

sont disposés de telle sorte que chacun d'eux abandonne un ressort pour venir toucher l'autre au moment même où le courant change de sens ; il en résulte que chacun des ressorts garde toujours le même signe et qu'il suffit de les réunir par un circuit pour obtenir un courant de même sens, l'un des ressorts représentant le pôle positif, l'autre le pôle négatif.

La machine de Clarke n'a jamais eu d'applications industrielles. M. GaiFFE l'a modifiée (fig. 31) pour construire un appareil magnéto-électrique médical portatif. Il a doté la machine primitive de Clarke d'un organe qui sert à la fois de redresseur de courant, d'interrupteur et de graduateur. Cet appareil fournit des courants de tension analogues à ceux de la bobine de Ruhmkorff, mais la quantité qu'il peut mettre en jeu est bien plus considérable, elle atteint, avec le modèle ordinaire, 22 milliampères. Les courants recueillis sont de même sens. Cet appareil est à peu près le seul utilisé en France actuellement. Ces instruments, tel le modèle abandonné de Duchenne, de Boulogne, présentent l'inconvénient de ne tourner qu'au moyen d'une manivelle, manœuvre qui accapare une des mains de l'opérateur ou exige l'intervention d'un aide ; de plus, la rotation est souvent irrégulière.

Malgré ces désavantages, j'estime avec mon regretté et savant maître, Boudet de Paris, que c'est à tort qu'on a abandonné ces instruments qui, dans bien des cas, je dirai même presque toujours, sont préférables aux bobines d'induction. Il est, du reste, bien plus facile qu'il y a quelques années de les actionner au moyen d'un petit moteur quelconque, ce qui les rend tout à fait pratiques.

*Machine de Gramme.* — En 1870, M. Gramme a imaginé un dispositif qui porte son nom : *Anneau Gramme*. Ce dispositif a une importance considérable, puisqu'il a été le point de départ du développement immense qu'ont prises les applications industrielles de l'électricité. Supposons qu'on place entre les pôles d'un aimant un anneau de fer doux immobile ; il s'aimantera par influence et prendra un pôle sud et un

pôle nord. Il est donc assimilable à deux solénoïdes demi-circulaires, réunis par leurs pôles de même nom. Enroulons autour de cet anneau une petite bobine et faisons-la glisser de droite à gauche ; dans la première moitié de l'anneau elle s'éloigne d'un pôle et donne par conséquent un courant direct ; dans la seconde moitié, elle s'approche de l'autre pôle et donne, par suite, un courant inverse. Le courant induit s'annule donc et change de sens quand la bobine est à égale distance des deux pôles. Dans l'anneau de Gramme, la ligne de commutation est donc perpendiculaire à la ligne des pôles.

En pratique, l'anneau de fer doux est mobile et tourne avec la bobine, ce qui ne change rien à la théorie, car les pôles restent fixes dans l'espace. En outre, au lieu d'une bobine il y en a un grand nombre qui recouvrent entièrement l'anneau ; elles forment un circuit que le diamètre vertical partage à chaque instant en deux moitiés parcourues par des courants de sens contraires.

Pour recueillir le courant on a disposé sur l'axe de rotation qui est isolant, une enveloppe métallique divisée en autant de touches qu'il y a de bobines. A chaque touche aboutissent la fin d'une bobine et le commencement de la suivante. Sur ce *collecteur* frottent deux balais inclinés d'un certain angle que la pratique détermine et qui recueillent le courant. L'anneau est formé d'un faisceau de fils de fer isolés pour éviter les courants de Foucault. Dans la machine Gramme de laboratoire, l'anneau tourne entre deux pièces de fer doux alésées de façon à l'entourer exactement et formant les pôles d'un aimant en U. La force électro-motrice de l'appareil est proportionnelle à la vitesse, elle équivaut, en moyenne, à 6 ou 8 éléments Bunsen.

Les machines magnéto-électriques ne sont plus actuellement utilisées pour l'éclairage à l'exception de la machine Meritens encore en service dans les phares éclairés électriquement.

*MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES.* — Passons donc sans plus tarder à l'étude des appareils dynamo-électriques qui sont presqu'ex-

clusivement employés aujourd'hui. Dans ces machines le champ magnétique est dû à un électro-aimant. Ce procédé permet d'obtenir un champ beaucoup plus énergique.

Certaines machines, en particulier, celles qui sont pourvues d'un anneau Gramme, donnent un courant dont le sens ne change pas, ce sont les dynamos dites à *courant continu*. D'autres portent un certain nombre de bobines distinctes dans lesquelles le courant change de sens. Ces machines sont dites à *courants alternatifs*.

*Excitation*. — On appelle ainsi les différentes façons de produire le champ magnétique dans l'inducteur. Tantôt le courant qui parcourt l'inducteur est fourni par une machine séparée, on dit alors que *l'excitation est indépendante*, tantôt c'est la machine elle-même qui fournit le courant à l'inducteur qui est parcouru, soit par le courant total : *excitation en série*, soit par une partie seulement de ce courant : *excitation en dérivation*. Dans ces cas la machine est appelée *auto-excitatrice*. Lorsqu'une machine auto-excitatrice commence à tourner, elle ne pourrait donner aucun courant si elle ne possédait une source d'aimantation, si faible fût-elle : cette source est représentée par le magnétisme rémanent des noyaux qui ne sont jamais en fer doux parfaitement pur.

*Excitation indépendante*. — Ce système a l'inconvénient d'exiger une petite machine indépendante produisant du courant continu, ou, dans des petits appareils, une batterie de piles ou d'accumulateurs. Dans les machines à courants alternatifs, on se sert, presque toujours, de ce mode d'excitation qui a l'avantage de permettre de varier l'intensité du courant inducteur en plaçant une résistance dans le circuit.

*Excitation en série*. — Dans ce mode d'excitation, les électros doivent être entourés par un fil gros et court, afin de diminuer la résistance, ce qui pour un même circuit extérieur rendra le courant plus intense. L'excitation en série présente un grave inconvénient. Si le circuit extérieur contient à un certain moment une force contre-électro-motrice, comme cela se

produit dans la charge des accumulateurs et que cette force, à un certain moment, développe un potentiel supérieur à celui de la machine, le courant s'invertit et peut renverser la polarité du champ magnétique, de telle sorte qu'aux opérations suivantes l'inversion persistera. On peut, du reste, remédier à cet inconvénient par l'emploi d'un appareil qui sépare automatiquement les accumulateurs de la machine quand la force électro-motrice de cette dernière devient insuffisante. Cet appareil porte le nom de *conjoncteur-disjoncteur*. C'est, en principe, un petit électro-aimant qui est soulevé et ferme le circuit tant que le courant a une certaine force électro-motrice, mais qui retombe en ouvrant le circuit quand cette force électro-motrice devient trop faible.

*Excitation en dérivation*. — Dans ce cas, le fil des électros doit être long et fin pour absorber peu d'intensité. Le courant principal peut s'invertir sans changer la polarité des inducteurs.

*Excitation compound*. — Les deux modes précédents d'excitation en série et en dérivation présentent un inconvénient commun qui est de modifier le débit de la machine si la résistance extérieure varie. En effet, soit  $R$  la résistance extérieure,  $r$  celle de l'induit,  $r'$  celle des inducteurs. L'intensité est

$$I = \frac{R + r + r'}{E}$$

Si  $R$ , toujours très supérieur aux deux autres valeurs, vient à augmenter, l'intensité diminue ; conséquemment, le champ magnétique faiblit et par suite la force électro-motrice. C'est donc au moment où on demande à la machine le plus d'énergie qu'elle en fournit le moins.

Ce raisonnement s'applique aux machines excitées en série. Au contraire, dans une machine excitée en dérivation, la résistance extérieure augmentant, le courant dérivé acquiert une valeur plus grande, le champ magnétique augmente et la force électro-motrice également.