

DU MÊME AUTEUR

Chez A.-L. GUYOT, 20; rue du Croissant

La Main et ses Mystères (2 vol.) ...	0.40
Magnétisme, Hypnotisme, Somnan- bulisme	0.20
Electricité (2 vol.)	0.40

Chez CHAMUEL. 79, faubourg Poissonnière

On peut Envoûter	0.50
La Matière des Œuvres Magiques.	1 »
Les Microbes de l'Astral	1.50
L'Éternel féminin et le Mécanisme de l'Amour	1 »

107

MARIUS DECRESPE

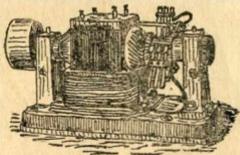


ÉLECTRICITÉ

PREMIÈRE PARTIE

APPLICATIONS DOMESTIQUES
ET INDUSTRIELLES

Édition entièrement nouvelle avec nombreuses figures



PARIS

Collection A.-L. GUYOT

20, Rue des Petits-Champs, 20

TOUTS DROITS RÉSERVÉS

MARINUS OCHOAESPÉ

ELECTRICITE

TRAITÉ DE

A L'USAGE DES ÉLÈVES

DE LA FACULTÉ

DES SCIENCES MATHÉMATIQUES



PARIS

Collection de M. GUYOT

DE LA FACULTÉ



PRÉFACE

De nombreux livres traitent des applications pratiques de l'électricité; j'entends de celles qui sont à la portée d'un amateur sans connaissances spéciales. Malheureusement, la plupart de ces ouvrages, quoique fort bien faits généralement, sont écrits un peu comme le catalogue d'un salon de peinture, où l'on prend à tâche de mentionner toutes les œuvres exposées sans dire quelle serait la meilleure en tel cas donné.

Au milieu de la foule innombrable des nouveaux appareils de production ou d'utilisation de l'électricité, l'amateur reste indécis, également sollicité par les séductions sensiblement égales des différentes annonces et, en désespoir de cause, il s'adresse à un entrepreneur qui, souvent, peu instruit lui-même, lui bacle une installation quelconque marchant mal mais coûtant cher.

C'est pour remédier à cet inconvénient, c'est pour combler cette lacune que l'idée nous est venue d'écrire ce livre essentiellement populaire, fruit de fortes études théoriques et de douze années de pratique.

qui nous ont appris à connaître les appareils les plus avantageux dans les cas les plus fréquents. Nous n'en recommandons pas d'autres.

De plus, dans la seconde partie de ce travail, des conseils pratiques donneront au lecteur le moyen de faire lui-même son installation, s'il connaît le maniement des outils; où, tout au moins, de surveiller efficacement ses ouvriers.

MARIUS DECRESPE.



CHAPITRE I

Qu'est-ce que l'électricité? — Comment l'obtenir? — Qu'en peut-on faire?

« On connaît l'histoire de cette dame qui, au milieu d'un élégant salon, demandait à un académicien : Qu'y a-t-il donc derrière la Lune? — Madame, je ne sais pas. — Mais à quoi est due la persistance des pluies, cette année? — Madame, je l'ignore. — Et pensez-vous que les habitants de Jupiter soient faits comme nous? — Madame, je n'en sais rien. — Comment, monsieur, vous plaisantez! à quoi cela sert-il donc d'être si savant? — Madame, à répondre quelquefois qu'on ne sait rien (1). »

En effet, si les ignorants ont toujours une ré-

(1) G. FLAMMARION. — *Astronomie populaire*,

ponse prête à toutes les questions, si les demi-savants proclament effrontément l'infaillibilité de la science, les vrais savants n'ont aucune fausse honte à reconnaître les limites de nos connaissances actuelles. Rien au monde n'est interdit à nos recherches; mais, malgré les progrès énormes réalisés en ces derniers temps, nous sommes encore bien loin d'avoir tout trouvé.

L'électricité, par exemple, cette fée aussi bien-faisante que merveilleuse qui se plie avec tant de docilité aux applications les plus diverses, est encore, malgré l'usage journalier què nous en faisons, un profond mystère pour les plus savants. Nous ne savons pas ce qu'est l'électricité en son essence. On n'ignore pas que c'est une des formes de l'énergie, qu'elle se transmet, comme la chaleur, la lumière et le son, par vibrations des molécules matérielles sur lesquelles elle agit, que ces vibrations sont caractérisées par une certaine longueur d'ondes se succédant à des intervalles connus; on note exactement les effets de ce mouvement vibratoire.... mais on ne va pas au delà.

Il est donc prudent d'imiter la sage réserve des théoriciens et de ne pas risquer une définition douteuse de l'énergie électrique; ce serait



empiéter témérament sur les découvertes de l'avenir qui pourraient nous donner un

Peu importe, au reste, en un ouvrage exclusivement pratique. L'énergie électrique existe; voilà un fait indéniable et dont la connaissance nous doit amplement suffire.

Elle existe partout : dans l'atmosphère qui nous entoure, dans la terre sur laquelle nous vivons, dans le soleil qui nous éclaire et nous chauffe, dans les minéraux que nous retirons du sol, dans les végétaux qui servent à notre nourriture, dans les animaux qui prêtent leur concours à nos travaux, dans notre corps même, comme dans les vêtements qui nous couvrent et dans les différents ustensiles dont nous nous servons. Ou, plutôt, tous les corps de la nature contiennent à l'état latent une certaine force vive que, par des moyens appropriés, on peut faire apparaître sous forme d'énergie électrique.

Ces moyens sont divers et varient avec la nature des corps employés, celle des effets qu'on se propose d'atteindre, et le dispositif dont on se sert. Ainsi, comme il est naturel de s'y attendre, il est des corps plus aptes que d'autres à manifester l'énergie électrique; il est des dispositifs

avantageux et d'autres qui ne valent pas grand' chose.

Ce qu'on doit viser à obtenir d'une source quelconque d'électricité, c'est un déséquilibre dynamique, une dénivellation de force entre deux corps ou deux systèmes de corps mis en présence; par réaction, il se produira un mouvement inverse qui tendra à rétablir l'équilibre détruit, le niveau primitif. Et l'on conçoit que, plus la dénivellation aura été grande, plus intense sera la décharge ou le courant de réaction. Les appareils les plus avantageux (qui ne sont pas toujours ceux qui coûtent le plus cher) sont donc ceux par lesquels on obtient cette dénivellation le plus commodément, le plus énergiquement, le plus promptement et le plus régulièrement possible.

Pour contrôler le fonctionnement de ces appareils de production et celui des appareils d'utilisation, il en est d'autres qui mesurent les différentes valeurs du courant ou de la décharge. On ne tient ordinairement compte en pratique que de deux éléments : la *tension* et la *quantité*.

La tension d'un flux quelconque d'électricité est la puissance avec laquelle les deux corps sur lesquels on a agi (les deux *pôles*) tendent à se



mettre en équilibre. La tension électrique ^{ULTIMHEAT} ^{VIRTUAL MUSEUM} répond à peu près à ce qu'est la pression dans une canalisation d'eau ou de gaz : c'est le résultat de la différence de niveau ou de potentiel entre le réservoir et le robinet, le réservoir étant analogue au pôle positif et le robinet au pôle négatif. Plus le niveau d'un réservoir d'eau est élevé par rapport au robinet, plus la pression est forte à ce robinet et même tout le long de la conduite ; de même, plus la différence de potentiel est considérable entre les pôles positif et négatif d'une machine électrostatique ou dynamo-électrique, ou d'une pile, plus la tension du courant est importante.

La quantité ou intensité d'un flux électrique est comparable au volume d'eau qui passe dans une conduite.

Quel que soit le diamètre d'une conduite, la pression s'y transmet à peu près intégralement, mais on comprend qu'il est nécessaire d'avoir une conduite de gros diamètre pour laisser passer une grande quantité d'eau ; et, si la pression est assez forte, elle fera éclater les conduites trop petites ou trop faibles pour laisser passer commodément la quantité d'eau que peut fournir le réservoir. Il en est de même en électricité : un

conducteur transmettra assez facilement la tension, à moins qu'elle ne soit trop forte, auquel cas il y a des pertes par rayonnement, par *filtration* dans l'air; mais pour laisser passer des courants de grande intensité, il faudra des conducteurs de grand diamètre, sans quoi il y aurait échauffement et fusion des conducteurs, avec danger l'incendie des enveloppes isolantes et des boiseries sur lesquelles peut reposer la canalisation.

De là, l'emploi qui se répand de plus en plus, surtout pour les distributions de lumière, de courants de haute tension qui permettent de faire d'importantes économies de conducteurs, et qui, par le moyen des transformateurs, sont ramenés, au lieu d'utilisation, à une valeur convenable.

La pression des liquides et des gaz s'évalue ordinairement en atmosphères; la tension électrique s'évalue en *volts*.

Le volume d'eau et de gaz se compte par litres; la quantité électrique se calcule par *ampères*. Il ne faut pas chercher à traduire entre elles ces diverses mesures qui n'ont absolument rien de commun et que nous ne rapprochons qu'à titre de simple comparaison.



La tension a surtout pour effet de résistances; c'est, si l'on veut, une puissance de pénétration, qu'on peut grossièrement comparer à une armée dont tous les soldats seraient rangés en file, l'un derrière l'autre, le second soutenant le premier, le troisième soutenant le second, etc. L'intensité agit surtout par sa masse sur les masses qui lui sont opposées; c'est, pour reprendre notre comparaison, une armée où tous les soldats s'avancent de front. La tension est toute en longueur, et la quantité toute en largeur; on comprend donc que l'une ne puisse pas exister sans l'autre, et que la figure quelconque, par laquelle on représentera les deux éléments (volt et ampère) d'un courant, devra toujours avoir une certaine largeur et une certaine longueur.

Le produit des volts par les ampères s'appelle *watt*; c'est l'unité d'énergie électrique.

La petite figure ci-contre fera mieux comprendre ce que nous venons de dire.

Elle représente un courant de 12 watts, dont le débit est de 3 ampères sous une tension de 4 volts. La même somme d'énergie eût pu être produite par 4 amp. et 3 volts, par 6 amp. et 2 volts, par 2 amp. et 6 volts, par 12 amp. et 1 volt, par

1 amp. et 12 volts; mais, dans chacun de ces différents cas, le courant eût possédé des qualités différentes.

Le watt est la 736^e partie d'un cheval-vapeur, qui compte 75 kilogrammètres; c'est-à-dire 1/736 d'un

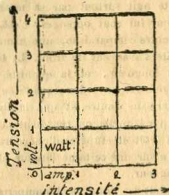


Fig. 1. — Les mesures d'un courant électrique.

kilogrammètre équivant à 9,81 watts; et le kilogrammètre est la force nécessaire pour élever en une seconde un poids de un kilogramme à un mètre de hauteur. Mais ce sont là des données théoriques que l'on n'est pas encore parvenu à réaliser pratiquement; ainsi les meilleures ma-



chines dynamos ne rendent guères que 60 par cheval-vapeur absorbé.

Pour être à même d'apprécier les qualités et les défauts des appareils qu'on utilise et de pouvoir surveiller leur fonctionnement, il est très important de se bien pénétrer de ces principes qui ne demandent, au reste, qu'un peu d'attention.

Nous croyons devoir borner là nos indications théoriques, et nous nous contentons de signaler comme autre unité électrique importante l'*ohm* qui permet de chiffrer la résistance que les différents corps opposent au courant; mais cette unité n'a guère d'emploi que dans les laboratoires.

Abordons maintenant l'étude des moyens de produire l'électricité.

La source naturelle d'électricité la plus importante est évidemment l'atmosphère. La fréquence et l'intensité des orages, les magnificences des aurores polaires, les énormes différences de potentiel qui existent entre des couches d'air relativement peu éloignées même par un ciel pur et en hiver ont pu, de tout temps, faire concevoir l'espérance qu'un jour les hommes pourraient directement atteler leurs machines à la grande roue de la Nature. Malheureusement ce beau rêve n'est pas prêt d'être réalisé. D'une part, en effet,

la valeur des courants qu'il serait possible de recueillir dans l'atmosphère varie de quelques milliardièmes à quelques millions de watts; d'autre part, le sens de ces mêmes courants est interverti avec fréquence et dans des conditions qui déroutent toute prévision.

Notre science n'est pas actuellement à même de résoudre de si graves difficultés.

Mais, dès les temps les plus anciens, on avait reconnu que certains corps manifestaient, avec une grande facilité, des propriétés électriques; l'ambre, par exemple (en grec : *electron*), après avoir été frotté sur un morceau de drap, attire les corps légers. Plus tard, on obtint les mêmes phénomènes de la résine, du soufre, du verre; sur ce principe, on construisit même des machines encore usitées, surtout en médecine, par le moyen desquelles on parvint à imiter en petit les effets de la foudre (tonnerre et éclair).

C'était déjà un fort beau résultat, et l'on put, dès lors, concevoir la possibilité de faire fonctionner même des appareils télégraphiques. Cependant ces machines avaient le grave inconvénient de fournir l'électricité à une tension énorme mais sans quantité utilisable, si bien que, dès qu'on fermait le circuit unissant les deux pôles (le cou-



sin frotteur et le corps frotté), toute la charge électrique s'échappait en une étincelle et il fallait recommencer à produire une nouvelle charge.

En 1800, à la suite de recherches qu'il serait trop long d'exposer ici, le physicien italien Volta réalisa un nouvel appareil qui produisait d'une façon continue un courant électrique de quantité relativement énorme, mais de tension bien moindre que celle due aux machines électro-statiques à frottement. Ce nouvel appareil était la pile, ainsi nommé parce qu'il se composait primitivement d'une succession de disques de zinc, de drap imbibé d'eau acidulée, et d'argent, disposés en pile. L'étude de la pile montra que l'électricité pouvait être produite par les réactions chimiques (et c'est ce qui explique que notre corps, en les fonctions duquel la chimie joue un si grand rôle, soit une source relativement puissante d'électricité). Dans la pile, ces réactions sont ordinairement celles qui ont lieu entre le zinc et les acides en présence.

Quelques années après, le français Ampère reconnut qu'un morceau de fer, placé au milieu d'une bobine de fil métallique où circule un courant, s'aimantait sous l'influence de ce courant;

et que, réciproquement, un fil métallique rapidement approché ou éloigné d'un aimant était parcouru par un courant dû à la variation de l'action magnétique. C'était là le principe des machines dynamo-électriques, par le moyen desquelles on peut, dès maintenant, dans certaines conditions, obtenir l'électricité à meilleur marché que le gaz d'éclairage.

Examinons un peu ces trois principaux appareils de production de l'électricité : la machine électro-statique, la pile et la machine-dynamo.

Dans la première, deux organes principaux sont en présence, qui sont le coussin frotteur et le plateau de verre frotté. La déséquilibration est obtenue mécaniquement grâce à cette friction réciproque de deux surfaces physiquement différentes ; le produit est, nous l'avons vu, un flux électrique de quantité pratiquement négligeable mais de tension énorme.

La pile contient également deux organes indispensables et distincts l'un de l'autre ; ce sont les deux corps qui sont plongés dans le liquide acide ; par action chimique, peu différente (au point de vue analytique) du frottement, l'un de ces deux corps se dissout — généralement c'est du zinc — et l'autre reste inattaqué — le plus souvent c'est



du charbon —. La déséquilibration est donc produite entre ces deux corps qui communiquent électriquement par l'intermédiaire du liquide, tandis que, dans la machine électro-statique, le coussin et le plateau de verre étaient en contact immédiat. Tant que dure la dissolution du zinc, l'électricité s'écoule sous forme d'un courant dont l'intensité est proportionnée à l'énergie avec laquelle s'effectue cette dissolution, et dont la tension dépend de la nature des réactions chimiques qui ont lieu dans la pile considérée.

Les deux organes électrogènes dans la dynamo sont l'aimant et le fil de cuivre qui subit l'induction de cet aimant; l'agent de déséquilibration est ici encore la force mécanique utilisée à faire mouvoir le fil induit dans le champ magnétique de l'aimant (1); on recueille l'électricité aux deux extrémité de ce fil enroulé en bobine. Le courant ainsi obtenu se rapproche beaucoup plus de celui de la pile que de la décharge électro-statique; mais on peut l'obtenir en quantité et en tension

(1) On appelle *champ magnétique* l'espace où s'exerce l'action de l'aimant; le champ magnétique a naturellement son maximum d'intensité dans le voisinage immédiat des pôles de l'aimant.

relativement considérables avec un effort mécanique proportionnellement assez faible. La dynamo est, à tous points de vue, la source électrique la plus économique que l'on connaisse actuellement; pour une même dépense d'énergie mécanique les meilleures machines statiques donnent un nombre de watts bien moins important que les dynamos même médiocres.

Il existe encore d'autres appareils de production de l'électricité; mais nous n'en parlerons pas ici, car ils sont peu pratiques ou ne possèdent qu'un faible rendement.

Voyons maintenant ce qu'on peut faire de l'électricité. Il est bien inutile de le dire, nous n'avons pas l'intention d'énumérer toutes les applications possibles ou seulement réalisées de l'électricité; nous nous bornerons tout simplement à en dire très sommairement les usages les plus ordinaires et nous commencerons par ceux qui exigent le moins d'installation et de difficultés.

En première ligne, il nous faut placer la correspondance. Par la rapidité de sa transmission, par sa fidèle docilité, l'électricité est bien l'agent le plus parfait qu'on puisse rêver pour l'échange des pensées. Signaux optiques ou acoustiques,



téléphones, télégraphes, radiophones, etc. elle fait tout fonctionner, elle se plie à toutes les utilisations. Et que faut-il pour cela? Une simple pile, une sonnette d'une construction primitive, un bouton d'appel et quelques mètres de fil; voilà de quoi correspondre! Vous faut-il mieux encore? Le télégraphe vous permet d'écrire de votre écriture même, le téléphone de parler de votre propre voix à n'importe quelle distance et de recevoir au même instant la réponse à votre message. Voyez les prodiges de l'électricité: si le son pouvait se transmettre directement de Paris à Bordeaux, par exemple, le bruit d'un coup de canon tiré du haut de la tour Eiffel n'arriverait qu'une demi-heure après aux bords de la Garonne; mais par le téléphone, la voix riieuse et douce d'une jeune fille vole à votre oreille en moins d'une dixième de seconde!

Ce n'est pas tout. Toujours avec des piles, — un peu plus fortes, cette fois — il vous est possible de recouvrir d'un enduit de métal protecteur des clefs, des couverts, des objets d'art, des bestioles aux formes étranges, des fleurs même et des étoffes; vous pouvez encore faire des clichés pour l'impression, reproduire des bijoux, des statuettes, des motifs ornementaux, etc.

Et la lumière, cette lumière si douce et si dorée, si commode, si propre, si peu chaude des lampes à incandescence, celle plus éclatante mais aussi plus blafarde des lampes à arc, c'est encore l'électricité qui la donne, non plus cette fois avec des piles, sinon indirectement, mais plutôt avec des dynamos; si, par bonheur, vous disposez d'une chute d'eau ou d'un moulin à vent, vous pouvez vous éclairer luxueusement à meilleur compte qu'avec le pétrole même, cet éclairage pourtant si économique et si commode.

Bien plus encore! vous pouvez vous chauffer et faire votre cuisine à l'électricité; un tout petit écran portatif qu'un cordon souple joint à une prise de courant, c'est votre foyer, propre, sans danger, d'une commodité incomparable... mais coûtant un peu cher, s'il n'est pas possible d'utiliser une force mécanique naturelle.

Cette chaleur électrique est encore employée au travail des métaux et des minerais; mais ce sont là des applications exigeant ordinairement de fort grosses machines, qui coûtent très cher, et des connaissances toutes spéciales; aussi nous n'en parlerions pas si la chaleur électrique ne pouvait être utilisée avec avantage dans la petite mécanique, l'horlogerie, la bijouterie, l'orfèvre-



vie et même la fine serrurerie et la coutellerie sol-
gnée; pour une dépense réellement bien minime,
on peut avoir une source puissante de chaleur
qui ne chauffe qu'où l'on veut, comme on veut,
tant qu'on veut et quand on veut.

Enfin, grâce à cette fée bienfaisante du XIX^e
siècle, on peut espérer que, d'ici quelques années,
toutes les machines à coudre, ventilateurs, tours
d'amateurs ou de précision, appareils agricoles,
ascenseurs, machines outils, et même voitures
sans chevaux ne marcheront qu'au moteur élec-
trique.

