

ruban de cuivre contourné de façon à former des boucles. L'absence du fer dans ces machines leur permet de fournir un courant sensiblement sinusoïdal qui, au point de vue médical, comme nous le verrons par la suite, offre un intérêt particulier.

*Transformateurs.* — L'emploi du courant alternatif des secteurs pour les usages médicaux présente, en effet, des avantages considérables en raison de la transformation facile de ces courants. On obtient cette transformation au moyen d'appareils appelés *transformateurs*. Les organes destinés à modifier les deux facteurs de l'énergie électrique  $E$  et  $I$  et à les transformer en  $E'$  et  $I'$ , peuvent se diviser en deux classes : les uns donnent un courant continu qui peut être utilisé pour toutes les applications de ce courant, les autres du courant alternatif. Nous ne nous occuperons pas des premiers qui sont, du reste, des appareils de laboratoires et qui n'ont pas reçu jusqu'à présent d'applications industrielles. Un inconvénient grave de ces transformateurs est d'exiger l'emploi de pièces mobiles telles que collecteurs, balais. Ce sont, en général, comme principe, deux séries de bobines tournant devant les pôles d'un électro-aimant ; en faisant passer un courant dans l'une des séries de bobines, on produit dans l'autre un courant secondaire. On voit qu'il s'agit là de véritables machines électriques : le rendement de ces appareils est, du reste, assez mauvais.

Les transformateurs à courants alternatifs sont, au contraire, des appareils précieux et qui intéressent tout particulièrement l'électro-thérapeute en lui permettant d'obtenir à volonté des courants de tension ou des courants de quantité. Nous avons vu plus haut que le type des transformateurs de courants alternatifs est la bobine de Ruhmkorff. En effet, dans les appareils qu'emploie l'industrie, on retrouve les parties essentielles d'une bobine à induction : un circuit primaire, un circuit secondaire, et une masse de fer doux pour augmenter les effets magnétiques.

MM. Gaulard et Gibbs, sous le nom de générateur secondaire,

ont réalisé la première forme pratique de transformateurs à courants alternatifs. Leur invention a été la première appliquée industriellement.

Les bobines primaires et secondaires de leur générateur sont constituées par des disques en cuivre : ces disques sont percés d'un trou central et superposés ; un isolant en papier paraffiné les sépare les uns des autres. On forme plusieurs colonnes de ces rondelles en introduisant dans l'orifice central qu'elles possèdent un tube en verre contenant un faisceau de fer doux. Le rendement de cet appareil est d'environ 90 %.

Le *transformateur Ferranti-Patin*, le plus usité en France, est disposé de façon à rendre la construction et la réparation aussi faciles que possible. Le circuit primaire est constitué par une série de bobines rectangulaires disposées parallèlement et formant une sorte de cylindre creux dans lequel viennent se loger les bobines induites à fil fin. Dans l'espace resté libre au centre des doubles bobines, on introduit plusieurs séries de lames de tôle qu'on recourbe moitié par dessus, moitié par dessous l'enroulement, de façon que leurs extrémités se touchent : on constitue ainsi un circuit magnétique fermé qui entoure les bobines : le tout est maintenu par un châssis en fonte. Cet appareil recevant un courant de 2400 volts restitue un courant de 100 volts aux bornes du circuit secondaire.

Le transformateur de M. *Tesla* est formé d'un noyau de fer doux entouré par le circuit secondaire enroulé longitudinalement. Ce circuit secondaire est entouré par une couche de fil de fer doux enroulée transversalement ; enfin le circuit primaire qui se trouve à l'extérieur est placé longitudinalement. La couche de fil de fer doux placée entre le primaire et le secondaire sert d'écran et de régulateur de courant.

