse est formée de 22^{gr},321 de perchlorure de fer et de 27^{gr},191 de chlorure de nickel pur cristallisé. Le tout est dissous dans de l'eau distillée prise à la température de 15° C.

L'étalon Violle, comme l'étalon Crova, sont des unités à l'usage des savants mais ils n'ont point la prétention d'être admis dans la pratique courante.