C'est trop beau, dira-t-on; il est impossible que
l'électricité fasse tant de choses! — Eh! bon
Dieu! je n'ai pas parlé de la moitié de ce qu'elle
peut accomplir; je n'ai pas dit qu'elle pouvait
guérir bien des maladies, faire de la photographie
sans lumière, faire pousser les plantes, fortifier
les muscles, propulser les navires, creuser des
mines, diriger les ballons, etc., etc.

Mais lisez plutôt ce qui suit; vous aurez une
petite idée des miracles de l'électricité!

CHAPITRE II

Les piles. — Piles Leclanché. — Piles à la mēlasine. — Piles Calland. — Piles Bunsen. — Piles au bi-chromate. — Piles rationnelles.

Deux corps, dont l'un soluble et l'autre pas, un dissolvant, et c'est toute votre pile ; ajoutez encore un vase isolant pour contenir le tout et ayez soin de choisir votre liquide dissolvant et les deux *électrodes* qui y plongent, parmi de bons conducteurs de l'électricité.

Vous prenez, par exemple, pour l'électrode qui formera le pôle positif, une lame de cuivre ; pour l'électrode négative, une lame de zinc ; pour dissolvant, de l'eau salée ou vinaigrée dans laquelle plongeront, sans se toucher, le cuivre et le zinc ; et vous mettez le tout dans un gobelet en verre ou dans une tasse en terre vernissée ; vous avez ainsi un élément de pile, et, en réunissant par



un fil métallique le cuivre et le zinc, vous pouvez constater, au moyen d'une boussole, que ce fil est traversé par un courant (fig. 2), qui se dirige, extérieurement à la pile, du pôle positif (cuivre, non attaqué) au pôle négatif (zinc, dissous); naturellement, dans le liquide dissolvant,



Fig. 2. — La pile électrique.

le courant va du zinc au cuivre, afin que le *circuit* soit complet et que le flux d'électricité revienne à sa source après avoir parcouru un cercle plus ou moins parfait, au point de vue de la forme géométrique.

Mais un seul élément ne donne pas un courant bien fort ni, par conséquent, capable de rendre beaucoup de services; supposons que nous for-

mions une pile de douze éléments semblables ; nous aurons alors un courant douze fois plus puissant et qui pourra se plier à des usages multiples, surtout si nous savons grouper les éléments entre eux.

En effet, les propriétés de la pile varient dans des proportions considérables suivant le groupement de ses éléments.

Si nous réunissons les douze dont nous disposons comme l'indique la fig. 3, de façon que le zinc de chaque élément soit rattaché au cuivre de l'élément suivant et qu'ainsi, à l'un des bouts de la *pile*, il existe un zinc libre, et un cuivre à l'autre bout, nous aurons réalisé le groupement *en tension* ou *en série*, par lequel nous obtenons un courant d'une tension douze fois plus grande qu'avec un élément, l'intensité restant la même. Par exemple, si chaque élément nous donne un volt et un ampère, le groupement de douze éléments en série, nous donnera un courant de douze volts par un ampère = douze watts.

Si, au contraire, nous groupons nos douze éléments *en quantité* ou *en surface*, en réunissant tous les zincs ensemble et tous les cuivres ensemble, de façon que notre pile semble se présenter *de front*, ainsi que l'indique la fig. 4, nous au-

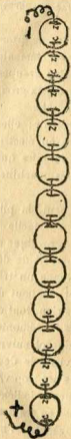


Fig. 3. — Groupement d'une pile en tension.

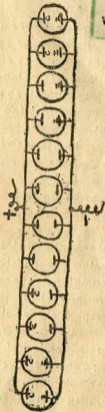


Fig. 4. — Groupement d'une pile en quantité.



rons un courant de un volt par douze ampères, soit douze watts.

On pourra combiner ces deux modes de groupement et mettre, par exemple, trois éléments en surface et réunir en série les quatre groupes ainsi formés; ou bien faire une série de six groupes de deux éléments en surface, etc., etc.

Ces données sont très utiles à retenir; elles trouvent leur application journalière en électricité, aussi bien pour toutes sortes de piles que pour les lampes, les résistances, les machines dynamos, etc.

Nous avons étudié, un peu plus haut, la pile la plus simple théoriquement et la plus facile à construire; mais cette pile n'est pas pratique et ne peut servir que de jouet ou d'appareil de démonstration. Tout d'abord, elle donne un très fort courant, puis elle se ralentit et, au bout de peu d'instant, elle ne produit plus rien, tout en continuant à s'user; il faut alors la démonter entièrement, la nettoyer à fond (zinc et cuivre) et la remonter à neuf. Cela provient de deux causes: d'abord, le zinc ordinaire s'use trop vite et sans régularité; puis, sous l'influence de l'électricité, l'eau de la pile se décompose en ses deux gaz constitutifs (oxygène et hydrogène) et l'hy-



drogène se rend au pôle positif (cathode) qu'il couvre d'une *gaine* de petites bulles du circuit et empêchent, par conséquent, l'électricité de passer ; on dit alors que la pile est *polarisée*.

Pour remédier au premier de ces inconvénients, on a imaginé d'amalgamer le zinc, c'est-à-dire de le combiner avec du mercure, ce qui rend son usure beaucoup plus lente et plus régulière, ce qui permet de le laisser dans le liquide dissolvant, même quand la pile ne travaille pas, sans crainte de le voir s'user en pure perte.

Contre la polarisation, le grand savant français, Antoine Becquerel, a trouvé un dispositif aussi simple qu'efficace. Il sépare sa pile en deux par une cloison poreuse, à travers laquelle communiquent, sans se mélanger, les deux liquides qu'il emploie au lieu du liquide unique dont se servait Volta ; l'un de ces liquides, celui où plonge le zinc, est généralement de l'eau acidulée ; l'autre, où plonge le cuivre, est une dissolution d'un corps quelconque très riche en oxygène, de façon à ce que cet oxygène se combine à l'hydrogène qui vient se déposer sur l'électrode positive et qu'ainsi les deux gaz forment de l'eau, tout en laissant libre de sa gaine isolante la dite élec-

trode positive. Pendant longtemps on employa, comme liquide dépolarisant, une solution concentrée de sulfate de cuivre (couperose bleue) et l'on remplaça la cloison poreuse en baudruche par un vase en terre de pipe ; c'est en cette forme que l'invention de Becquerel devint célèbre sous le nom du physicien anglais Daniell.

Une autre modification de détail a fait remplacer le cuivre du pôle positif par du charbon de cornue, qui ne s'use pas du tout et coûte bien moins cher que le cuivre.

Aujourd'hui, il existe une quantité incalculable de liquides dépolarisants et de modèles de piles.

Un des dispositifs les plus ingénieux et qui a obtenu un succès colossal bien mérité, est celui imaginé par Leclanché. Cet habile électricien réussit à supprimer le liquide dépolarisant qui augmente l'ennui des manipulations. Il constitua son électrode positive par une lame de charbon entourée d'un mélange de peroxyde de manganèse et de charbon en grains, le tout renfermé dans un vase poreux. C'est ce mélange qui sert de dépolarisant. Le zinc est ordinairement un crayon de dix millimètres de diamètre, bien amalgamé, et la solution dans laquelle baignent les



deux électrodes est contenue dans un vase en verre muni d'un bec dans lequel le zinc trouve sa place (fig. 5).

Pour opérer le montage de la pile (1), on place



Fig. 5. — Pile Leclanché à vase poreux.

le vase poreux au centre du vase en verre; on met ensuite dans ce dernier, et tout autour du vase poreux, du sel ammoniac (chlorhydrate d'ammoniac) en quantité nécessaire pour saturer l'eau qui doit s'élever jusqu'aux trois quarts du

(1) Pour plus de détails, voir *ELECTRICITÉ*, 2^e partie, même collection.

vase poreux ; puis, cette eau versée, on place le crayon de zinc à l'endroit du bec ménagé dans le vase en verre.

On réunit le zinc de chaque élément au moyen du fil de cuivre étamé qui le termine, à la borne du pôle positif de l'élément suivant, et l'on serre fortement cette borne. A chaque extrémité de la batterie, restent libres un pôle positif et un pôle négatif prêts à recevoir les fils isolés conduisant le courant aux appareils.

Pour assurer le bon fonctionnement de cette pile, il faut avoir soin d'observer les prescriptions suivantes :

1° N'employer que du sel ammoniac absolument pur, exempt de métaux surtout de plomb ;

2° Placer les éléments dans un endroit sec et de température moyenne ; éviter surtout qu'ils reposent sur des surfaces humides et que les vases se touchent entre eux ;

3° Veiller à ce que les contacts soient propres et les conducteurs bien isolés ;

4° Quand, par suite de l'évaporation, le liquide vient à baisser, on doit ajouter de l'eau, de façon à ramener le niveau jusqu'aux trois quarts de la hauteur du verre ;

5° Lorsque le liquide, de limpide qu'il était,



devient laiteux ou opalin, c'est un indice qu'il manque de sel ammoniac et qu'il faut en mettre ;

6° Gratter les cristaux qui se déposent parfois sur les zincs.

Quelquefois, on remplace le sel ammoniac par du sel de cuisine. Ce n'est pas une économie, car la pile fonctionne moins régulièrement et le courant est un peu moins intense ; d'ailleurs, la différence de prix entre les deux sels est bien peu de chose.

Grâce aux précautions détaillées plus haut, on a des piles pouvant fonctionner six mois sans être rechargées de sel ammoniac ; le zinc s'use très modérément, de même que le vase poreux, et il n'est pas rare de les voir durer deux ans ou même plus. En moyenne, si la pile est placée dans une boîte fermée, on peut compter qu'il faut remettre de l'eau tous les trois mois, du sel tous les six mois, remplacer le zinc tous les ans et les vases poreux tous les deux ans.

Mais la pile Leclanché ne donne qu'un courant assez faible et qui ne peut être employé que par intermittence, parce que la dépolarisation ne s'effectue que peu à peu dans ce système ; une pile qui a travaillé par exemple une demi-heure

sans arrêt est très affaiblie, et a besoin de se reposer au moins une heure. Ce système ne peut donc s'appliquer avec avantage qu'aux sonneries, à la téléphonie ou à la télégraphie, qui n'exigent qu'un travail momentané et coupé de longs repos. Dans ces conditions, la pile Leclanché est vraiment supérieure; aussi, depuis qu'elle est tombée dans le domaine public, tous les constructeurs en ont fait, ce qui permet au public d'avoir ce remarquable appareil à bien meilleur marché; malheureusement, tous les constructeurs ne sont pas consciencieux et bien des piles système Leclanché, qu'on achète à cause de leur bas prix, coûtent en réalité plus cher que les vraies Leclanché, parce qu'elles ne donnent presque rien et sont rapidement usées; il faut savoir les choisir.

Du reste, de nombreux perfectionnements ont été apportés à cette pile, parmi lesquels nous tenons à signaler surtout celui qui a donné naissance au type Leclanché-Barbier. Le pôle positif de l'élément Leclanché-Barbier consiste en un cylindre creux aggloméré, composé de charbon et de peroxyde de manganèse; c'est donc la suppression du vase poreux, d'où dépolarisation bien plus rapide et courant notablement plus



puissant ; ce cylindre est muni d'une tête métallique portant une borne de serrage —. Le zinc occupe la partie centrale du cylindre dépolarisant, de sorte que tous les points de sa masse sont également soumis au travail électrique ; il en résulte une meilleure utilisation de la matière et un meilleur rendement.



Fig. 3. — Pile Leclanché-Barbier à aggloméré cylindrique.

Les précautions à prendre pour ce type sont les mêmes que pour le modèle à vase poreux ; toutefois, la maison Leclanché recommande l'emploi d'un sel de sa composition, préférable-

ment au sel ammoniac, et, de plus, le remplacement de l'eau évaporée est presque insignifiant, car, grâce à la forme adoptée (fig. 6), l'évaporation est réduite au minimum. Le montage est toujours le même.

Mais l'ingéniosité des constructeurs ne s'est pas arrêtée là. En effet, la présence d'un liquide constitue, dans bien des cas, une cause de gêne sérieuse; si bien bouché que soit le vase extérieur, on ne peut songer à transporter une pile à liquide. On a donc construit des piles dans lesquelles le liquide était immobilisé au moyen d'un absorbant jouant un peu le rôle d'une éponge; ce sont les *piles humides* que certaines personnes appellent improprement piles sèches. L'une des meilleures est la pile à la *Mélasine*.

La *Mélasine* est une matière complexe inventée par le capitaine L. de Place, professeur de sciences appliquées à l'école de cavalerie de Saumur, dans le but d'assurer l'étanchéité dans les transports et la conservation en magasin des piles du genre Leclanché de dispositif quelconque.

Tout ce qui a été tenté pour immobiliser le liquide à l'aide de pâtes ou d'absorbants n'a produit jusqu'à ce jour que des résultats fort peu



satisfaisants au point de vue de la conservation des piles en magasin. En effet, le plus souvent après quelques mois, ces piles, par suite de l'oxydation du zinc, de l'assèchement de l'absorbant ou d'usures locales, deviennent impropres à tout service. L'application de la *Mélasine* ne procure aucun de ces inconvénients et satisfait aux conditions de propreté, d'étanchéité, de facilité d'emploi, de recharge facile et de conservation qui feront que cette application sera universellement adoptée.

La *Mélasine* est pâteuse, de couleur noire. Elle est composée de 21 0/0 de chlorhydrate d'ammoniaque, 64 0/0 d'eau et 15 0/0 d'absorbant neutre au point de vue électro-chimique. On voit que, par rapport à l'eau, le principe exciteur y entre pour un tiers, soit le double de la quantité que peut absorber l'eau dans les piles du genre Leclanché à liquide libre.

La *Mélasine* possède les qualités suivantes :

Elle évite les sels grimpants, elle est impu-
trésible, elle maintient les zincs en parfait état
de propreté et d'usure régulière ; sa résistance
électrique est très-faible ; elle ne laisse pas éva-
porer le liquide qu'elle contient, et l'élément sim-
plement fermé par un bouchon de liège se main-

tient humide pendant plusieurs années. En raison de ces qualités, l'emploi de la *Mélasine* dans les piles du genre Leclanché présente les avantages suivants :

Les rhéophores (1) de la pile sont toujours en parfait état de propreté ; la résistance intérieure étant très faible permet d'atteindre d'assez fortes intensités sous des volumes très réduits, le montage et le dispositif de l'élément sont des plus simples. L'élément n'a aucune usure locale à circuit ouvert ; il existe en effet des batteries d'expérience dont, pendant dix-huit mois, la force électro-motrice et la résistance intérieure n'ont pas changé. Les éléments à la *Mélasine* ne subissent donc aucune altération à circuit ouvert dans un délai minimum de dix-huit mois.

Les vases extérieurs sont de forme cubique (fig. 7) ; de la sorte, dans le montage en batterie, il n'existe pas d'espaces inutilisés.

Ces vases sont en verre quand les piles sont destinées à des postes fixes, ou en bois de chêne paraffiné et garni intérieurement d'un enduit iso-

(1) On appelle ainsi les fils dans lesquels passe le courant, ou, plus spécialement, ceux qui sont attachés aux électrodes pour servir de prise de courant.

lant quand elles doivent être appliquées à un service ambulant.

Les réophores des charbons sont constitués d'une tige filetée, en maillechort, prise dans la masse du charbon à la fabrication, et sur laquelle se visse un écrou de serrage. Les charbons sont en outre bouillis dans la paraffine ; ils ne subis-



Fig. 7. — Pile humide à la mélasine.

sent de la sorte aucune altération et les tiges en maillechort ne se détériorent jamais. Le dépolarisant est bourré fortement dans un sac de toile perméable afin d'assurer sa parfaite intimité avec le charbon et d'y entrer en quantité aussi grande que possible dans le volume donné. Le bouchon de fermeture est en liège paraffiné, fa-

onné à la demande de la forme intérieure du vase. Il est traversé par le charbon et le rhéophore du zinc qui est constitué d'un fil de cuivre étamé pour les petits éléments ou d'une tige à écrou pour les moyens et les grands éléments.

Somme toute, c'est là une excellente pile qui peut rendre de grands services, pourvu qu'on



Fig. 8. — Pile Callaud.

ne la brutalise pas et qu'on l'utilise aux travaux pour quoi elle est faite.

Pour certains travaux, comme la galvanoplastie, la charge des accumulateurs, etc., on ne pourrait employer les piles du genre Leclanché, qui ne se dépolarisent pas facilement et qui ne donnent qu'un courant peu intense. On a tout avantage à recourir alors aux piles du genre Da-



ULTIMHEAT[®]

VIRTUAL MUSEUM

niell, ou plutôt Becquerel, au sulfate de cuivre, ce sont les plus constantes et, après les Leclanché, les plus économiques.

La pile Callaud est tout particulièrement recommandable, parce que son débit est très considérable et aussi parce qu'elle n'emploie pas de vase poreux. La fig. 8 montre, en effet, que les deux liquides y sont simplement superposés; la solution de sulfate de cuivre, grâce à sa grande densité, occupe la partie inférieure du vase, dont le haut est rempli d'eau acidulée d'acide sulfurique, où plonge un cylindre de zinc Z suspendu aux bords du vase par des crochets convenablement espacés. Le cuivre C se trouve au fond, sous une couche de cristaux de sulfate de cuivre, et il communique avec l'extérieur par un fil de cuivre entouré d'une gaine isolante en gutta-percha. Non-seulement la pile Callaud est d'une manipulation très simple, mais elle procure une notable économie de sulfate de cuivre et peut fournir pendant deux mois des courants très constants, sans autres soins que d'ajouter un peu d'eau pour remplacer celle qui se perd par évaporation.

La pile dite de Bunsen, et ainsi appelée du nom d'un Allemand sans doute parce qu'elle a

été inventée par un Français, Archereau (de même que la pile dite de Daniell a été inventée par Becquerel), se compose de quatre pièces pouvant se placer les unes dans les autres : 1° un bocal de grès ou de verre, contenant une dissolution de dix parties (en volume) d'eau pour une d'acide sulfurique concentré ; 2° un cylindre creux de zinc amalgamé ouvert aux deux bouts et fendu dans toute sa longueur ; 3° un vase poreux, en terre de pipe peu cuite, et dans lequel on met de l'acide azotique ordinaire ; 4° une plaque de charbon de cornue ou plutôt de charbon aggloméré spécialement pour cet usage (Fig. 9).

La manipulation de la pile Bunsen est longue, pénible, et demande à être faite avec soin, si l'on veut obtenir de la pile tout son effet. On doit d'abord faire le mélange d'eau et d'acide sulfurique d'avance et dans un seul vase, afin d'avoir exactement le même degré de concentration dans tous les couples. Ceux-ci doivent être rangés les uns à la suite des autres sur une table ou un plancher bien sec, et sans se toucher. On verse ensuite, avec un entonnoir, l'acide azotique dans les vases poreux jusqu'à deux centimètres du bord (le charbon étant déjà à sa place) ; tout



de suite après, pour éviter que l'acide azotique **UETIMHEAT**® ne traverse les vases poreux, on verse de **VIRTUAL MUSEUM** même manière, l'eau acidulée dans les vases

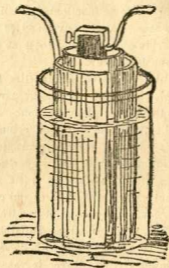


Fig. 9. — Pile Bunsen.

extérieurs, en ayant bien soin de ne pas mouiller les têtes des zincs ni celles des charbons, ce qui oxyderait les pièces métalliques et compromettrait la sécurité des contacts qu'on aura

préalablement frottés intérieurement avec du papier de verre pour les décaper. Par-dessus tout, on veillera à ce que les zincs restent bien amalgamés et, dès qu'ils font entendre un sifflement quand la pile ne fonctionne pas, il faut les sortir et les amalgamer à nouveau en les frottant, sous l'eau acidulée, avec une brosse en fil de fer trempée dans du mercure (1).