Dans tous ces transformateurs industriels la préoccupation principale des inventeurs a été d'obtenir le rendement maximum, c'est-à-dire d'éviter le plus possible toute perte d'énergie due aux imperfections de l'organe. En Médecine nous n'avons plus à tenir compte du rendement, la dépense étant

peu considérable, mais, d'autre part il fallait se préoccuper d'un autre point de vue des plus importants : le réglage de l'appareil. Il est nécessaire, en effet, qu'un transformateur destiné à produire des courants directement utilisables pour l'usage médical puisse donner une échelle de force électro-motrice allant de 0 à 100 volts comme maximum et de 0 à 100 milliampères comme intensité. Nous avons mon collaborateur et ami le Dr Gautier et moi atteint facilement ce but en prenant comme type de nos transformateurs la bobine de Rhumkorff, appareil d'un rendement économique déplorable mais d'un réglage commode.

Transformateur de MM. Gautier et Larat. — Notre transformateur comporte trois parties : une résistance, un circuit inducteur, un circuit induit. La résistance est constituée de préférence par un rhéostat à eau composé d'une cuve remplie d'eau ordinaire dans laquelle plongent deux lames de charbon qui peuvent être au moyen d'un axe fileté rapprochées l'une de l'autre à volonté. Avec l'emploi de l'eau nous évitons les déformations de la sinusoïde à peu près parfaite que nous donne le courant d'éclairage ; on peut aussi utiliser simplement une lampe à incandescence de 30 bougies.

L'inducteur est formé par un fil de cuivre, sans fer doux intérieur, l'induit par une bobine en fil fin. Le tout se trouve enfermé dans une boîte isolante en marbre. Le courant se règle par le plus ou moins d'engainement de l'induit sur l'inducteur, engainement qu'une tige graduée permet d'apprécier exactement. En augmentant ou en diminuant la résistance on possède également un moyen accessoire de graduation d'intensité.

Utilité des transformateurs. — Pour bien faire saisir au lecteur l'avantage considérable que nous offrent, les courants alternatifs et les transformateurs, j'indiquerai en quelques mots comment et pourquoi, en industrie, les courants alternatifs paraissent pour quelques ingénieurs les plus compétents devoir lutter non pas seulement avec avantage mais avec une

supériorité écrasante avec les courants continus. Les transformateurs employés dans l'industrie ont pour but de diminuer la force électro-motrice et d'augmenter l'intensité afin de diminuer les frais d'établissement d'un circuit d'éclairage. L'exemple suivant emprunté à M. Fontaine fera bien comprendre leur utilité. Supposons qu'on veuille alimenter dans un circuit 500 lampes, exigeant chacune 1 ampère et 100 volts, la dynamo étant placée à 1.000 mètres des lampes. En plaçant les lampes sur le circuit primaire, le parcours de 1.000 mètres donnera par exemple une perte de 10 volts. La résistance du conducteur sera de 0,02 ohms, la section de 833 millimètres carrés, son poids de 75 tonnes et son prix d'environ 200.000 francs. En employant des transformateurs on peut amener la même puissance électrique avec un courant de 50 ampères sous 1.000 volts que l'on transforme ensuite en un courant secondaire de 500 ampères sous 100 volts. La résistance du conducteur sera de 2 ohms, sa section 8,33 millimètres carrés, son poids 750 kilogrammes, son prix 2,250 francs. En médecine la question de prix de revient de l'installation n'est pas en jeu car ce prix ne varie pas, qu'elle soit sur courants continus ou sur alternatifs, les appareils médicaux restant identiques. Mais l'intervention de transformateurs permet de brancher directement sur le circuit presque tous les organes dont nous nous servons : ceux qui demandent de la quantité et pas de tension comme les galvanocautères, ceux qui demandent de la tension et de la quantité tout à la fois comme les courants de Tesla-d'Arsonval dont nous parlerons subséquemment et ceux qui exigent de la tension et peu de quantité comme les appareils faradiques.

Utilisation des secteurs d'éclairage électrique pour l'électrothérapie. — L'emploi direct des courants continus ou alternatifs des secteurs d'éclairage est préconisé depuis plusieurs années dans les travaux que j'ai fait paraître en collaboration avec le docteur Gautier <sup>(1)</sup>. Mais comme cet emploi était com-

(1) *Revue internationale d'Electrothérapie*, années de 1893 à 1899.