La pile, ainsi préparée, est inactive tant que la communication n'est pas établie par un conducteur entre le zinc et le charbon; mais, dès qu'elle a lieu, l'action chimique commence et l'électricité se dégage, grâce aux réactions dues à l'acide azotique, qui est un dépolarisant énergique; la surface du charbon reste toujours parfaitement nette, et c'est là ce qui contribue surtout à conserver au courant une très grande intensité. Mais d'autres causes d'affaiblissement subsistent encore, ce qui oblige à changer souvent les liquides et à nettoyer le vase poreux; de plus, la formation, sous l'influence du courant, de vapeurs d'acide hypoazotique rend l'emploi de cette pile très incommode et même dangereux. Malgré ces inconvénients, pour les travaux qui

(1) Voir ÉLECTRICITÉ, 2^e partie, même collection.

ne doivent pas se prolonger au delà de trois ou quatre heures, la pile Bunsen est encore préférable à toutes autres; c'est la plus puissante et celle dont l'usage est le plus répandu, malgré son prix assez élevé et l'importance de l'entretien qu'elle exige.



Fig. 10. — Pile bouteille.

Pour remplacer la pile Bunsen, on emploie pour les usages de peu de durée la pile au bichromate dont le type le meilleur est la pile bouteille, fig. 10.

Cette pile inventée par Grenet est d'une éner-



89,38 de zinc. Ces dragées sont obtenues par un procédé tout particulier, d'une grande ingéniosité, mais malheureusement trop long à décrire pour pouvoir trouver place ici. Elles ont l'avantage de présenter jusqu'au bout la même composition et de s'user avec une régularité parfaite, ce qui donne un courant très constant et procure une notable économie de zinc.

Le support — le panier, comme l'appelle M. Bassée — est, avons-nous dit, en cuivre rouge amalgamé. La figure 11 donne l'aspect du modèle adopté pour les piles au bi-chromate dans lesquelles le zinc est à l'intérieur du vase poreux.

La partie supérieure P A est en porcelaine émaillée et la collerette P sert à faire porter tout le système sur les bords du vase poreux ; en A, s'accroche le tube en cuivre A C, dont la partie médiane A B est percée de trous nombreux ; à l'intérieur du tube A C, en B, est rivée une calotte sphérique qui se prolonge à l'extérieur par un tube E E ; c'est dans la partie A B qu'on jette une vingtaine de dragées de zinc, par l'ouverture du manchon P A ; une lame, soudée en haut du tube E, sert de prise de courant.

Voici ce qui se passe quand le circuit est fermé :
Les dragées, attaquées par l'eau acidulée,



pas attaqués, n'ont donc jamais besoin d'être remplacés.

Une batterie de 6 éléments suffit dans bien des cas, l'intensité des lampes actionnées par cette batterie est de 4 bougies. On peut éclairer plu-

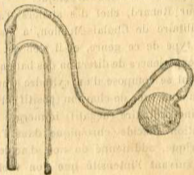


Fig. 11. — Siphon Radiguet.

sieurs lampes à la condition qu'une seule fonctionne à la fois.

Monsieur Radiguet a également combiné pour la manipulation de ses piles et de tous les liquides, un siphon s'amorçant et se désamorçant en soufflant à l'aide d'une poire en caoutchouc

qu'on presse à la main. Pour l'entretien de ces piles, on change l'eau acidulée des vases poreux toutes les 10 heures d'éclairage, le dépolarisant dure au moins cinq fois autant.

On a également imaginé avec succès de remplacer le bichromate de potasse ou de soude par son principe actif: l'acide chromique.

Monsieur Renard, chef des ateliers d'aérotation militaire de Chalais-Meudon, a établi le meilleur type de ce genre, et il s'en est servi pour ses expériences de direction des ballons.

L'élément se compose d'un cylindre d'argent platiné ou d'un tube de charbon (positif) et d'un crayon zinc ordinaire (négatif) immergés dans une solution d'acide chromique dans l'acide chlorhydrique, additionné ou non d'acide sulfurique, suivant l'intensité que l'on veut obtenir.

Il faut 15 litres de liquide chloro-chromique pour obtenir un cheval-heure (736 watts), et on arrive au poids total de 24 kil. tout compris, pour développer cette quantité d'énergie.

Il n'existe pas actuellement de pile plus légère; malheureusement, le prix de revient de l'électricité est réellement hors de prix, ce qui limite forcément ses applications. Cependant, la



pile Renard, munie d'un dispositif pneumatique est employée comme générateur de courant un modèle de lampe électrique portative.

Mais, c'est là un éclairage absolument de luxe, la lumière (20 bougies environ) revenant à peu près à 0,50 centimes de l'heure.

CHAPITRE III

Les machines dynamos. — Dynamos à courant continu; systèmes Gramme et Rechiniewski. — Dynamos à courant alternatif; systèmes Siemens et Ferranti. — Dynamos Lemaître. — Installation des dynamos.

Nous avons dit que, lorsque devant les pôles d'un aimant, se déplace un circuit métallique, il s'y développe un courant dont le sens dépend : du signe des pôles en regard, de la position du circuit par rapport aux pôles et du sens du mouvement de ce circuit; la valeur du courant est d'autant plus grande que l'aimant est plus rapproché du circuit, que son aimantation est plus forte, que la masse de fil influencé en un temps donné est plus considérable.

Voilà bien des éléments différents pour un seul problème à résoudre; aussi, il n'est peut-être



pas au monde un sujet qui ait davantage exercé la sagacité des inventeurs, et les systèmes dynamos sont presque aussi nombreux que les jours écoulés depuis la découverte, par Ampère, du principe ci-dessus. Dans la quantité, une douzaine, au plus, sont vraiment bonnes; il y en a bien cent d'assez bonnes ou médiocres; le reste ne vaut pas grand'chose.

Les premières machines consistaient en une bobine de fil de cuivre isolé tournant rapidement devant les pôles d'un ou de plusieurs aimants; pour obtenir des effets plus intenses, on augmenta le nombre des bobines; dans tous les cas, les extrémités de chaque bobine étaient réunies à une pièce spéciale, fixée sur l'axe du système tournant et appelée le *collecteur*, sur quoi frottaient deux *balais* de fil de cuivre, destinés à recueillir le courant. Ces premières machines, dites *magnéto-électriques*, eurent peu de succès, parce que les aimants — qui coûtaient d'ailleurs fort cher à établir — ne produisaient pas un champ magnétique assez intense pour utiliser convenablement la force mécanique employée à faire tourner la machine.

On les remplaça bientôt par les machines dynamo-électriques, dans lesquelles on substitua à

l'aimant des électro-aimants d'une grande puissance. Personne n'ignore qu'un électro-aimant consiste en un morceau de fer (le noyau) entouré d'une bobine dans laquelle circule un courant dont l'effet est d'aimanter le noyau. En règle générale, le fer doux ne conserve pas son aimantation ; toutefois, il en reste assez dans les noyaux des dynamos pour donner naissance, dans la bobine induite, à un très faible courant, lorsque la machine commence à tourner ; ce courant parcourt la bobine de l'électro-aimant inducteur, dont le champ magnétique s'accroît peu à peu, ce qui augmente le courant induit, et ainsi de suite, jusqu'à la limite d'aimantation du noyau.

On peut comprendre, d'après ce qui précède, que le bobinage d'une dynamo comprend deux parties : 1^o la bobine induite, plus ou moins complexe, et presque toujours mobile ; 2^o les bobines de l'électro-aimant (dont les pôles agissent sur l'induit), presque toujours fixes. Ces deux parties ne forment, en somme, qu'une seule et même bobine, dont une portion tourne, tandis que l'autre, reliée à la première par le collecteur, ne bouge pas. Par la pratique, on a été amené à disposer de différentes façons les connexions de ces bobines inductrice et induite.



Dans l'enroulement dit *en série*, les bobines de l'électro-aimant inducteur sont intercalées dans le circuit, de telle sorte que le courant, qui part de l'induit I, passe d'abord dans le collecteur C, puis dans l'inducteur R, puis dans le circuit extérieur X et revient enfin au collecteur

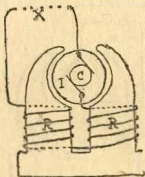


Fig. 12. — Dynamo-série.

(fig. 12). Il n'y a donc qu'un seul circuit. Cette disposition est avantageuse pour les dynamos devant servir de moteurs et pour l'éclairage par lampes à arc.

Pour la charge des accumulateurs, on préfère exciter l'induction *en dérivation*, c'est-à-dire

prendre, comme le montre la fig. 13, une partie du courant principal et lui faire traverser les bobines de l'électro-aimant, qui doivent être en fil long et fin.

Enfin, les dynamos destinées à l'éclairage par lampes à incandescence sont excitées le plus sou-

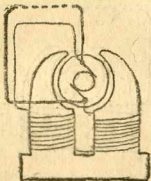


Fig. 13. — Dynamo-Shunt ou en dérivation.

vent *en compound*; leur enroulement est mixte et le circuit inducteur se compose : d'un bobinage de gros fil en série; et d'un bobinage de fil fin en dérivation (fig. 14).

Ces différents enroulements ont pour objet de



régulariser le débit de la dynamo, en fonction du travail qu'on leur demande.

Il existe encore beaucoup d'autres modes d'enroulement qui ne sont que des modifications ou des combinaisons de ces trois types, ou en-

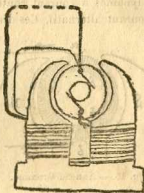


Fig. 14. — Dynamo-Compound ou mixte.

core qui résultent de l'emploi de fils plus ou moins gros et longs. Les bobinages en fils gros et courts donnent plus d'ampères, et les bobinages en fils fins et longs plus de volts; chaque système correspond donc à la production d'un travail particulier et d'une façon générale, on ne peut prendre indifféremment une même dynamo

pour la galvanoplastie, par exemple, qui exige un courant de grande intensité, et pour l'éclairage à incandescence, qui demande une tension assez considérable.

Les dynamos se divisent en deux grandes classes : les dynamos à courant continu et les dynamos à courant alternatif. Ces deux classes



Fig. 15. — Anneau Gramme.

se subdivisent elles-mêmes en deux autres catégories principales caractérisées par la présence ou l'absence d'un noyau de fer dans l'induit ; nous ne parlerons pas de cette subdivision pratiquement peu intéressante, attendu que presque toutes les machines actuelles ont un induit à noyau ; on a reconnu, en effet, que la présence du noyau permet de mieux utiliser le champ magnétique.



ULTIMHEAT[®]
VIRTUAL MUSEUM

Le type des machines à courant continu est la machine Gramme, caractérisée par un induit enroulé en forme d'anneau autour d'un noyau circulaire en fil de fer doux ; la figure 15 donne la forme théorique de cet anneau, et la figure 16 représente le dernier modèle adopté ; c'est ce qu'on appelle le *type supérieur*, parce que l'in-

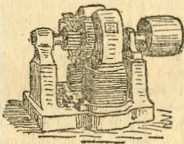


Fig. 16. — Dynamo Gramme, type *supérieur*.

duit y est placé à la partie supérieure de la machine ; c'est la forme aujourd'hui la plus répandue. Pour plus de clarté, nous n'avons pas représenté le collecteur sur la fig. 15 et nous avons supposé que le courant était pris directement sur la bobine, en *a* et *b* ; en réalité, chacune des soixante ou quatre-vingt petites bobines qui

pour la galvanisation
un courant d'acier
rage à inc
assez co

Les
clar
d

Gramme est soudée à ses
le temps qu'à l'un des con-
tourne avec l'anneau, de
eurs, qui sont fixes, sont
on avec celles des bo-
b; et, comme chacune
recueille le courant de toute une
de l'anneau — puisqu'elle est soudée à
toutes les autres bobines — on voit que les deux
balais sont en communication constante avec
toutes les bobines, par l'intermédiaire des diffé-
rents contacts du collecteur qui se présentent
successivement aux dits balais. On voit égale-
ment que le courant doit être continu, puisque
tous les courants partiels qui se développent en
regard du pôle négatif (S), sont de même sens
que le mouvement de rotation, tandis que tous
ceux qui prennent naissance en face du pôle po-
sitif (N) sont de sens opposé, c'est-à-dire s'ajou-
tent encore les uns aux autres, comme dans le
cas précédent.

La machine Gramme, sous ses différents mo-
dèles (1), a rendu des services immenses; pen-

(1) Voir dans la 2^e partie, même collection, les élé-
ments des différentes machines Gramme, Rehniewski,
Ferranti, etc.



dant longtemps elle a été la meilleure de toutes et, aujourd'hui encore, elle peut rivaliser avec les plus parfaites productions des constructeurs étrangers, surtout pour les petites installations de lumière, de transport de force, ou de galvanoplastie. C'est, en grande partie, aux efforts de M. Gramme que nous sommes redevables d'avoir vu l'électricité entrer franchement dans le domaine de la pratique industrielle; et, il y a six ans, nous n'aurions pas pu recommander d'autre machine que la sienne.

Aujourd'hui, il en existe une plus parfaite encore, également construite en France; c'est celle de M. Rehniewski qui, à poids égal, est trois fois plus puissante ou, à puissance égale, pèse trois fois moins, et qui peut s'appliquer avec un succès semblable à l'éclairage à arc ou à incandescence, à la galvanoplastie et à la transmission de la force, surtout à la traction des tramways ou voitures automobiles. Toutefois, pour une installation importante, nous préférons encore les grosses machines Gramme à galvanoplastie.

Les dynamos Rehniewski sont une heureuse combinaison, très perfectionnée, de la machine Pacinotti (l'une des premières inventées), de la machine Gramme et de la machine Edison. Avant

Rechniewski, Brush et Méritens avaient repris les anneaux Pacinotti, mais ils n'en avaient pas tiré un parti très avantageux. Rechniewski fut plus heureux, et son principal mérite fut d'avoir substitué, aux grosses masses de fonte de l'inducteur et de l'induit, des assemblages, de minces feuilles de tôle découpées au profil de la pièce à construire; ces tôles sont isolées les unes des autres par des feuilles de papier, puis solidement boulonnées afin de former un tout compact sur lequel on enroule le fil comme à l'ordinaire. Edison avait déjà employé cette disposition, mais seulement pour son induit.

A part ces feuillets de tôle, l'inducteur Rechniewski ne présente rien de particulier. L'induit est également formé de feuilles de tôle échan-crées, au pourtour, de nombreuses dents entre lesquelles sont rangées les différentes bobines de fil de cuivre qui sont soudées au collecteur et entre elles à peu près comme le montre la fig. 17 qui donne, en bout, le diagramme théorique du bobinage adopté par Edison. L'ensemble de cet induit, qui fonctionne exactement comme l'anneau Gramme, se présente donc, non plus sous forme d'un anneau, comme l'induit étudié plus haut, mais bien sous celle d'un cylindre

plein, d'une sorte de tambour, bobiné longueur et non suivant la circonférence de sa base. Il résulte de cette disposition : 1^o Que le fil induit est complètement à l'abri entre les dents du noyau ; 2^o Que le fer de l'induit n'est séparé

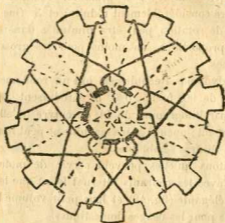


Fig. 17. — Induit denté Rechaiewski.

du fer de l'inducteur que par l'espace strictement nécessaire pour permettre la rotation (un ou deux millimètres au lieu de cinq ou six centimètres), ce qui donne une utilisation bien supérieure du champ magnétique et permet, par suite, de ré-

duire en de très fortes proportions la quantité de fil employé; 3° Qu'on n'a plus à craindre ni courants parasites dans les noyaux, ni échauffement des pièces polaires, ce qui laisse à l'aimantation toute sa puissance; 4° Que la quantité d'électricité employée à aimanter l'inducteur peut être considérablement réduite; et 5° Que la vitesse de rotation peut être diminuée dans de fortes proportions, au moins pour les grosses machines.

Les dynamos Rechniewski ont un rendement *moyen* de 90 à 95 0/0 et produisent 300 watts par kilogramme du fil de cuivre qu'elles contiennent; aucune autre machine ne peut fournir des chiffres semblables.

Ajoutons qu'elles peuvent servir de moteur même avec les courants alternatifs, et que leur forme élégante (fig. 48) et leur petit volume les désigne pour les usages domestiques.

Les machines à courant alternatif sont celles dont le courant change de sens périodiquement et avec une rapidité assez grande pour que l'on ne s'aperçoive d'aucune interruption dans les effets produits. L'avantage de ces machines est qu'elles fournissent facilement un courant de haute tension, ce qui est économique pour les



distributions de lumière et ce qui permet
des transformateurs.

Il existe de nombreuses dynamos à courant alternatif, en France comme ailleurs; toutefois, comme ces appareils sont destinés surtout à la grosse industrie, nous choisirons, comme types plus faciles à expliquer, la dynamo allemande Siemens et la dynamo anglaise Ferranti (qui se construit aussi en France).



Fig. 18. — Dynamo Rechiniewski, type *supérieur*.

La machine Siemens se compose d'une couronne mobile de bobines induites, tournant entre deux couronnes fixes de bobines semblables qui sont inductrices. Ces bobines fixes, qui sont de

simples électro-aimants à noyaux de fer, se trouvent disposées de telle sorte que leurs pôles libres soient opposés les uns aux autres; les pôles successifs de chaque couronne sont alternativement N et S; et un pôle N sur une des couronnes est opposé à un pôle S sur l'autre couronne.

Les électro-aimants de l'induit, en même nombre que ceux d'une couronne de l'induction, ont leurs axes parallèles à l'axe de rotation; ils doivent être, bien entendu, reliés de telle sorte que leurs actions respectives ne soient pas en opposition mutuelle.

Mais, comme les courants produits sont alternatifs, il n'est pas possible de les employer à aimanter l'inducteur dont les pôles ne doivent pas changer de nom; on est donc obligé d'avoir recours à une petite machine à courant continu pour exciter l'inducteur. Dans quelques systèmes, les deux machines sont réunies dans un même bâti, comme dans la machine dite *auto-excitatrice*, de Gramme, à courants alternatifs; cette ingénieuse disposition permet d'économiser la place et les transmissions.

Bien que les machines Siemens aient été les plus employées en ces dernières années, c'est en-



core à un Français, Nollet, qu'on doit la machine à courant alternatif; c'était cette fameuse machine de l'*Alliance* qui fut la première machine électrique industrielle. Notre fig. 19 représente

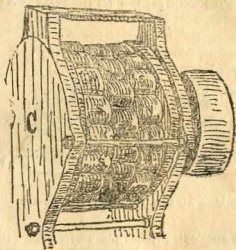


Fig. 19. — Dynamo Wilde.

la machine de Wilde, inventée en 1867, et dont le principe est exactement le même, mais la construction plus simple que pour la machine Siemens.

Mais la dynamo à courant alternatif la plus remarquable, tant par son originalité que pour son rendement élevé et son énorme capacité, est la dynamo Ferranti, dont la figure 20 donne le diagramme. Les bobines de l'inducteur n'ont rien de particulier, si ce n'est leur section ovale

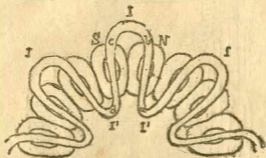


Fig. 20. — Diagramme de la dynamo Ferranti.

qui permet de les grouper plus serrées; mais les bobines induites sont remplacées par une longue bande de cuivre qui se replie sur elle-même en zigzag, et dont chaque spire est soigneusement isolée des autres au moyen de bandes de caoutchouc. C'est donc un induit sans fer. Chaque boucle du zigzag induit correspond à un électro-



aimant complet de l'inducteur, de sorte qu'il y a deux fois plus de bobines que de boucles.

Pour comprendre la production des courants induits dans cette dynamo, il faut considérer deux parties voisines *a b* et *c d* du zigzag I, I', I, I'. Lorsque *a b* s'approche du pôle N, par exemple, *c d* s'approche du pôle S. Les courants induits dans ces deux éléments sont donc de sens contraires; mais comme les directions de *a b* et de *c d* sont elle-mêmes opposées entre elles, les deux courants s'ajoutent.

Il en est de même, au même instant, pour toutes les autres boucles de l'induit, et le courant total est recueilli, comme à l'ordinaire, au collecteur.

Ce courant change de sens simultanément dans tous les éléments *a b*, *c d*, etc., chaque fois qu'ils passent d'un champ magnétique dans un autre.

L'avantage de l'armature Ferranti réside dans la simplicité de sa construction et dans son extrême légèreté jointe à une solidité non moins grande.

Dans les machines récentes, les bobines inductrices ne sont plus enroulées de fil, mais bien de rubans de cuivre, comme l'induit; il en ré-

sulte que la résistance électrique est extrêmement faible.

Les modèles courants peuvent alimenter jusqu'à 3.000 lampes à incandescence de 16 bougies, ce qui représente une puissance totale de 140.000 à 150.000 watts.

Le grand inconvénient de cette machine, le seul peut-être, est qu'elle doit tourner très vite, ce qui exige une installation mécanique spéciale et une grande dépense d'huile. D'ailleurs, elle fournit un courant de tension élevée et ne s'emploie guère que concurremment avec des transformateurs.

Telles sont les différentes dynamos les plus remarquables par leurs qualités diverses. Il existe bien un autre type dont nous parlerions volontiers ; ce sont les machines à *courants polyphasés*, très commodes en ce sens qu'elles peuvent servir à des usages multiples ; mais leur théorie n'est pas encore bien connue et les quelques modèles qu'on en a fabriqués ne sont pas en expérience depuis assez longtemps pour qu'on en ait pu étudier suffisamment les qualités et les défauts. Cependant, on peut prévoir que, d'ici quelques années, elles seront très employées.

Mais, dira-t-on, les modèles adoptés par



Gramme, Rechniewski et Ferranti peuvent convenir à telle ou telle installation spéciale, intéressante et pour laquelle on ne voudrait pas faire les frais d'étude et de construction d'une dynamo faite exprès. C'est parfaitement juste; mais il y a réponse à cette objection. En dehors des grands constructeurs qui s'en tiennent à leur spécialité, il en existe, et des mieux installés, qui s'adonnent à la fabrication de toutes dynamos usuelles, pour toutes applications. Les dynamos Lemaitre sont bien connues à cet égard et se recommandent autant par leur solidité que par leur excellent rendement et la perfection de leur montage. Ce sont les meilleures que je connaisse — et de beaucoup les moins chères — parmi les machines de faible puissance pour incandescence. Les petits moteurs électriques du même fabricant sont également à signaler; ils sont peu encombrants, de construction robuste et de fonctionnement sûr. De même, enfin, les dynamos à galvanoplastie sont excellentes.

En terminant ce chapitre, nous voulons dire un mot des moteurs. En principe, les meilleurs sont ceux dont on dispose; cependant, toutes les fois qu'on le peut, on doit préférer le moteur hydraulique qui est le plus régulier et le moins coû-

teux ou, à son défaut, le moteur à vapeur; ensuite vient le moteur à pétrole ou, si l'on habite une ville, à gaz; et enfin le moteur à vent, le plus irrégulier de tous, mais aussi le meilleur marché, une fois l'installation faite, car l'achat du moulin à vent n'est pas la moindre des dépenses à faire; il est indispensable, pour obtenir un courant régulier, d'établir un *réservoir de force*, soit une batterie d'accumulateurs, soit plus efficacement et plus commodément un château d'eau qui servira en même temps à l'arrosage et à la mise en mouvement d'une petite turbine hydraulique chargée d'entraîner la dynamo. Il nous souvient d'avoir fait, pour l'éclairage d'une maison de campagne et l'irrigation d'un jardin, une semblable installation comprenant: une turbine atmosphérique, un réservoir de 400 mètres cubes, une petite turbine hydraulique, une petite dynamo, une batterie d'accumulateurs et dix lampes à incandescence de 5 bougies; cette petite usine fonctionna pendant plus de dix mois, malgré l'incurie du propriétaire qui, durant tout ce temps, n'avait pas visité une seule fois ses accumulateurs et n'avait pas donné une goutte d'huile à sa dynamo; et il fut tout surpris quand l'ingénieur qu'il avait appelé



pour réparer les différents organes de son installation lui conseilla de jeter le tout à la fonte !

Parmi les moteurs hydrauliques, nous conseillerons les roues Pelton, la turbine Hercule et la Chicago-Top.

Les petits moteurs à vapeur sont tellement nombreux, et il y en a tant de bons, qu'il nous est difficile de choisir, et c'est un peu au hasard que nous indiquons les machines Boulet, d'une installation et d'une conduite facile, et les petits moteurs à grande vitesse actionnés par les chaudières Serpollet; pour des installations plus importantes, on emploiera avec profit les Brotherhood, les Willans, les Wheyer et Richemond, avec chaudières Belleville; beaucoup de ces machines sont montées sur le même socle que la dynamo qu'ils commandent.

Les meilleurs moteurs à gaz ou à pétrole sont à peu près à égalité, les Panhard-Levassor, les Grob, les Gazomoteurs et les Ludt.

Comme moulins à vent, il y a l'*Eclipse* et la Turbine atmosphérique qui donnent, l'une et l'autre, d'excellents résultats.

Quant à l'installation proprement dite, transmissions, réglage de la vitesse, canalisation, appareils de mesure, etc., nous n'en dirons que

peu de choses, dans les chapitres qui vont suivre, attendu qu'elle exige presque toujours la présence d'un spécialiste et varie avec les conditions du local et du travail qu'on veut obtenir. Notre second volume sera plus explicite à ce sujet.



CHAPITRE IV

Les Accumulateurs.— Systèmes Planté, Faure-Sellon-Volckmar, Fulmen, Société électro-génique. — **Les Transformateurs.** — Gaulard, Zipernowsky, Labour, Ferranti.

Les accumulateurs et les transformateurs sont des appareils entrés depuis peu dans la pratique, mais qui sont appelés, nous en sommes absolument convaincu, à rendre les plus grands services, surtout à la petite industrie et dans les installations domestiques. En effet, avec une batterie d'accumulateurs et un transformateur desquels on pourrait faire varier le couplage, n'importe quelle source d'électricité d'une énergie donnée pourrait accomplir n'importe quel travail absorbant la même somme d'énergie; par exemple une dynamo de 1,000 watts pourrait fournir 1,000 watts pour la galvanoplastie, ou pour la

lumière à arc, ou pour la lumière à incandescence, ou pour le transport de force, soit sur le lieu de production, soit à distance. En réalité, une certaine portion du courant serait absorbée par la transformation de l'énergie et, sur le chiffre de 1,000 watts que nous avons pris, on n'en pourrait guère recueillir que 750; mais ne serait-il pas plus économique de perdre ces 250 watts que d'acheter quatre ou cinq dynamos ne fournissant chacune qu'une seule sorte de courant? Non seulement, en ce dernier cas, on aurait à compter l'amortissement des dynamos, leur entretien et leur surveillance, le tout montant à un chiffre bien plus élevé que l'amortissement, l'entretien et la surveillance des accumulateurs et transformateurs, mais il faudrait aussi payer l'amortissement, l'entretien, la surveillance et l'exploitation des moteurs qui accompagnent les dynamos; et tout compte fait, l'installation d'une seule machine avec transformateurs et accumulateurs reviendrait certainement *au moins* trois fois moins cher (pour les frais d'établissement comme pour ceux d'exploitation) que l'installation de quatre dynamos avec leurs moteurs.

L'origine des accumulateurs est assez lointaine; fort peu de temps après l'invention de la pile par



Volta, Gautherot découvrit que les fils de platine, qui avaient amené le courant dans un verre d'eau qu'il s'agissait de décomposer, fournissaient, quand ils étaient réunis par un conducteur, un nouveau courant de sens contraire à celui de la pile ayant servi à la décomposition de l'eau. Mais ce ne fut que vers 1860 « que M. Planté eut l'idée de tirer parti de cette propriété pour mettre en quelque sorte en réserve une certaine quantité d'électricité.

« En principe, l'accumulateur Planté se compose d'un vase contenant de l'acide sulfurique dilué et de deux lames de plomb plongeant dans le liquide.

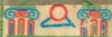
« Sous l'influence du courant primaire (de la pile ou de la dynamo), l'eau est décomposée, l'oxygène se dégage sur la lame positive, se combine avec le plomb en forme du peroxyde de plomb, tandis que l'hydrogène se porte sur l'autre électrode (où il s'absorbe en rendant le plomb spongieux). Les deux électrodes sont alors dans un état électrique différent, et, par suite, susceptibles de donner naissance à un courant.

« Si donc on interrompt les communications avec la source d'électricité, et si l'on ferme le circuit de l'accumulateur sur une résistance exté-

rieure, on constate la production d'un courant allant de la plaque oxydée à la plaque polarisée; ce courant est dû à la reconstitution de l'eau d'abord décomposée et à la réduction du peroxyde de plomb à un état inférieur d'oxydation. Ces actions chimiques fournissent le courant secondaire (1) ».

Mais, pour obtenir un effet utilisable de ce genre d'accumulateurs, on est obligé de le charger et de le décharger un grand nombre de fois afin de provoquer la formation, à la surface des lames de plomb, d'une couche de peroxyde et de plomb spongieux d'épaisseur suffisante pour qu'elle absorbe toute la quantité de gaz que peut lui fournir la décomposition de l'eau acidulée. La période de formation est très longue et ce n'est qu'après plusieurs mois qu'un accumulateur genre Planté peut être livré au public; de plus, ces accumulateurs sont très pesants car ils contiennent toujours une forte proportion de plomb inutilisable. En moyenne, un accumulateur qui fournit un cheval-heure pèse 60 kilogrammes (huit fois moins qu'un cheval en chair et en os), et son rendement est de 60 0/0.

(1) *L'Eclairage à l'Electricité*, par H. Fontaine.



ULTIMHEAT[®]
VIRTUAL MUSEUM

— 79 —

M. Faure est parvenu à réduire considérablement la durée de formation des accumulateurs et un peu leur poids, tout en augmentant leur rendement. Pour cela il couvre les plaques de plomb d'une couche de minium qui, sous l'influence du courant primaire, se transforme avec la plus grande facilité en peroxyde sur la plaque positive et en plomb spongieux sur la plaque négative.

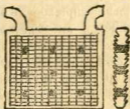


Fig. 21. — Plaque d'accumulateurs Faure-Sellon-Wolckmar.

Dans les modèles plus récents, imités par un grand nombre de constructeurs, les plaques sont percées de trous ou, préférablement, de rainures dans lesquelles sont fixées des pastilles de minium comme on le voit dans la figure 21.

On range un certain nombre de ces plaques les unes à côté des autres dans des cuves en bois

par des plaques de cellulose percées d'un grand nombre de petits trous par où passent l'eau acidulée et le courant; l'emploi de ce diaphragme poreux donne au système une grande élasticité et une solidité supérieure à celle de tous autres systèmes.

Aussi, grâce aux accumulateurs Fulmen, M. Jeanteaud a-t-il pu réaliser une voiture électrique qui accomplit, dans de très brillantes conditions, la course de Paris-Bordeaux et retour (1895); malheureusement elle ne put concourir pour le prix des voitures automobiles, un moyen ayant chauffé dès le départ, ce qui nécessita un arrêt trop long pour pouvoir être rattrapé.

Cet accident purement mécanique n'influe en rien sur les qualités exceptionnelles de l'accumulateur Fulmen dont le rendement (en laboratoire) atteint, dit-on, 70 0/0 en marche normale et ne descend pas au-dessous de 60 0/0 en marche forcée, sans danger de détérioration, ce qui n'existe pas avec les autres accumulateurs.

Tous les types d'accumulateurs que nous venons de passer en revue ont un commun défaut : ils se composent d'une carcasse de plomb plus



ou moins légère sur laquelle on cherche à former une couche aussi épaisse que possible de peroxyde de plomb, soit par la seule action du courant, soit par le dépôt préalable d'une pâte de minium. Or le minium et le peroxyde de plomb sont des corps beaucoup moins conducteurs que le plomb métallique; il en résulte que, surtout lorsque ces corps se présentent sous une épaisseur relativement considérable, ils opposent au courant une très grande résistance, ce qui a pour effet :

- 1^o d'augmenter la durée du temps de charge;
- 2^o de provoquer entre le plomb et la matière active (minium ou peroxyde) des points souvent assez nombreux de mauvais contact, dont le moindre inconvénient est d'absorber en pure perte une quantité souvent importante du courant de charge.

La Société Electrogénique construit, depuis quelques années, des accumulateurs composés de feuilles très minces de plomb sur lesquelles sont déposées, par un procédé électrolytique spécial, des couches très adhérentes de peroxyde dont l'épaisseur ne dépasse pas quelques dixièmes de millimètre; la formation de ces accumulateurs s'effectue donc en surface et non en profondeur,

ce qui permet d'utiliser rationnellement tout le courant de charge, de réduire le temps de charge à quatre heures (au lieu de douze, quinze ou vingt heures pour les autres accumulateurs), et de ne pas avoir à craindre la déformation des plaques sous l'influence du courant. Ce sont là de grands avantages auxquels s'ajoute un plus fort rendement; mais la capacité pour un même poids de plomb est un peu moindre que dans les autres types.

Cependant, il nous faut constater qu'il reste encore bien des progrès à accomplir dans la construction des accumulateurs, puisque la théorie indique un rendement de 90 0/0 et un poids de 6 kilogrammes de plomb par cheval-heure.

Nous avons pleine confiance que ces chiffres pourront être atteints dans un temps relativement proche. En attendant, les accumulateurs sont, comme les montres, les fusils, les bicyclettes et les chevaux, — à quoi certaines personnes ajoutent les pipes — des instruments d'une grande utilité, mais coûteux et délicats, et qu'on ne doit jamais ni prêter, ni forcer, ni laisser longtemps sans travailler.

Les transformateurs sont moins imparfaits que



les accumulateurs; mais il est à regret qu'ils ne soient en usage courant que sur les grands réseaux pour lumière à haut potentiel, ou encore dans les usines d'électrométallurgie.

Le premier transformateur en date, et le plus connu, est la bobine d'induction de Ruhmkorff; on sait qu'elle se compose : 1° d'un noyau en fil de fer doux ; 2° d'une bobine en fil gros et court dans lequel circule le courant périodiquement interrompu d'une pile ; 3° d'une bobine superposée à la première et constituée par un fil long et fin qui doit avoir le même poids que le fil de la première bobine ; les interruptions du courant primaire (courant de la pile) sont obtenues au moyen d'un appareil appelé trembleur et dont, en se reportant à la figure 22, on comprendra le fonctionnement par l'explication suivante :

Le courant arrive de la pile par le fil R ; il passe dans les bornes N et B, par la pointe de la vis V, par la masse de fer doux M et, à travers le ressort qui porte cette masse, il va à la borne A, puis traverse le solénoïde (bobine) P, et revient à la pile par la borne S et le fil R'. Mais en traversant la bobine P, il a aimanté le noyau F qui a attiré la masse M ; le circuit est donc rompu

avec la seule différence qu'on ne leur ajoute pas de trembleurs, puisqu'on les actionne au moyen de courants alternatifs. On comprend l'intérêt qui s'attache à cette invention pour les distributions d'énergie ; l'emploi des transformateurs permet d'envoyer dans la ligne des courants de haute tension et de faible intensité, qui économisent le cuivre, et qu'on ramène, sur le lieu d'utilisation, à une tension moindre et à une intensité plus considérable, afin de pouvoir faire tourner des moteurs ou allumer des lampes.

Il y a un inconvénient aux transformateurs ; c'est qu'ils ne donnent qu'un courant alternatif, qui est inutilisable pour certains systèmes de moteurs, et tout à fait impropre à la galvanoplastie et à la charge des accumulateurs ; mais la plus belle fille du monde ne peut donner que ce qu'elle a.

Le premier transformateur industriel a été réalisé par un Français, Gaulard, qui mourut de misère et de chagrin, mais auquel on a, depuis, élevé une statue. Le noyau de son transformateur est en fil de fer doux et a la forme d'un anneau ovale ; les spires des deux bobines sont découpées une par une dans de minces feuilles de cuivre et enfilées les unes sur les autres sur



le noyau, dont elles sont soigneusement séparées entre elles par des rondelles en mica ; la figure 23 donne leur forme. Les oreillettes *a* et *b* servent à sonder chaque spire à la précédente et à la suivante, l'oreillette *a* à l'oreillette *b'* de la spire précédente, et l'oreillette *b* à l'oreillette *a''* de la spire

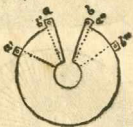


Fig. 23. — Spire du transformateur Gaulard et Gibbs.

suivante. De la sorte est constitué un ruban de cuivre qui n'offre qu'une très faible résistance au courant. Les spires du circuit primaire sont réunies par quatre, tandis que celles du circuit secondaire sont couplées une à une, ainsi que nous venons de l'expliquer. Dans ces conditions, le rendement du transformateur Gaulard et Gibbs est voisin de 95 0/0 ; c'est, comme on le voit, un très beau résultat.

Un transformateur d'une forme plus rationnelle et plus commode et d'un rendement sensiblement égal est celui inventé par MM. Ziperowski, Déri et Blathy. Il ressemble vaguement

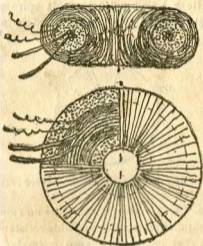


Fig. 24. — Transformateur Ziperowsky, Déri, Blathy.

à un anneau Gramme, mais l'induit et l'inducteur forment la partie centrale du tore et le fil de fer fin et isolé est à l'extérieur. La figure 24 en fait parfaitement comprendre la construction.



Il existe encore beaucoup d'autres transformateurs, parmi lesquels nous citerons ceux de Westinghouse, Labour et Ferranti-Patin, caractérisés par l'emploi de noyaux en feuilles de tôle, analogues aux induits et inducteurs feuilletés des dynamos Rehniewski ; de même que les précédents, ces transformateurs sont bons et n'offrent, du reste, rien de particulier.

Les grands transformateurs qu'on a construits depuis quelque temps en Amérique pour l'utilisation des chutes du Niagara (certains de ces appareils donnent jusqu'à 200,000 watts), n'ont rien non plus de nouveau, comme principe ; mais l'échauffement du fer y est tel qu'on est obligé de les refroidir par un courant d'air ou d'eau, tout comme les moteurs à gaz.

CHAPITRE V

Instruments de mesure, de réglage et de protection. — Voltmètres. — Ampère-mètres. — Electro-dynamomètres. — Compteurs. — Rhéostats. — Coupe-circuit. — Conjoncteurs-disjoncteurs. — Paratonnerres.

Si peu importante que soit une installation électrique sérieuse et pratique, elle comporte l'usage d'accessoires divers ayant pour but d'assurer le bon fonctionnement des appareils de production et d'utilisation, et d'obtenir, en fin de compte, un travail bien fait, le plus vite et le plus économiquement possible.

Quelle intensité de courant me fournit ma dynamo ou ma pile? Sous quelle tension? Combien m'en absorbent les conducteurs? Combien les appareils d'utilisation? Quelle quantité de travail me rendent-ils? En combien de temps?



Combien ce travail me coûte-t-il de zinc, d'eau et d'huile, ou d'acidulants et de dépolarisants ?

Toutes ces questions, un industriel soucieux de ne pas gaspiller son argent, ou un amateur simplement prudent doivent pouvoir les résoudre. Même les personnes qui ne calculent pas leurs dépenses ont un intérêt de tout premier ordre à surveiller de près leurs installations électriques, car une installation qui coûte trop cher à exploiter, qui ne produit pas tout ce qu'elle peut, est une mauvaise installation qui ne donnera que des désagréments, sinon des mécomptes graves.

Il vaut beaucoup mieux, pour soi-même, ne pas s'occuper d'électricité que de s'en occuper négligemment ; et il en est de ceci comme de toute autre chose au monde.

Au reste, avec les instruments que nous possédons actuellement, rien n'est plus facile que de bien diriger une usine électrique, petite ou grande. Deux constructeurs, surtout, se sont acquis une réputation bien méritée par la commodité, la robustesse et l'exactitude pratique de leurs voltmètres et de leurs ampère-mètres ; ce sont M. Richard et M. Carpentier.

Les instruments de mesures électriques les

plus usuels sont construits sur l'un des trois principes suivants :

- 1° Action d'un courant sur un aimant ou d'un aimant sur un courant ;
- 2° Action d'un aimant sur un aimant ;
- 3° Action d'un courant sur un courant.

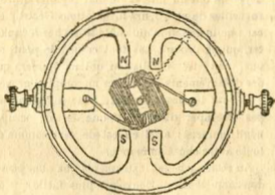


Fig. 25. — Ampères-mètre Deprez et Carpentier.

Comme exemple des appareils du premier type, nous prendrons l'ampère-mètre Deprez et Carpentier, que représentent les figures 25 et 26. Cet instrument se compose d'un double aimant fixe et d'une bobine mobile dans laquelle circule

le courant à mesurer et qui porte une aiguille **ULTIMHEAT[®]** **VIRTUAL MUSEUM** mouvant sur un cadran gradué. Comme on le voit sur la figure 25, la bobine est placée obliquement par rapport aux pôles des aimants ; il en résulte que, lorsque le courant passe, l'armature qu'elle contient est plus ou moins attirée, suivant la force du courant, par les pôles de l'ai-

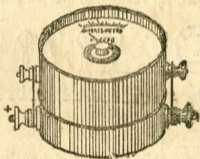


Fig. 26. — Amperes-metre avec réducteur.

mant. Dans la même forme, on construit des voltmètres qui ne diffèrent des ampère-mètres que parce qu'ils sont bobinés en fil beaucoup plus long et plus fin ; les deux appareils se font aussi avec un aimant mobile et une bobine fixe. Quand on veut mesurer des courants d'une valeur supérieure à celle maxima indiquée par

l'ampère-mètre ou le volt-mètre qu'on possède, on ajoute à cet appareil une certaine résistance contenue dans une boîte appelée *réducteur* et qui se fixe sous la boîte de l'ampère-mètre ou du voltmètre, comme on le voit figure 26; on a ainsi des indications trois, quatre... dix fois moins fortes que ce qu'elles devraient être en réalité et, par conséquent, avec un même ins-

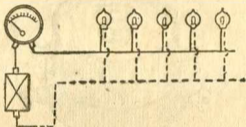


Fig. 27. — Mode d'intercalation d'un ampèremètre.

trument, on peut mesurer des courants trois, quatre... dix fois plus forts que ceux pour lesquels est gradué ledit instrument sans réducteur.

On construit aussi — et c'est surtout la spécialité de la maison Richard — des ampèremètres et des voltmètres enregistreurs dans lesquels l'aiguille porte un crayon ou une plume.



qui, sur un papier gradué, mu par un mouvement d'horlogerie, inscrit toutes les variations du courant; on ne devrait jamais faire fonctionner une dynamo sans en contrôler la marche par ce moyen aussi simple qu'efficace.

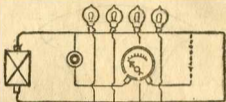


Fig. 28. — Mode d'intercalation d'un voltmètre.

Parmi les appareils utilisant l'action des aimants sur les aimants, un des plus simples et des plus robustes est le voltmètre de Egger, de Vienne (fig. 29); ce voltmètre se compose d'une bobine fixe *a* dans laquelle passe une dérivation du courant à mesurer, d'une pièce de fer doux *b*, également fixe, et d'une autre pièce de fer doux *c*, mobile celle-là, située dans le prolongement de la première et solidaire d'une aiguille qui se meut sur un limbe divisé; quand le courant passe dans la bobine, les deux pièces de fer s'aimantent et, comme elles ont la même polarité,

elles se repoussent avec d'autant plus d'énergie que leur aimantation est plus forte, c'est-à-dire que le courant qui les a aimantées est plus énergique.

C'est là un excellent appareil, ne se dérangeant



Fig. 29. — Voltmètre Egger.

jamais et qui n'a que l'inconvénient de donner des indications peu précises ; on ne pourrait donc pas l'employer pour des mesures de laboratoire.

Mais tous les voltmètres et ampère-mètres que nous venons de voir ont le défaut de ne pouvoir être employés qu'avec des courants continus ; les



appareils dans lesquels on utilise l'action ^{des} courants sur les courants ne présentent pas cet inconvénient ; tel est l'électro-dynamomètre Siemens (fig. 30), le plus industriel des appareils de cette catégorie, qui mesurent à la fois la tension et l'intensité.

Cet instrument se compose d'une grosse bobine fixe et d'une bobine mobile, constituée par un seul tour de fil, suspendu en croix autour de la bobine fixe, et dont les contacts sont établis par des godets pleins de mercure ; en outre, un ressort à boudin, mu par une vis (qui se voit en haut de la figure, sur le cadran, et qui porte une aiguille), permet d'équilibrer l'effort d'attraction des bobines l'une par rapport à l'autre, si bien que l'index que porte le fil mobile doit toujours rester sur la même division du cadran gradué ; lorsque le courant change de valeur, la tension du ressort devient trop forte ou trop faible et l'index change de place ; pour le ramener, au moyen de la vis porte-aiguille, on tord plus ou moins le ressort, soit dans un sens, soit dans l'autre ; et la quantité dont on l'a tordu mesure la valeur du courant que cette torsion a équilibré. On comprend, du reste, que l'électro-dynamomètre puisse être employé avec les courants

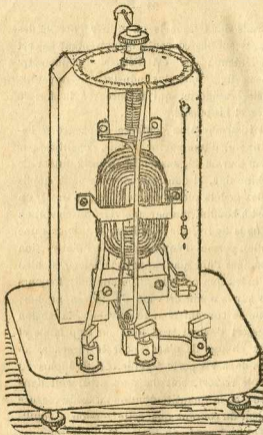


Fig. 30. — Electro-dynamomètre Siemens.



alternatifs, puisque le courant change dans les deux bobines à la fois.

Enfin nous citerons les appareils de mesure fondés sur l'échauffement (et l'allongement qui en résulte) des corps peu conducteurs de l'électricité. Le voltmètre Cardew, construit sur ce principe, se compose d'un long fil fin en maillechort; ce fil est fixe par un bout, il s'enroule sur une petite poulie qui porte en son centre une aiguille indicatrice, et l'autre extrémité du fil est tendue par le poids d'une petite masse de cuivre; quand le courant passe dans le fil, il l'échauffe, l'allonge, et, dans ce mouvement d'allongement, la poulie est entraînée, avec l'aiguille qu'elle porte, d'une quantité proportionnelle à la valeur du courant.

Le principe est intéressant, mais je ne crois pas l'appareil bien pratique.

En tête de ce chapitre, j'ai inscrit les compteurs; je n'ai rien à en dire, si ce n'est qu'il n'en existe pas de bon dans le commerce. On a beaucoup travaillé à cette question, on a réalisé des machines fort ingénieuses, et même de véritables petits chefs-d'œuvre de mécanique électrique; mais on n'a pas encore réussi à combiner un seul appareil qui compte régulièrement et

exactement — ni plus, ni moins — la totalité du courant consommé pour tel ou tel travail.

Je me trompe; je connais un bon compteur, et qui a fait ses preuves; mais comme, pour des raisons personnelles, l'inventeur n'a pas encore cru devoir l'exploiter industriellement, je suis obligé de ne pas m'étendre davantage sur ce sujet.

Tout ce que je puis conseiller, pour remplacer le compteur, c'est l'usage simultané d'un voltmètre et d'un ampère-mètre enregistreurs; les résultats qu'on en obtiendra seront longs et ennuyeux à calculer, mais ils seront exacts.

Posséder les éléments d'un courant de façon à pouvoir se rendre compte de sa marche, c'est bien; mais il faut que les données ainsi recueillies puissent servir pratiquement à quelque chose; il faut qu'on puisse modifier ce courant en raison des besoins actuels du travail qu'il accomplit, de façon à ce que, malgré la variation de l'effort qu'on lui demande, il soit toujours à même de fournir cet effort avec régularité par rapport aux parties du travail qui restent encore à accomplir. Soit, par exemple, une installation de 100 lampes éclairées par une dynamo; à un moment donné, l'ampère-mètre et le voltmètre



annoncent qu'il y a dix lampes d'éteintes (c'est-à-dire le dixième de la totalité des lampes), en accusant un courant trop fort d'un dixième pour le travail qui lui est actuellement demandé; il ne faut pas laisser ce courant trop fort continuer de passer dans les lampes qu'il abîmerait sans aucun profit. Mais on ne peut, pratiquement, songer à diminuer d'un dixième la vitesse de la dynamo, ce qui diminuerait la valeur du courant. On se sert alors d'un appareil appelé *rhéostat* pour intercaler, dans le circuit des lampes, une *résistance* égale à celle que présentaient les dix lampes éteintes au passage du courant, lequel reprend alors, dans les autres lampes, sa valeur normale.

Cet effet est expliqué par la loi d'Ohm ainsi conçue : Dans un circuit électrique quelconque,

L'intensité d'un courant est égale à la force électromotrice (qui se manifeste par la tension) divisée par la résistance totale du circuit (y compris la source d'électricité et les appareils d'utilisation et de mesure);

La force électromotrice est le produit de l'intensité par la résistance;

La résistance est le quotient de la force électromotrice par l'intensité.

D'où l'équation fondamentale, sous trois formes équivalentes :

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

I représentant l'intensité;

E — la force électromotrice;

R — la résistance totale du circuit considéré.

Eclairons cette règle par un exemple, soit le cas ci-dessus où nous avons 100 lampes, absorbant chacune un demi-ampère, et branchées en dérivation sur un circuit parcouru par un courant de 100 volts; quelle devra être la résistance totale du circuit pour que l'installation fonctionne bien?

En nous reportant aux formules d'Ohm, nous voyons que $R = \frac{E}{I}$; divisons donc E, la force électromotrice, par I, l'intensité.

Nous avons posé que $E = 100$ volts,

$I = 0,5$ ampères \times 100 (nombre de lampes), c'est-à-dire, au total, 50 ampères;

$$100 : 50 = 2.$$

La résistance totale du circuit devra être de 2



ohms. Les deux autres équations permettent de vérifier qu'il en est bien ainsi.

Maintenant, on vient à éteindre dix lampes, c'est-à-dire à supprimer du circuit une résistance égale au dixième de la résistance totale, soit 0,2 ohms; il ne reste donc plus que 4 ohm et 8 dixièmes. Par le fait de cette diminution de résistance, l'intensité va s'accroître dans chacune des lampes qui restent allumées (la force électromotrice ne peut varier puisqu'elle tient seulement au fonctionnement de la dynamo. Et quelle sera la valeur de cet accroissement d'intensité? Elle sera égale à l'intensité absorbée naguère par les dix lampes éteintes, divisée par les 90 restantes, soit, pour chacune de ces dernières, 0,055 ampère. Si on les laissait à ce régime, elles seraient brûlées au bout de 340 heures au lieu de 600, et peut-être plus tôt encore. Pour remédier à cet inconvénient, il suffira d'introduire dans le circuit une résistance artificielle de deux dixièmes d'ohm; c'est à cela que servira le rhéostat.

En général un rhéostat est composé de fils de maillechort, plus ou moins fins et longs, reliés les uns aux autres, et reliés un par un à des contacts appelés *plots* sur lesquels frotte alternati-

vement une pièce rigide ou un balai de cuivre
mû par une manette (fig. 31). Au premier plot, le

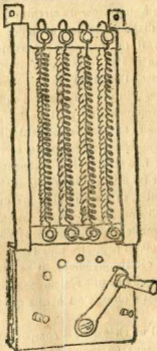


Fig. 31. — Rhéostat.

balai met toute la résistance hors circuit: au



deuxième, il force le courant à passer dans le premier fil; et ainsi de suite.

Mais, en certains cas, la variation de résistance peut être si brusque qu'on n'a pas le temps d'agir sur le rhéostat. Pour protéger les appareils contre ces brusques à-coups, on a imaginé les *coupe-circuits*; ce sont tout simplement deux bornes auxquelles arrive le fil de la machine et d'où part le fil qui va aux lampes; entre les deux bornes, un fil de plomb, de grosseur calculée, établit la communication tant que le courant n'est pas trop fort; quand l'intensité augmente au delà d'une certaine limite, il fond et préserve par là les lampes (ou autres appareils d'utilisation) d'un *brûlage* certain. Or, un fil de plomb coûte, au plus, 2 ou 3 centimes, et une lampe coûte, au moins, 2 ou 3 francs (1).

Il convient encore de signaler, parmi les appareils de protection, les *conjoncteurs-disjoncteurs* automatiques, qui sont surtout employés pour la charge et la décharge des accumulateurs, et les *paratonnerres* pour bâtiments ou ceux pour télégraphes ou téléphones.

(1) Voir, pour le choix et la pose des coupe-circuits, **Électricité, 2^e partie**, même collection.

pour que nous n'en parlions pas. Les meilleurs de ces appareils sont ceux qui se composent d'une tige en fer de deux à trois mètres de hauteur, terminée par une pointe de platine, et plantée au milieu d'un bouquet de petites tiges également en fer, sans bout de platine, longues de cinquante à soixante centimètres, et s'écartant en gerbes du pied du bouquet. Un semblable appareil, relié à deux ou trois petits bouquets, sans longue tige, est plus efficace que trois tiges de sept mètres qui sont très lourdes et coûtent cher à établir. La seule précaution à prendre pour l'installation d'un paratonnerre — et elle est très importante — est de bien assurer la communication à la terre en enfouissant la plaque de contact assez profondément pour qu'elle atteigne la plus proche nappe d'eau qui se trouve, en moyenne, à dix mètres au-dessous du sol, en plaine.

Les paratonnerres ou, plutôt, *parafoudres*, employés en télégraphie et en téléphonie, ont également pour but de protéger contre les fortes décharges atmosphériques, non plus les bâtiments, mais les appareils et les personnes qui les manœuvrent. Ils se composent d'ordinaire : 1° d'une sorte de coupe-circuit en fil de fer fin où passe le courant normal des piles mais que

fait fondre un coup de foudre; 2° d'un double peigne métallique dont les dents, en regard les unes des autres (fig. 33), laissent passer, pour la diriger vers la terre, la décharge atmosphérique qui possède une tension énorme, mais offrent une résistance invincible au courant de la pile;

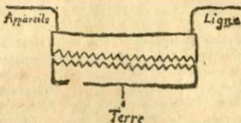


Fig. 33. — Parafoudre.

chose bien remarquable : ce courant de pile traverse facilement les diverses bobines des appareils que, dans ces conditions, ne peut franchir le coup de foudre.

Du reste, à la moindre apparence d'orage, il est de prudence élémentaire de rompre toute communication avec la ligne.

CHAPITRE VI

Sonneries et signaux divers. — Téléphonie domestique et industrielle. — Téléphones magnétiques. — Microphones. — Radiophones. — Télégraphie. — Télégraphe Morse. — Télégraphe Bréguet. — Télégraphe Hugues. — Les Pantélégraphes. — Télégraphie et téléphonie simultanées.

De tous les appareils usités en électricité pratique, il n'en est sans doute pas d'un usage plus courant que la sonnerie. Qu'elle soit à timbre ou à grelot, qu'elle fasse vibrer une grosse cloche ou une petite sonnette, la sonnerie électrique se compose toujours d'un électro-aimant actionnant un trembleur semblable à celui de la bobine Ruhmkorff, lequel trembleur porte un marteau qui vient frapper sur l'organe sonore chaque fois que l'armature est attirée par l'électro-aimant.



Parce qu'il est très répandu et d'une construction très simple, ce petit appareil est intéressant en ce sens qu'il donne une idée suffisamment nette des plus puissants moteurs, qui ne sont pas construits sur un autre principe que la modeste sonnette (Fig. 34).

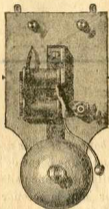


Fig. 34. — Sonnette ordinaire.

Si la sonnette elle-même est d'une extrême simplicité, on peut, parfois, se trouver embarrassé par l'installation d'un circuit un peu compliqué.

Il existe de nombreuses méthodes de pose des

sonnettes électriques, suivant le nombre de boutons d'appel, de sonneries et d'autres appareils intercalés dans le ou les circuits. Nous allons passer en revue les principaux cas qui peuvent se présenter.

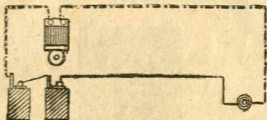


Fig. 35.

I. *Pose d'un bouton et d'une sonnette.* — Le fil négatif se rend à une borne de la sonnette ; le fil positif va s'attacher à une paillette du bouton. Un fil de retour joint la seconde paillette à la borne libre de la sonnette.

II. *Pose de plusieurs boutons et d'une sonnette.* — Le fil positif se rend à une paillette du bouton le plus éloigné, et des fils de dérivation prennent sur ce câble pour joindre chaque bouton. Le négatif rejoint la sonnerie, et un fil de retour, partant de l'autre borne de cette sonnerie, va

s'attacher à la paillette libre de tous les tons.

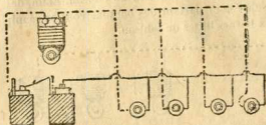


Fig. 36.

III. Pose d'un tableau à 4 numéros. — On réunit au fil positif de la pile, la borne n° 2 du

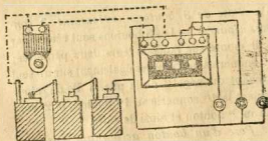


Fig. 37.

tableau et une paillette de chaque bouton; le fil négatif va s'attacher à la borne 4 du tableau

après avoir passé par une borne de la sonnerie. Un fil de retour partant de l'autre borne de la sonnerie rejoint la borne 1 du tableau. Enfin, des fils de retour partant des boutons vont se réunir aux bornes libres du tableau.

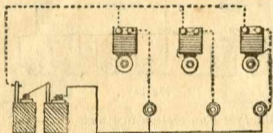


Fig. 38.

IV. Pose de 3 boutons actionnant 3 sonnettes séparées. — Les 3 boutons sont réunis par un fil monté sur l'une de leurs deux paillettes ; les 3 sonneries sont réunies également sur un seul fil venant du négatif de la pile. 3 fils de retour associent la 1^{re} sonnerie au 1^{er} bouton, la 2^e sonnerie au 2^e bouton et ainsi de suite.

V. Pose d'un bouton actionnant ensemble 3 sonnettes. — Le bouton est joint par un fil au positif de la pile. Les 3 sonnettes sont montées en dérivation sur le fil négatif. Un fil de retour



associe les 3 sonnettes et retourne à la paillette libre du bouton.

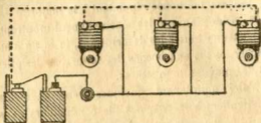


Fig. 39.

VI. *Organisation de deux postes (appel et réponse) avec une seule pile et 3 fils.* — Les 2 sonnettes sont montées sur le fil négatif qui se

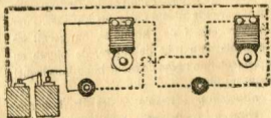


Fig. 40.

termine au poste d'arrivée. Le positif associe les plaques de jonction des deux postes, qui portent également des bornes recevant les fils venant des

sonneries, enfin un fil de retour réunit les deux plaques.

Ces six méthodes répondent à la majorité des cas, et les plans qui les accompagnent montrent, mieux que toutes les descriptions, la façon d'attacher les fils aux bornes des sonneries, des piles et des plaques de jonctions.

Voici maintenant quelques renseignements particuliers à la pose des fils conducteurs dans les appartements, et que nous empruntons à la brochure publiée par M. Radiguet.

Percement des murs. — Les effectuer avec soin, surtout lorsque les murs sont en pierre dure et très épais ; on les pratique avec une mèche de petit diamètre et on agrandit ensuite le trou selon la grosseur et le nombre des fils à passer. Pour préserver ceux-ci de l'humidité, on garnit les percements d'un tube de cuivre, de plomb ou simplement d'un tuyau de caoutchouc dans lequel passent les fils.

Conducteurs. — Employer des fils de bonne qualité recouverts de gutta et de coton ; il vaut mieux mettre un peu plus cher et avoir une qualité supérieure en cuivre de haute conductibilité et recouvert d'un isolant imperméable. Ce sont les fils de 8/10^e de millimètre qui sont les plus



employés; on les trouve dans le commerce de diverses couleurs pouvant être assorties par conséquent aux tentures des appartements.

Lorsque la longueur du circuit est supérieure à 100 mètres, il est bon dans ce cas d'employer pour les pôles du fil n° 6 (11/10^{es}) afin de diminuer le plus possible la résistance de la ligne. On choisit pour les fils de pôles les couleurs généralement adoptées: *rouge* pour le pôle positif, *bleu* pour le pôle négatif. On les distingue ainsi facilement et cela évite toute erreur dans les divers branchements que l'on a à faire soit au cours de l'installation, soit par la suite si l'on juge nécessaire de modifier le service. Les conducteurs sont tendus très correctement sur des isolateurs en os lorsque la ligne ne comprend pas plus de 4 ou 5 fils, mais pour un nombre plus grand il est préférable d'employer des taquets en bois d'un nombre de trous égal à celui des fils que l'on a à poser. Ces taquets permettent de placer les fils dans un ordre parfait, ce qui constitue un réel avantage pour plus tard au cas où l'on aurait à faire des recherches pour la vérification du service. On emploie aussi quelquefois des crochets vitrifiés, mais la pose de ces derniers demande beaucoup de soin pour ne pas, en

les enfonçant, briser l'émail qui les protège contre l'oxydation. Enfin, pour faciliter la vérification, il convient de ne pas tendre trop fortement les fils à l'entrée et à la sortie des trous.

Dans les endroits humides tels que sous-sols, caves, lignes souterraines, etc., on doit toujours employer des fils de 4 m/m; étamés, recouverts d'une couche de gutta, d'une couche de coton et de deux rubans goudronnés, le tout fortement protégé par une gaine de plomb de 4 m/m d'épaisseur.

Ligatures. — Pour ligaturer deux fils on commence par les dénuder de leur enveloppe isolante, sur une longueur de 6 centimètres environ, et on les relie ensuite par une torsade très solide après avoir ravivé soigneusement leur surface avec la lame d'un couteau; puis on entoure la ligature d'un bout de ruban chatterton et on recouvre le tout d'une couche de coton de même nuance que les fils ligaturés.

On doit opérer de telle manière que deux ligatures ne soient jamais en face l'une de l'autre et éviter surtout qu'elles ne se trouvent dans l'intérieur des trous (1).

(1) Pour plus de détails, voir ELECTRICITÉ, 2^e partie, même collection.



Ces prescriptions doivent s'observer pour l'installation de tous appareils dont le fonctionnement ne demande pas un courant plus fort que celui des sonnettes : trompettes Zigang, avertisseurs, indicateurs à signaux acoustiques ou optiques (tels que les tableaux à voyants), téléphones, télégraphes, etc.

De tous ces appareils, les plus intéressants, en pratique comme en théorie, ce sont les téléphones. L'idée première du téléphone et la construction des premiers appareils d'où le téléphone est né remontent à l'année 1837 et sont dues à MM. Page et de la Rive ; en 1852, M. Froment réalisa la production des sons musicaux au moyen d'un vibreur électrique ; en 1854, M. Charles Bourseul publia une note sur la transmission électrique de la parole ; en 1860, M. Reiss construit un téléphone musical ; enfin, le 15 janvier 1876, MM. Elisha Gray et Graham Bell déposèrent, chacun de son côté, à l'office des patentes américaines, un brevet pour téléphone permettant de transmettre à distance la parole humaine.

Comme les appareils de ces deux derniers inventeurs étaient fondés sur le même principe, nous allons décrire celui de M. Bell qui, à la

suite d'un accord amiable avec M. Gray, a fini par être adopté et par prévaloir en pratique.

Une membrane vibrante en fer-blanc mince, une bobine de fin fil de cuivre bien isolé, un barreau d'acier aimanté à saturation, le tout enfermé en une boîte en bois avec manche, tel est, en sa simplicité géniale, ce merveilleux instrument (fig. 41). Le transmetteur et le récepteur sont pareils.

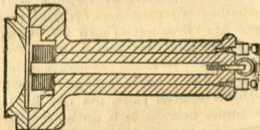


Fig. 41. — Téléphone Bell.

Lorsqu'on parle devant la plaque en fer-blanc du transmetteur, les vibrations de la voix s'y reproduisent et, au lieu de rester horizontale, elle s'abaisse et s'élève alternativement; quand elle s'abaisse, elle est plus rapprochée de l'aimant dont elle constitue l'armature; quand elle s'élève en prenant une forme convexe, elle



s'éloigne dudit aimant. Dans sa position la plus voisine, elle surexcite le champ magnétique de l'aimant qu'elle affaiblit, au contraire, en se retirant; or, ces variations du champ magnétique, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, font naître dans la bobine des courants induits alternatifs qui se transmettent à la bobine du récepteur.

Sous l'influence de ces courants alternatifs, l'aimant récepteur se *suraimante* et se désaimante alternativement, attirant puis repoussant la plaque réceptrice autant de fois que la plaque transmettrice a vibré dans le même temps

Depuis Bell, on a modifié légèrement le téléphone en donnant à l'aimant la forme d'un anneau qui est plus commode et qui permet de faire agir à la fois les deux pôles sur la plaque vibrante (fig. 42); mais le téléphone magnétique, à anneau ou à aimant droit, n'en reste pas moins le plus parfait des téléphones domestiques; il n'a pas besoin de piles; un simple fil suffit pour le relier au poste correspondant; il est toujours prêt à fonctionner; il est indérégable (s'il est bien construit), ne nécessite aucun entretien, ne s'use pas et peut s'employer indifféremment pour parler ou pour écouter.

Mais les meilleurs téléphones magnétiques ne permettent guère de correspondre au delà de quelques centaines de mètres; en employant, comme transmetteur, un microphone, on obtient des résultats bien supérieurs et l'on peut se parler jusqu'à cinq ou six kilomètres (avec des appa-

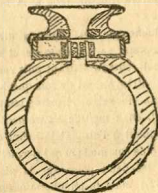


Fig. 42. — Téléphone Ader.

reils très perfectionnés et une installation particulièrement soignée); l'ennui est qu'il faut alors une pile de force électro-motrice d'autant plus considérable que la distance à parcourir est plus longue. Un microphone se compose en principe de baguettes de charbon de cornue posées soit



horizontalement, soit verticalement sur des blocs en même matière (fig. 43). Quand on parle devant ce système intercalé dans le circuit d'une pile P, on fait vibrer la planchette qui sert de support et la baguette mobile dont les points de contact avec les blocs fixes se modifient alors en proportion de l'énergie des vibrations; lorsque la baguette *b* appuie plus fort sur les blocs *a a'*, le courant passe mieux; lorsqu'elle appuie moins, le cou-

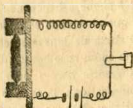


Fig. 43. — Microphone.

rant trouve une résistance plus grande et son intensité en varie d'autant; ces variations d'intensité se transmettent au téléphone T dont la plaque reproduit les vibrations imprimées au microphone. Ce petit appareil est si sensible qu'il permet d'entendre très distinctement les pas d'une mouche ou d'une fourmi, et qu'un léger souffle dirigé sur la planchette gronde comme une chute d'eau lointaine.

Une des plus heureuses combinaisons qui aient été faites du microphone et du téléphone est celle réalisée par la Société générale des Téléphones avec les appareils Berthon et Ader. Ainsi que le montre la figure 44, le microphone Berthon se place devant la bouche, et le téléphone Ader, monté sur le même support, devant l'oreille; le tout se suspend à un crochet-commutateur ayant pour but de fermer le circuit sur la sonnerie quand le micro-téléphone est suspendu, et sur le micro-téléphone quand celui-ci est porté à l'oreille; ce crochet s'articule dans une petite boîte-applique qui porte en outre le bouton d'appel de la sonnerie et différentes bornes pour mettre le système en communication : 1° avec la pile locale; 2° avec la ligne; 3° avec la sonnerie. En certains autres modèles, la sonnerie et même la pile se trouvent joints à la boîte-applique, de sorte que le poste complet se trouve groupé en un tout peu volumineux et très portatif qu'il suffit d'accrocher aux deux fils de ligne, absolument comme une simple sonnette.

Si parfaits que soient ces appareils, ils ne peuvent encore servir aux communications à longues distances; le courant de la pile n'a pas assez de tension pour franchir les centaines de

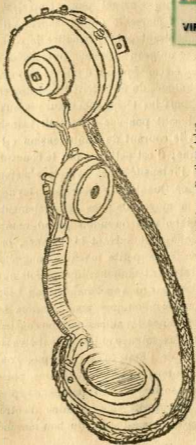


Fig. 44. — Micro-téléphone Berthel-Ador.

kilomètres qui séparent, par exemple, Paris de Londres, de Marseille ou de Madrid; il serait même insuffisant pour permettre la correspondance dans un grand réseau comme celui de Paris; aussi, en conséquence d'une décision des services techniques du ministère des Postes et Télégraphes, tous les téléphones pour réseaux sont-ils maintenant pourvus d'un petit transformateur dont le courant de haute tension est lancé sur la ligne; il est actionné par le courant de la pile dont l'intensité varie avec la résistance du microphone. Quant aux sonneries, on les actionne toujours au moyen de piles (généralement piles Leclanché) en plus ou moins grand nombre, et avec ou sans relai, suivant la distance, ou bien au moyen d'une petite machine magnéto-électrique jointe au téléphone; quelquefois aussi on les remplace par un appel magnétique. Les appareils micro-téléphoniques pour réseaux se distinguent en outre des autres par une construction beaucoup plus soignée et ils doivent être soumis au contrôle de l'Etat; c'est pourquoi l'on peut affirmer que tous sont également bons, puisqu'ils doivent tous sortir victorieux des mêmes épreuves; la seule supériorité que certains d'entre eux peuvent présenter est celle du bon marché, car



les exigences — très justes, du reste — de l'Etat entraînent les constructeurs à des frais assez considérables. On peut aussi rechercher l'élégance des formes, ce qui fait assez généralement défaut.

Les téléphones les moins coûteux sont ceux de Mildé; les plus élégants, à notre goût, sont ceux de Maiche, modèle 1893; ceux dont les modèles sont le plus variés sont manufacturés par la Société générale.

Mais ce serait une grave erreur de croire que, seuls, les téléphones poinçonnés par l'Etat sont bons; il y en a beaucoup d'autres qui les valent; il peut même s'en trouver de meilleurs et qui coûtent beaucoup moins cher; le tout est de les connaître.

Il existe encore, pour la transmission de la parole, un appareil bien curieux qui, malheureusement, ne s'est pas répandu, peut-être à cause de son prix très élevé, peut-être parce qu'il n'est pas encore assez perfectionné; nous le croyons cependant appelé à rendre de très grands services; c'est le radiophone, grâce auquel on peut communiquer par l'intermédiaire, non plus d'un fil métallique dont l'installation coûte cher, mais bien d'un rayon lumineux.

Le transmetteur du radiophone (fig. 45) se compose d'un miroir mince M jouant le rôle de membrane vibrante. On parle derrière ce miroir à la surface duquel on projette un rayon lumineux qui parvient au récepteur ou est dispersé dans l'espace, suivant que les vibrations donnent au miroir la forme concave ou convexe. Le récepteur comprend un réflecteur parabolique R au foyer duquel est fixée une petite masse de sélénium S intercalée dans un circuit de pile P où se trouve encore un téléphone T. Quand le sélénium est éclairé, il laisse assez facilement passer le courant; quand il est dans l'obscurité, il devient beaucoup plus résistant; d'où la possibilité d'actionner un téléphone par un rayon lumineux dont les éclipses correspondent aux vibrations de la voix.

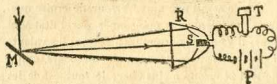


Fig. 45. — Radiophone.

lénium S intercalée dans un circuit de pile P où se trouve encore un téléphone T. Quand le sélénium est éclairé, il laisse assez facilement passer le courant; quand il est dans l'obscurité, il devient beaucoup plus résistant; d'où la possibilité d'actionner un téléphone par un rayon lumineux dont les éclipses correspondent aux vibrations de la voix.

Seulement, les téléphones ont le grand incon-



vénient de ne laisser aucune trace des messages transmis par leur intermédiaire; les télégraphes — j'entends ceux vraiment dignes de ce nom — écrivent la dépêche. Le premier inventé, le plus commode et le plus répandu, est le télégraphe Morse que représentent les figures 46 et 47.

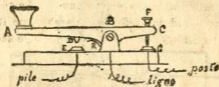


Fig. 46. — Transmetteur Morse.

Le transmetteur (fig. 46), se compose d'un levier A B C, oscillant autour d'un point B et portant deux pointes D F, une sous chacune de ses branches; un ressort R soulève la branche A B et met en contact la pointe F avec le butoir G, ce qui établit la communication entre le poste et la ligne; quand on appuie sur le bouton A, la pointe D vient au contact du butoir E, et le courant de la pile est lancé dans la ligne. — Le récepteur (fig. 47) se compose d'une boîte D, contenant un mouvement d'horlogerie qui, par le moyen de deux rouleaux E F, entraîne une bande

de papier A B C ; cette bande passe au-dessous d'une molette de cuivre M, qui s'encre au contact d'une roue en feutre P chargée d'encre grasse ; au-dessous de la bande de papier et en face de la molette M, se trouve l'extrémité recourbée H d'un levier H I K, oscillant en I. Dans sa position nor-

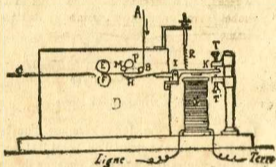


Fig. 47. — Récepteur Morse.

male, la branche I K de ce levier est soulevée par un ressort R ; mais quand un courant vient à passer dans l'électro-aimant G, l'armature K est attirée, et le crochet H soulève la bande de papier jusqu'au contact de la molette M, qui y imprime une trace rectiligne dont la longueur dépend du temps pendant lequel le courant passé



dans l'électro G. Quand donc on appuie ^{long} sur le bouton A du transmetteur, on obtient un trait sur la bande réceptrice ; si l'on se contente de mettre en contact instantané les deux pièces métalliques D E du transmetteur et qu'on laisse le levier se relever aussitôt, la molette M, du récepteur, n'imprime qu'un point ; d'où l'alphabet Morse, composé de points et de traits, comme nous le reproduisons ci-dessous :

A - -	I - -	Q - - - -
B - - - -	J - - - -	R - - -
C - - - -	K - - - -	S - - -
D - - -	L - - - -	T - -
E -	M - - -	U - - -
F - - - -	N - -	V - - - -
G - - - -	O - - - -	X - - - -
H - - - -	P - - - -	Y - - - -
	Z - - - -	

L'apprentissage de l'alphabet et la manipulation du transmetteur Morse demandent une quinzaine de jours ; au bout de trois mois, on peut transmettre presque aussi vite qu'on parle.

Autrefois, l'appareil Bréguet eut beaucoup de succès ; aujourd'hui, en France, la seule Compagnie des Chemins de fer d'Orléans, immuable-

ment fidèle aux antiques traditions, se sert encore de cet instrument fort ingénieux dans le temps, mais devenu peu pratique. On sait que ce prétendu télégraphe n'est qu'un transmetteur de signaux optiques, lesquels signaux ne sont autres que les lettres de l'alphabet; mais, malgré la simplicité réellement remarquable du mécanisme permettant l'envoi et la lecture des dépêches, le télégraphe Bréguet présente l'inconvénient de tous les télégraphes, qui est de transmettre lentement, et celui de tous les téléphones, qui est de ne pas laisser trace de la dépêche. D'ailleurs, il coûte cher.

Le télégraphe Hugues coûte bien plus cher encore; il est extraordinairement compliqué et très délicat; mais il a cet avantage énorme de transmettre assez vite et d'imprimer les dépêches en lettres ordinaires à la fois au transmetteur et au récepteur.

Actuellement, un des plus remarquables appareils de la télégraphie est le télégraphe *dit* Baudot, qui fut inventé par un malheureux homme de génie, employé des Postes et Télégraphes, que l'exaspération de se voir dépouillé, par l'Administration, de son admirable invention, conduisit au crime et, de là, au bagne. Le télégraphe



attribué à Baudot permet de transmettre à la fois, par le même fil, six dépêches différentes qui s'impriment en caractères de l'alphabet ordinaire.

Cette merveille d'ingéniosité a valu pas mal de décorations à bien des ingénieurs... mais l'inventeur est à Nouméa.

Il nous faut dire encore un mot des *pantélégraphes* ou pantographes électriques. Ces appareils, dont le premier fut construit en France par l'abbé Caselli, ont pour but de reproduire exactement à distance, au moyen de l'électricité, une image ou l'écriture du scripteur d'une dépêche; pour obtenir ce résultat, on place à l'un et l'autre bout de la ligne un moteur actionnant une pointe qui passe et repasse sur toute la surface dessinée ou à dessiner; les deux pointes doivent se déplacer avec une vitesse absolument semblable et occuper, au même moment, des points exactement symétriques dans les deux appareils. Quand la pointe transmettrice passe sur un des traits du dessin original, le courant est soit lancé, soit interrompu dans le circuit (cela dépend des systèmes) et un tracé, semblable à celui que laisse la pointe transmettrice, s'imprime sous la pointe réceptrice.

CHAPITRE VII

La galvanoplastie. — Opérations préliminaires. — Mise au bain. — Opérations consécutives. — Bains de cuivre, nickel, argent, or. — Reproduction.

De même que l'accumulateur, la cuve galvanoplastique est une sorte de pile en laquelle on utilise non pas le courant électrique, mais les produits des décompositions qui s'accomplissent sous l'action de ce courant.

Dans une pile en sulfate de cuivre, il se forme du sulfate de zinc et il se dépose du cuivre pur ; on ne s'en occupe pas et on recueille le courant. Dans un bain de sulfate de cuivre traversé par un courant électrique qui prend naissance au sein même de la cuve, ce courant n'est utilisé que comme moyen d'obtenir le dépôt de ce cuivre qu'on recherche.



On donne à ces phénomènes de décomposition des sels par l'électricité le nom générique d'*électrolyse*, et l'on doit réserver celui de galvanoplastie pour les appareils ayant pour but d'obtenir des dépôts de grande épaisseur qui doivent être détachés ultérieurement du moule où ils se sont effectués.

La forme la plus simple — pratiquement — d'une cuve électrolytique est, en théorie, la plus compliquée; c'est celle à laquelle on donne le nom d'appareil combiné, parce qu'il contient en même temps la pile et la cuve à dépôt, c'est-à-dire la source d'électricité et l'appareil d'utilisation.

La figure 49 montre que l'appareil combiné comprend : 1° une cuve, qui sera préférablement en verre, contenant la dissolution de sels métalliques où plongent les objets à métalliser; 2° un vase poreux renfermant de l'eau acidulée où plonge un morceau de zinc amalgamé; 3° un fil reliant extérieurement les objets à métalliser au zinc.

Le courant, qui prend naissance par suite de la dissolution du zinc, traverse le vase poreux, décompose le sel contenu dans le bain et le métal que ce sel contenait vient se déposer à la surface

de l'objet à métalliser, qui joue ici le même rôle que le pôle positif dans une pile.

Dans l'appareil simple, la cuve électrolytique est distincte de la pile (ou de la dynamo); on y suspend, à des tiges de fer ou plutôt de cuivre, d'une part les objets à métalliser reliés au pôle

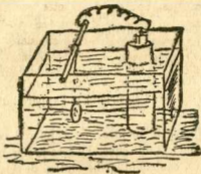


Fig. 49. — Appareil électrolytique combiné.

négalif (zinc de la pile); d'autre part une plaque de métal à déposer reliée au pôle *positif* (charbon de la pile); cette plaque, qu'on appelle l'anode, doit être en métal très pur; elle est destinée à se dissoudre dans le bain et à reformer la solution, au fur et à mesure que ce bain s'ap-



pauvrit par les dépôts successifs qu'on lui de-
mande.

Avant d'être mis au bain électrolytique, les
objets à métalliser doivent subir certaines prépa-
rations spéciales.

Si ce sont des objets en métal (cuillers, four-
chettes, boîtiers de montre, etc.), il faut com-
mencer par les polir soigneusement à la *gratte-
brosse*, sorte de brosse circulaire en crin dur
qu'on fait tourner rapidement soit au moyen
d'une pédale, comme les meules des rémouleurs,
soit, de préférence, au moteur ; on termine le
polissage avec une meule de feutre ou de calicot
légèrement enduite d'une pâte de rouge d'Angle-
terre et d'huile ; puis on dégraisse avec une
brosse à main en chiendent ou en laiton trempée
dans une bouillie chaude de chaux et de potasse ;
on rince soigneusement ; on trempe rapidement
dans le bain de *décapage* dont la composition
varie suivant les métaux (1), mais qui a toujours
pour base un des trois acides sulfurique, azoti-
que ou chlorhydrique ; on rince dans une autre
eau et on porte au bain électrolytique. Du mo-

(1) Voir ELECTRICITÉ, 2^e partie, même collection

ment que la pièce est dégraissée, *on ne doit plus la toucher avec les mains.*

S'il s'agit d'objets non métalliques (moulages en plâtre ou en gutta-percha, petits animaux à métalliser, etc.), il faut d'abord les dégraisser avec précaution au moyen d'une brosse douce humectée d'une dissolution de potasse — en n'oubliant pas que la potasse attaque énergiquement certaines matières organiques — ou de savon; puis les saupoudrer délicatement d'une poudre métallique adhérente (plombagine argentée); on les métallise aussi au trempé ou par tout autre moyen approprié; et enfin les porter au bain.

Le bain doit être mis dans une cuve en grès, porcelaine, verre, faïence dure ou gutta-percha; pour les grands bains, on fait usage de cuves en bois de chêne bien sain, enduites intérieurement de gutta-percha, de glu marine ou d'un mélange de gutta et de résine, ou encore doublées de plaques de verre ou de feuilles de plomb verni; jamais le fer, le zinc ni l'étain ne doivent être employés au revêtement des cuves.

Pour obtenir un bon dépôt métallique, il ne suffit pas de tremper des pièces bien propres dans un bain quelconque où l'on fait passer un



courant; si le courant est trop fort ou le bain trop peu chargé de sels, le dépôt est noir, pulvérulent; il est, au contraire, cristallin, dur et cassant, si le courant est trop faible ou la dissolution trop forte; de même un bain trop froid ou trop chaud est également mauvais. On obtient un dépôt convenable, à la fois adhérent, flexible et solide en se plaçant dans des conditions moyennes qui varient, d'ailleurs, pour chaque sel. Nous donnerons plus loin la composition des bains; voici (1) les constantes du courant qui convient dans les différents cas les plus ordinaires :

NOMS DES MÉTAUX	VOLTS	Ampères par décimètre carré à métalliser
Cuivre (bain acide).....	0,5 à 1,5	0,2 à 0,6
— (bain au cyanure)...	3 à 5	0,3 à 0,5
Nickel (sur fer, acier, cuivre) ¹	1,5 à 2	0,15 à 0,3
Argent.....	0,5 à 1	0,15 à 0,5
Or.....	0,5 à 4	0,07 à 0,15

¹ Commencer, pour amorcer, avec 5 volts et 1,5 ampère par décimètre carré.

(1) D'après le *Formulaire pratique de l'Electricien*, par E. Hospitalier.

Il faut veiller attentivement à ce que le bain soit toujours très propre ; pour cela, il est nécessaire de le filtrer de temps en temps ; quand on opère sur de grandes quantités, on a avantage à ne pas jeter les boues qui contiennent encore une assez forte proportion de sel et de métal ; les traités de chimie industrielle enseignent comment on peut traiter ces boues.

Le bain doit encore être de composition homogène, c'est-à-dire avoir partout la même densité ; on parvient à ce résultat en agitant fréquemment les pièces qui y plongent ; il y a même avantage à installer un agitateur mécanique.

L'éloignement entre les anodes et les pièces à métalliser donne un dépôt plus régulier, mais plus lent, à moins qu'on augmente l'intensité du courant.

Autant que possible, il est bon que l'anode ait la même surface que la cathode (ensemble des pièces à métalliser).

Voici maintenant la composition des bains les plus usuels :

CUIVRE. — *Bain acide* spécial pour la galvanoplastie. On prépare dans un vase en verre ou en grès la quantité d'eau dont on a besoin, et l'on y verse, par petites portions, et en agitant



ULTIMHEAT[®]
VIRTUAL MUSEUM

constamment, 10 0/0 en volume d'acide sulfurique; quand cette solution est refroidie, on y fait dissoudre, en continuant d'agiter, tout ce qu'elle peut absorber de sulfate de cuivre pur. Le bain saturé doit avoir une densité de 1,21 à l'aréomètre Baumé; il s'emploie toujours à froid.

Bain au cyanure pour cuivrage du fer et de l'acier. — Pour 25 litres d'eau, on prend :

	A froid	A chaud
Bi-sulfite de soude.....	500 gr.	200 gr.
Cyanure de potassium.....	500 —	700 —
Carbonate de soude.....	1.000 —	500 —
Acétate de cuivre.....	475 —	500 —
Ammoniaque.....	350 —	300 —

On fait dissoudre l'acétate de cuivre dans cinq litres d'eau, et les autres produits dans les vingt litres restant. La dissolution faite, on mélange les deux liqueurs; il doit se produire une décoloration, sinon on ajoute du cyanure jusqu'à décoloration, et même un peu plus. Les bains les plus vieux marchent le mieux; quand ils s'usent, on y ajoute, par poids égaux, de l'acétate de cuivre et du cyanure de potassium (*Roseleur*). — On chauffe commodément les bains avec un courant de vapeur passant dans des tubes de verre ou de poterie plongés dans le liquide qui ne doit pas dépasser une température de 60 de-

grès. Les dépôts sont beaucoup plus beaux, plus rapides et plus adhérents.

NICKEL. — Dans 10 parties en poids d'eau distillée chaude, on fait dissoudre une partie de sulfate double de nickel et d'ammoniaque *pur*; on filtre après refroidissement. Dans ces conditions, le bain contient à peu près 10 grammes de nickel par litre, ce qui permet d'obtenir, par heure et par décimètre carré, un dépôt de 1,8 gramme (*Delval*). — Pour obtenir un dépôt épais, on fait dissoudre dans quatre litres d'eau distillée :

Sulfate de nickel <i>pur</i> (bien neutre) ..	1.000 gr.
Tartrate d'ammoniaque <i>neutre</i>	725 —
Acide tannique à l'éther	5 —

On fait bouillir un quart d'heure et on ajoute 16 litres d'eau distillée; on filtre et on décante. Ce bain peut se remonter infiniment.

ARGENT. — On fait dissoudre 150 grammes de nitrate d'argent dans 10 litres d'eau; on ajoute 250 grammes de cyanure de potassium *pur*, en agitant jusqu'à parfaite dissolution, et on filtre. On obtient un vieillissement artificiel du bain en y ajoutant 1 à 2 millièmes d'ammoniaque. Quand l'anode noircit, il faut ajouter un peu de cyanure; quand elle blanchit, il faut ajouter un peu



d'azotate d'argent. Avec un courant normal, un bain qui contient 30 grammes d'argent par litre laisse déposer 2 grammes par heure et par décimètre carré; la formule ci-dessus donne un bain de 10 grammes d'argent par litre, ce qui est suffisant pour les petits travaux. On argente le plus ordinairement à froid.

Or. -- *Bain froid* pour grandes pièces : Dans 2 litres d'eau distillée, faites dissoudre 100 gram. d'or vierge transformé en chlorure; d'autre part, préparez une dissolution de 200 grammes de cyanure de potassium *pur* dans 8 litres d'eau; mélangez les deux liqueurs qui se décolorent, faites bouillir pendant une demi-heure et filtrez après refroidissement. L'anode doit plonger entièrement dans le bain, d'où il faut la sortir quand on interrompt le courant.

Bain chaud pour menus objets :

	Argent et cuivre	Fonte, fer et acier
Phosphate de soude cristallisé...	600 gr.	500 gr.
Bisulfite de soude.....	100 —	125 —
Cyanure de potassium <i>pur</i>	10 —	5 —
Or vierge transformé en chlorure.	10 —	10 —

Dissoudre à chaud le phosphate de soude dans 8 litres d'eau, laisser refroidir le chlorure d'or dans 1 litre d'eau, mélanger peu à peu la seconde

solution à la première; dissoudre le cyanure et le bisulfite dans 1 litre d'eau et mélanger cette dernière solution aux deux premières

Avec ce bain convenablement chauffé, la dorure est très rapide. On emploie une anode de platine qu'on enfonce plus ou moins dans le bain pour obtenir différentes teintes qui se produisent aussi par le mélange de sels d'argent ou de cuivre et le réglage du courant.

En moyenne, un bain contenant un gramme d'or par litre peut déposer 30 centigrammes par heure et par décimètre carré (*Delval*).

Au sortir du bain, les pièces métallisées doivent être plongées dans l'eau bouillante et rapidement séchées à la sciure de bois; certains objets sont ensuite polis ou brunis, mais on ne peut leur donner un bon *fini* si le métal sous-jacent n'a été convenablement préparé avant la mise au bain.

Pour plus amples renseignements, on consultera avec fruit les ouvrages des auteurs que nous avons cités : *Delval*, *Roseleur*, l'excellent *Formulaire* de M. Hospitalier, un peu trop savant peut-être et trop bourré de chiffres pour des praticiens, l'*Electrolyse*, de M. Fontaine, etc

En ce qui concerne la reproduction des médailles, statuettes, animaux, empreintes diverses,



photographies, etc., nous ne pouvons donner ici aucun renseignement de plus que ceux qui précèdent, toute la différence qui existe entre cet art et les dépôts métalliques à faible épaisseur, résidant uniquement dans la durée du bain et la préparation des moulages, ce qui n'a rien d'électrique.

Ma foi, sans pouvoir dire ce qu'elle fera demain, cette jolie fée aux multiples transformations, je constate que, dès maintenant, après avoir été la confidente de nos pensées et avoir porté notre voix aux extrémités du monde avec la rapidité même de l'éclair, elle peut devenir l'auxiliaire du forgeron, trier les minerais, les fondre, marteler les métaux, les souder, les percer, les travailler de mille manières; elle vieillit le cognac et le vin, et momifie pour l'éternité les plus délicates petites bestioles ou les fleurs les plus légères; c'est un précieux désinfectant et un énergique agent de blanchiment; elle tue les microbes, fortifie les muscles et fait pousser les plantes; c'est l'auxiliaire du photographe et de l'imprimeur, de l'aéronaute, du marin, du mécanicien sur sa locomotive; elle est partout dans l'atmosphère immense et elle se laisse mettre en bouteille; et, s'il faut dire toute ma pensée, je crois bien que la lampe d'Aladin n'était pas autre qu'une lampe électrique.

Quoi de plus merveilleux, en effet, que ce simple globe ou ce serpent de verre dans lequel il n'y a rien, pas même d'air, et qui, soudain, à l'approche d'un fil de cuivre, à l'approche de la main nue, s'illumine brillamment et éclaire toute



une chambre d'une lumière peut être
intense en ces conditions, mais dont l'éclat de-
vient insoutenable si l'on a mis un vulgaire petit
morceau de charbon dans l'ampoule vide.

Cela surprend, n'est-ce pas? une semblable
description.

Rien n'est plus exact pourtant et, avec un œuf
électrique ou un tube de Geissler dans lesquels le
vide avait été poussé jusqu'à un vingt-million-
nième d'atmosphère, M. Nikola Tesla a pu obte-
nir les résultats ci-dessus au moyen d'une très
ordinaire bobine de Ruhmkorff isolée avec soin.
Il existe même une société financière qui se pro-
pose d'exploiter industriellement ses procédés;
mais je dois avouer que mon enthousiasme est
moins grand pour les industriels que pour le sa-
vant; car si magnifiques que soient les phéno-
mènes étudiés par M. Tesla, à la suite de Crookes
et de Becquerel, je ne crois pas qu'on puisse, en
l'état actuel, les utiliser pratiquement.

D'ailleurs, n'avons-nous pas cette jolie et si
commode petite lampe à incandescence, qui
éclaire, elle aussi, sans brûler, et dont le filament
de charbon ne se désorganise qu'au bout d'un
temps fort long, 600, 800, 1,000 heures, et quel-
quefois plus?

Quand il n'aurait que ce titre de gloire d'avoir rendu pratique la lampe à incandescence, cela suffirait à Edison pour lui assurer l'immortalité. La première idée des lampes à incandescence semble appartenir à Jobard qui disait, en 1838, qu'un petit charbon employé comme conducteur d'un courant dans une chambre vide donnerait une lampe électrique à lumière intense, fixe et durable. En 1844, M. de Changy essaya cette lampe dont il poursuivit la réalisation jusqu'en 1858; en 1844 et 1845, King et Starr, puis Draper avaient essayé du platine incandescent; en 1874, Lodyguine reprit les travaux de de Changy et de Sivan qui avait, vers 1860, cherché à utiliser des filaments de charbon artificiels; Edison commença à s'occuper de la question en 1878; et, en 1881, il vint à l'Exposition d'électricité de Paris, non seulement avec des lampes à incandescence solides, de bon rendement, de longue durée et, pour tout dire en un mot, pratiques, mais encore avec un système complet de distribution de lumière. C'est de cette époque seulement que date l'éclairage industriel et commercial à l'électricité.

A chacun ce qui lui est dû. On a dit, avec raison, c'est vrai, qu'Edison n'avait rien inventé;



mais il a perfectionné avec tant d'ingéniosité et de science qu'il a réussi à rendre utilisables, commodés et économiques une quantité innombrable d'appareils qui, sans lui, dormiraient peut-être encore dans les vitrines des cabinets de physique.

On peut employer les lampes à incandescence :

- 1° Avec les piles ;
- 2° Avec les accumulateurs chargés par des piles ;
- 3° Avec les accumulateurs chargés par une dynamo ;
- 4° Avec une dynamo.

Eclairage par piles. — Méthode essentiellement domestique ; commençons par détourner le public des lampes électriques dites portatives ou transportables, qui contiennent leurs piles ; ces appareils coûtent fort cher et éclairent fort peu ; le pétrole ou l'huile valent beaucoup mieux ; et les lampes en question ne sont utiles que pour un éclairage intermittent, par exemple pour voir l'heure à une montre, ou pour trouver l'entrée d'une serrure, pour prendre une boîte d'allumettes, pour constater que toutes choses sont bien en place, etc. En ces conditions, deux ou trois éléments Leclanché-Barbier à zinc circulaire, ou bien quatre éléments à la mélasine,

grand modèle, seront employés utilement; un bouton interrupteur et une petite lampe de 3 à 4 volts, donnant à peu près la lumière d'une bougie, compléteront l'installation.

Pour avoir un véritable éclairage par piles, il faut employer au moins des lampes de 5 bougies, disposées comme dans une installation industrielle et prenant chacune 1 ampère et demi ou 2 ampères avec un courant de 10 volts; il faut donc, pour chaque lampe, cinq à six éléments Bunsen ou au bi-chromate, de préférence du modèle rationnel, qui est plus économique, ce qui représente, par lampe, une dépense d'installation de 120 francs environ, et une dépense journalière de près de 5 francs, pour un éclairage de cinq à six heures par jour. — Pour le même prix, on peut avoir deux lampes de 3 ou 4 bougies. En abaissant — ce qui peut se faire — le prix d'installation à 100 francs, et les dépenses d'exploitation à 4 francs par jour, pour deux lampes de quatre bougies fonctionnant pendant six heures par jour, on voit que le prix de la bougie-heure revient à dix centimes, non compris l'amortissement — qui est insignifiant. — C'est quatre fois plus cher que l'éclairage à la bougie de stéarine qui, elle-même, n'est pas bon



marché. Mais, en revanche, c'est bien plus com-
mode, plus joli, plus propre, et surtout moins cher!

Voici quelques chiffres qui parlent éloquemment en faveur de l'éclairage électrique; c'est un tableau dans lequel M. Hammont a consigné les quantités d'air vicié, d'oxygène consommé et d'acide carbonique produit pendant une heure par diverses sources lumineuses pour une intensité d'éclairage d'environ 12 bougies :

MODE D'ÉCLAIRAGE	Oxygène consommé, en litres	Acide carbonique produit en litres	Air vicié en litres	Calories dégagées
Electricité par incandescence....	0	0	0	84
Gaz.....	95	56	450	550
Huile.....	130	94	675	580
Pétrole.....	170	121	991	822
Essence minérale.	180	130	940	830
Bougie.....	240	175	1240	940
Chandelle.....	340	245	1650	1260

Le nouvel éclairage par incandescence au gaz est un peu moins dangereux que l'éclairage au gaz ordinaire; néanmoins, il chauffe encore près de dix fois plus qu'une lampe électrique et, à lumière égale, il consomme plus d'oxygène que les anciens brûleurs à gaz.

« Quelle est la mère, ajoute M. Hammont, qui

donnerait à son enfant une nourriture qu'elle saurait dangereuse pour sa santé, parce qu'elle l'aurait à meilleur compte ? Et c'est cependant ce que nous faisons chaque jour en nous éclairant au gaz. »

Du reste, on peut s'éclairer à l'électricité à bien meilleur compte, par exemple en employant des piles au bi-chromate (piles rationnelles), dont le courant sert à charger des accumulateurs ; pour cet usage, les accumulateurs Faure-Sellon-Volckmar nous semblent préférables aux accumulateurs Fulmen, dont la résistance intérieure est un peu plus considérable mais qui ont, en retour, une capacité presque double. La pile rationnelle peut fonctionner 10 à 15 heures par jour, pendant des années, sans demander autre chose que quelques dragées de zinc et un peu d'eau acidulée une fois par jour, et de la solution bi-chromatée tous les trois ou quatre jours. — Soit une installation de 10 lampes de 20 bougies chacune, avec un courant de 30 volts et 1 ampère ; les lampes devant éclairer 6 heures par jour, il nous faudra donc un courant de (3 watts \times 10 bougies \times 10 lampes) 300 watts pendant 6 heures, ce qui nous fait, en multipliant ces 300 watts par 3,600 secondes et par 6 heures, 6,480,000 watts-



heure. Le type moyen d'accumulateurs que nous aurons choisi, donne 2 volts et peut débiter 1,5 à 2 ampères par kilog.; il contient 10 ampères-heure par kilog.; pour assurer au courant la tension nécessaire, il faudra grouper en série 15 à 20 éléments d'accumulateurs; un tel accumulateur donnant 72,000 watts-heure par kilog., la batterie devra peser 90 kilogs pour les 6,480,000 watts-heure consommés chaque soir, soit 100 kil. à 3 fr. le kilog. (moyenne large), ci : 300 fr.

— Pour charger les accumulateurs de ces 6,480,000 watts-heure, on dispose de 18 heures, puisque la batterie secondaire travaille 6 heures par jour; c'est-à-dire qu'il faut produire, par heure, un courant de 360,000 watts-heure ou 100 watts par seconde; une pile rationnelle de 10 à 12 éléments (*au grand maximum*) permet d'obtenir ce courant; c'est une dépense d'environ 150 francs; soit, au total, et en chiffres ronds, 600 francs pour toute l'installation, y compris la canalisation, l'appareillage et la pose.

Quant aux dépenses d'exploitation, en comptant que les dix lampes fonctionnent ensemble six heures pleines par jour, on peut les évaluer tout en gros à deux ou trois louis au moins par jour, y compris l'amortissement.

Je ne crois pas qu'on puisse trouver meilleur marché.

Une installation par accumulateurs et dynamo attelée sur moteur hydraulique coûte bien moins pour l'exploitation (huile, chiffons, acide pour accumulateur, etc.); mais elle coûte beaucoup plus cher d'établissement et l'amortissement ne peut plus être négligé; cependant, tout compte fait, c'est le moyen de production de lumière de beaucoup le plus économique; et je crois qu'il n'est pas besoin d'insister davantage sur ce point pour qu'il soit bien compris. L'installation avec moteur à vent, si on la veut régulière et sérieusement faite, est plus chère, parce qu'elle exige, à notre avis, l'utilisation d'un réservoir d'eau pour la mise en marche d'un moteur hydraulique; atteler directement sa dynamo sur le moulin à vent, c'est risquer de ne pas avoir d'électricité quand on en a besoin; c'est risquer aussi de détériorer sa dynamo et ses accumulateurs; nous ne conseillerons jamais cette disposition à personne. Au reste, on peut, au lieu d'un réservoir à air libre, prendre un réservoir à air comprimé, comme ceux de M. Carré, ce qui revient moins cher et prend moins de place.

Quant à l'installation par moteurs *artificiels*,



elle est évidemment préférable dans la majorité des cas, et l'on doit employer à pétrole en province ou le moteur à gaz à Paris, de préférence aux moteurs à vapeur dont l'exploitation est sujette à des règlements prudents mais ennuyeux, qui ne les rendent pratiques que dans les grandes usines. Encore, jusqu'à cent chevaux, il vaut mieux prendre un moteur à pétrole qu'on emploie à la charge des accumulateurs distribués ensuite à domicile, ou, si l'on peut, un moteur à air comprimé, qui ne coûte pas plus de cinquante centimes par cheval-heure.

Occupons-nous maintenant de la distribution de la lumière électrique.

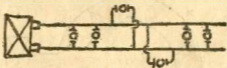


Fig. 50. — Groupement des lampes en dérivation.

Le mode le plus avantageux pour les lampes à incandescence est le groupement en *dérivation* (fig. 50), qui conserve à chaque lampe son indépendance, de sorte qu'on peut l'allumer ou l'éteindre sans agir sur les autres, sinon par

l'augmentation ou la diminution de la résistance totale du circuit.

Pour distribuer à chaque lampe la même intensité de courant, il faut que la résistance de la ligne soit la même en chacun des points du cir-

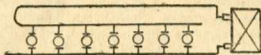


Fig. 51. — Montage en boucle.

cuit, ce qui n'a pas lieu avec le montage en dérivation quand les lampes sont nombreuses ; on adopte alors le montage en boucle (fig. 51), ou le montage en couronne (fig. 52).

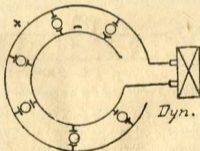
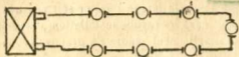


Fig. 52. — Groupage en couronne.

Le groupage en série ou en tension (fig. 53)



est quelquefois plus commode, mais il a l'inconvénient d'obliger à éteindre et allumer



Dynamo

Fig. 53. — Groupage en série.

les lampes à la fois; on a souvent avantage à monter en série des groupes de lampes placés en dérivation sur les conducteurs principaux (fig. 54); il faut alors avoir soin que les

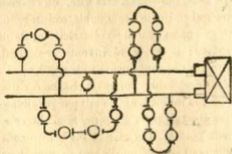


Fig. 54. — Groupement en dérivation de séries de lampes.

différents groupes, s'ils ne comportent pas le même nombre de lampes, s'équilibrent sur la

canalisation, de façon à ce que toutes les lampes absorbent le courant proportionnellement à leur intensité lumineuse.

Bien que la lampe à arc ne soit pas très employée dans les petites installations, cependant, comme elle peut rendre de grands services en certains cas particuliers, surtout pour les travaux de nuit, industriels ou agricoles, nous dirons rapidement quelques mots.

C'est en 1808 que Davy, pour la première fois, fit jaillir l'arc électrique entre deux crayons de charbon de bois éteint dans le mercure; quelques années après, Léon Foucault substitua au charbon de bois, qui s'usait très vite, du charbon de cornue qui présentait le double avantage d'être meilleur conducteur de l'électricité et de durer davantage; puis Carré inventa ses charbons agglomérés qui sont encore universellement employés. Cependant, comme les charbons s'usaient toujours, la lampe à arc n'était pas possible puisque, au bout de peu de temps, la distance entre les deux pointes de charbon était trop considérable pour que l'étincelle put jaillir; deux inventions permirent de remédier à cet inconvénient: celle de Jamin, qui enfermait les charbons dans un milieu privé d'air, où ils ne se consumaient



pas — mais on a reconnu que les lampes constituées ne donnaient pas de bons résultats pratiques — ; et celle de Serrin qui, par un mouvement d'horlogerie, faisait glisser les charbons l'un vers l'autre, au fur et à mesure qu'ils s'u-

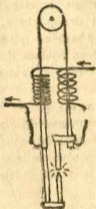


Fig. 55. — Lampe Pilsen.

saient ; plus récemment, en employant les courants alternatifs, Jablochkoff construisit ses bougies, si remarquables par leur ingénieuse simplicité et la sûreté de leur fonctionnement.

Le nombre des différents systèmes de lampes à arc est considérable, mais bien peu sont réelle-

ment bonnes ; celles que nous préférons sont les Jablochhoff, les Cance et surtout les Pilsen, dont la fig. 55 donne le diagramme théorique.

Ces lampes sont, de toutes, les plus simples ; elles ne contiennent ni ressort ni mécanisme et, seules, les variations du courant peuvent agir sur l'écartement des charbons, en attirant les noyaux — porte-charbon — qui se meuvent dans l'intérieur des deux bobines, dont l'une, à gros fil, est placée en série ; et l'autre, en fil fin, en dérivation.

Nous ne croyons pas que ces lampes puissent mal fonctionner ; un mauvais constructeur, seul, pourrait peut-être, en le faisant exprès, les rendre défectueuses, et ce n'est pas le cas de M. Fabius Henrion qui a le monopole de leur fabrication.



CHAPITRE IX

Chaleur. — Cuisine et chauffage à l'électricité. — Soudure électrique. — Fusion des métaux et minerais. — Fabrication du gaz par l'électricité. — Transport de la force. — Les moteurs domestiques.

On ne se fait pas facilement à l'idée que l'électricité puisse être une somme de chaleur bien puissante ni surtout bien économique. C'est une erreur relative.

Il est vrai qu'actuellement l'électricité n'est pas communément employée à la production de la chaleur; mais on connaît, cependant, des dispositifs par le moyen desquels on pourra, sans doute, après quelques perfectionnements, produire à bon marché la chaleur électrique; nous

donnons dans notre deuxième volume quelques prix de revient.

Parmi les plus anciennes applications, et les plus connues de l'action calorifique du courant,



Fig. 56. — Allumoir électrique.

on trouve les *allumoirs*. La fig. 56 en reproduit un, de modèle courant; il se compose d'une petite lampe à essence de pétrole et d'un fil de platine qui sort de la gueule de la tête de lion, et



que le courant porte au rouge blanc **ULTIMHEAT**[®]
appuie sur un bouton interrupteur non indiqué
sur cette figure.

Ce petit appareil fonctionne avec trois éléments Leclanché-Barbier grand modèle.

On a également utilisé, pour beaucoup d'appareils du même genre, la chaleur de l'étincelle, notamment dans le robinet allume-gaz inventé par Née et qui s'applique soit aux becs de gaz pour éclairage, soit aux allume-cigares qui sont l'indispensable complément de tout bureau de tabac bien tenu; en cette dernière application, l'électricité a cet avantage de ne provoquer la combustion du gaz qu'au moment précis où l'on en a besoin et le dispositif est tel que le gaz s'éteint dès que le petit bec par où il s'échappe est revenu à sa place. Pour obtenir une étincelle plus nourrie, on utilise les *courants de rupture de haute tension* qui se produisent par *auto-induction* dans une bobine lorsqu'on rompt brusquement le circuit électrique dont cette bobine faisait partie. Sur le même principe, M. Bréguet a combiné un appareil, dit *coup-de-poing*, par le moyen duquel on produit une étincelle assez forte pour faire détoner les cartouches de dynamite employées dans les mines.

Mais on est encore allé plus loin et, en faisant passer le courant électrique dans des corps mauvais conducteurs et réfractaires, on arrive à les échauffer tellement qu'on peut utiliser la

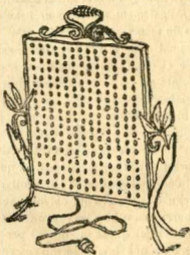


Fig. 57. — Radiateur électrique.

chaleur ainsi produite pour la cuisine (fers à friser, à repasser, chaufferettes, casseroles, bouillottes, fourneaux de cuisine, etc.), et même le chauffage des appartements. La figure 57 repro-



duit un *radiateur* Crompton; c'est, comme on le voit, une sorte d'écran en métal, de deux centimètres d'épaisseur et de surface variable, qu'il suffit de mettre en relation, au moyen d'un fil souple, avec une canalisation électrique, pour avoir une chaleur douce, régulière et réglable à volonté.

On ne peut guère imaginer un foyer plus commode, plus propre et plus simple; à vrai dire, il est d'une forme un peu... anglaise, mais il ne serait pas difficile de lui donner un aspect moins inélégant, et nous ne saurions trop le conseiller aux personnes qui disposent d'une chute d'eau, car il devient alors, en outre des qualités ci-dessus, le foyer le plus économique.

Toutes les applications précédentes de la chaleur électrique peuvent être assez facilement réalisées par le courant direct des piles, des accumulateurs ou des dynamos. Au moyen des transformateurs, on est parvenu à obtenir des courants d'une intensité énorme qui permettent de produire des températures aussi élevées que celles des hauts-fournaux. C'est un Russe, M. de Bénardos, qui s'est plus particulièrement distingué en cet ordre d'idées, bien que plusieurs autres savants industriels se soient, dans le

même temps, préoccupés de la même question. En principe, les transformateurs employés en électro-métallurgie ne diffèrent nullement de ceux qu'on utilise pour le transport de la force ou pour la distribution de la lumière; seulement, au lieu de les utiliser à transformer un courant de quantité en courant de tension, on y transforme un courant de tension en courant de quantité. La dynamo qui produit ce courant alternatif peut être quelconque, pourvu qu'elle donne une quantité de watts suffisante pour le travail qu'on veut faire; un bon modèle de transformateur pour l'électro-métallurgie est celui de Zipernowsky (fig. 24); le fil fin reçoit le courant primaire venant de la dynamo, et le courant secondaire prend naissance dans une grosse barre de cuivre qui remplace le gros fil et ne fait qu'un tour à l'intérieur du transformateur; l'aimant est toujours composé de fil de fer fin et placé autour de la couronne de cuivre; les deux extrémités de l'induit aboutissent à deux mâchoires en cuivre dans lesquelles sont serrées les extrémités des pièces à souder (fig. 58), qui, sous l'action du courant, rougissent, se ramollissent et se collent l'une à l'autre avec une grande solidité. On a employé ce procédé pour souder



même des rails en acier, non pas des rails de chemins de fer d'enfants, des rails de long, et qui portent des locomotives de 100 tonnes.



Fig. 58. — Soudure électrique.

Nous signalons tout particulièrement ce procédé aux petits industriels, persuadé qu'ils en pourront tirer un grand parti pour la soudure

autogène des petites pièces de fer, d'acier, de fonte, de platine ou de laiton. Au reste, pour les pièces qui n'ont pas à être soudées en bout, on use d'un procédé un peu différent : on les pince dans un étau en communication avec un des pôles du transformateur (ou, si ce sont des pièces en fer, on les y colle au moyen d'un fort électro-aimant) ; de la main gauche *gantée de caoutchouc*, on maintient la pièce à souder, et, de la main droite, *également gantée de caoutchouc*, on promène, aux points où doit se faire la soudure, son crayon de charbon maintenu dans un manche isolant où aboutit le fil venant de l'autre pôle du transformateur ; à la chaleur de l'arc électrique, les métaux se fondent et se combinent ; dès que la pointe du crayon est passée, la soudure se refroidit.

Puisque l'occasion s'en présente, insistons tout particulièrement sur la nécessité absolue de s'isoler avec soin du courant et de protéger la peau des mains et du visage, et, par-dessus tout, les yeux, de l'éclat de l'arc électrique ; 99 0/0 *au moins* des accidents provoqués par l'électricité sont dus à des imprudences ; or, suivant les circonstances et les prédispositions individuelles, ces accidents peuvent provoquer des désordres



extrêmement variés, depuis la mort et l'alyse, jusqu'aux brûlures et aux congestions passant par le *coup de soleil électrique* (qui amène presque infaiblement l'érysipèle) et par le crachement de sang (qui est souvent l'origine d'une tuberculose). L'électricité n'est pas un joujou ; elle demande à être maniée avec science et prudence ; et c'est un peu pour cela que nous n'avons pas voulu parler ici de l'électricité médicale dont l'abus ou le mauvais usage peuvent donner lieu à de très mauvais résultats.

Mais revenons à nos moutons.

La chaleur de l'arc électrique n'a pas été employée seulement au travail des métaux ; il y a longtemps déjà, Despretz est arrivé à fabriquer du diamant au moyen d'une lampe à arc, diamant inutilisable, et qui se présentait sous forme de poussière reconnaissable seulement au microscope ; mais ce résultat si minime au point de vue pratique laissait entrevoir tout le parti qu'on pouvait tirer, en ce sens, du courant électrique.

Aujourd'hui, les minerais d'aluminium sont presque exclusivement traités à l'électricité ; plusieurs autres métaux sont également induits par la même voie ; et, il faut le dire bien haut,

N'est surtout aux efforts des savants français et, particulièrement de M. Moissan, que ces résultats sont dûs.

La découverte scientifique la plus inattendue et même la plus amusante a été accomplie, ces temps derniers, précisément en cet ordre d'idées et à la suite des travaux de M. Moissan, par M. Wilson, un Américain. En soumettant un mélange de charbon et de chaux à la chaleur intense et à l'action chimique d'un arc électrique, M. Wilson obtient un corps composé, le carbure de calcium, qui se combine à l'eau à la température ordinaire, en produisant en grande quantité du gaz acétylène — que M. Berthelot avait déjà obtenu en faisant jaillir l'arc électrique dans une atmosphère d'hydrogène. Or, ce gaz acétylène est très combustible et excessivement riche en carbone, si bien qu'il donne une flamme très lumineuse et que, mélangé au gaz d'éclairage ordinaire, il en augmente de beaucoup le pouvoir éclairant.

L'électricité venant au secours des usines à gaz, voilà qui n'est pas banal ! Aussi, comme il est très vraisemblable que, d'ici peu de temps, l'usage de l'acétylène — le gaz électrique!?! — va se répandre, il nous a paru intéressant d'en



faire ici connaître l'origine; on verra, par le schéma de la figure 59, combien simple est la construction

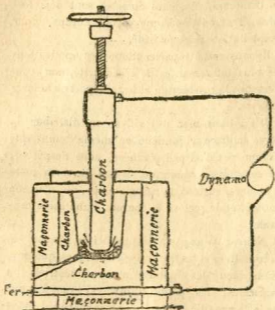


Fig. 59. — Four électrique.

construction du four de M. Wilson, et l'on comprendra qu'il puisse fournir le carbure de calcium à bon compte (environ 100 fr. la tonne, pour commen-

cer), puisqu'il emprunte, pour faire tourner ses dynamos, la force motrice aux chutes du Niagara. D'ailleurs, plusieurs Sociétés sont déjà formées, tant en Amérique qu'en Europe, pour l'exploitation de ce procédé.

Il nous reste à parler d'une des applications les plus intéressantes de l'électricité, nous voulons dire la production et le transport de la force motrice.

Déjà, dans bien des villes, on distribue la force motrice à domicile en même temps que la lumière; d'ici peu d'années, nous l'espérons, ce sera chose commune, et l'on ne verra guère d'ateliers, surtout de petits ateliers, qui n'ait son moteur et ne reçoive le courant d'une usine centrale.

Nous n'avons pas à détailler ici ce que sont les locomotives et les tramways électriques, quoique, dans bien des établissements industriels ou agricoles, les petits tramways, montés sur voie Decauville, aient leur place marquée; nous ferons seulement ressortir ceci, c'est que, partout, sur les bords d'un cours d'eau ou dans une exploitation où l'on dispose d'un surcroît de force motrice, l'installation d'un tramway électrique, soit à l'intérieur de l'usine, soit pour



relier des bâtiments éloignés est payée naire, en moins d'un an; et cela se comprend du reste.

D'ailleurs, rien de plus simple à installer: les voies Decauville se posent partout, sur la terre nue, et il suffit de faire courir le long des rails, sur des poteaux convenablement espacés, un double fil qui apportera au moteur le courant de la dynamo, laquelle pourra, entre temps, servir à d'autres usages (lumière, charge d'accumulateurs, galvanoplastie, électrométallurgie, etc.).

Les Américains, qui sont beaucoup plus pratiques que nous et qui ne regardent pas à faire une dépense qui doit leur rapporter de l'argent, n'hésitent pas à installer un tramway électrique dès qu'ils pensent y avoir quelque avantage; dans leurs magnifiques forêts qu'ils saccagent avec tant de vandalisme, le transport des bois ne s'effectue guère que par ce moyen; la voie est alors tout simplement un gros câble d'acier, tendu d'arbre en arbre au-dessous des câbles électriques, et la locomotive est une sorte de bicyclette dont les roues à gorge cheminent sur ce gros câble, tirant un long train de poulies à gorge auxquelles sont suspendues les poutres à

ont
que
an-
ra-
la
ple
les
us,
ans
ire
me

de
ins
lon
ne,
et
ine
rait
gle
hez
du

peines équarries, ou les bûcherons avec leurs outils et leurs vivres.

Ce n'est pas plus difficile que cela. *All right ! Time is money.*

Les voitures électriques peuvent rendre aussi les plus grands services ; et elles ont fait leurs preuves ; mais elles ont le grand inconvénient de ne pouvoir marcher qu'en emportant leur lourde provision d'accumulateurs ; nous ne les conseillerons donc, jusqu'à nouvel ordre, que pour les petits voyages et seulement dans le cas où l'on peut transformer en électricité une force naturelle — eau ou vent.

En revanche, il nous semble presque impossible que, d'ici fort peu de temps, il existe en France une seule ferme un peu importante où l'on ne possède pas deux ou trois électro-moteurs pour actionner, soit dans les granges, soit aux champs, les charrues, sarcleuses, herses, faucheuses, batteuses, vanneuses, pressoirs, pompes, etc.

C'est si pratique et si bon marché, pour qui a à sa disposition le vent ou l'eau, que nous ne comprenons pas comment il n'existe pas dès maintenant un plus grand nombre de *fermes électriques* ; avec des électromoteurs bien con-



duits, on économiserait, par an, au ^{soins de} moitié des frais de traction par homme, chevaux, mulets et ânes.

Les peuples que nous appelons sauvages sont souvent bien plus civilisés que nous ; tandis que je déplore de ne pas voir l'électricité plus répandue en France, je me rappelle avoir eu, au Paraguay, où je dirigeais une usine électrique, la surprise de voir une métisse, vêtue d'une simple chemise et d'un jupon de calicot — comme elles sont toutes là-bas — les bras et les jambes nus, un gros cigare guazu aux lèvres, occupée, dans sa cabane de terre sèche et de bambou, à faire un ourlet à la machine électrique, mue par une pile au bichromate !

Et, quelques mois après, dans la capitale de la Bolivie, une ville importante d'au moins 6.000 âmes, je rencontrais un superbe négriillon qui, coiffé d'un rutilant chapeau à haute forme, vêtu d'une jaquette de coupe irréprochable et d'un pantalon d'indienne à ramages, ganté de fine peau de Suède, mais sans souliers, me montrait avec un orgueil bien légitime que son épingle de cravate contenait une lampe bijou de chez Trouvé, actionnée par une pile hermétique du même électricien.

Hélas ! je baissai la tête, confus, humilié ; ce sauvage était plus *dans le train* que bien des Français ; la métisse à la machine à coudre était aussi plus *dans le train*, car, où sont, chez nous, les ménagères intelligentes qui comprennent qu'un électromoteur économiserait à la fois leur temps et leur santé et qu'en l'employant pour leurs travaux de couture, elles seraient ainsi remboursées au double des frais qu'il leur occasionnerait ? Où sont les femmes du monde assez pratiquement artistes et amoureuses de leur bien-être et de leur hygiène pour faire installer dans leurs salons les lampes, les foyers et les ventilateurs électriques (fig. 60) ? Où sont les bourgeois assez économes et soucieux d'épargner les forces de leurs domestiques (et d'éviter leurs indiscretions) pour se servir d'un monte-plats électrique, d'une serrure électrique s'ouvrant et se fermant à distance, d'un système de sonneries électriques avec téléphones, etc. ? Où sont les ouvriers assez désireux de travailler vite et bien pour comprendre l'avantage qu'ils retireraient d'une machine-outil, d'un simple tour mis en marche par un petit moteur du genre de celui ci-dessus et à peine plus gros ? Où sont les amateurs qui, riches de temps et d'argent, consentent



à se rendre compte que l'électricité peut leur procurer les distractions les plus puissantes? Où sont, en un mot, les gens qui réfléchissent et voient qu'en l'électricité est l'avenir — déjà



Fig. 60. — Ventilateur électrique.

proche — de toute notre industrie, de toute notre civilisation matérielle?

De ceux-là, il y en a peut-être, certainement même; mais il n'y en a pas beaucoup! C'est pour en augmenter le nombre que ce petit livre a été

CHAPITRE V. — Instruments de mesure, de réglage et de protection. — Voltmètres. — Ampère-mètres. — Electro-dynamomètres. — Compteurs. — Rhéostats. — Coupe-circuits. — Conjoncteurs-disjoncteurs. — Paratonnerres....	95
CHAPITRE VI. — Sonnerie et signaux divers. — Téléphonie domestique et industrielle. — Téléphones magnétiques. — Microphones. — Radiophones. — Télégraphie. — Télégraphe Morse. — Télégraphe Bréguet. — Télégraphe Hugues. — Les pantélégraphes. — Télégraphie et téléphonie simultanées.....	112
CHAPITRE VII. — La galvanoplastie. — Opérations préliminaires. — Mise au bain. — Opérations consécutives. — Bains de cuivre, nickel, argent, or. — Reproductions ...	138
CHAPITRE VIII. — La lumière électrique. — Œuf électrique et tubes de Geissler. — La lampe à incandescence. — Eclairage par piles, accumulateurs et dynamo. — La lampe à arc.....	150

Pages

CHAPITRE IX. — Chaleur. — Cuisine et chauffage à l'électricité. — Soudure électrique. — Fusion des métaux et minerais. — Fabrication du gaz par l'électricité. — Transport de la force. — Les moteurs domestiques..... 167
