

H. DE GRAFFIGNY

Ingénieur Civil

LE PETIT

Constructeur Electricien

MANUEL PRATIQUE

POUR CONSTRUIRE SOI-MÊME

PILES — ACCUMULATEURS

PETITES DYNAMOS ET MOTEURS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

BOBINES — ÉLECTROS — LAMPES A ARC — TÉLÉPHONES

APPAREILS DE TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

MOTEURS A CHAMP TOURNANT, etc.

Sixième Édition refondue et augmentée

Illustrée de 187 figures explicatives dessinées par l'auteur

PARIS

LIBRAIRIE GÉNÉRALE SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE

H. DESFORGES

29, Quai des Grands-Augustins, 29

1920

Majoration temporaire de 50 %

DU PRIX MARQUÉ

à partir du 1^{er} Septembre 1919

LE PETIT

CONSTRUCTEUR ÉLECTRICIEN

OUVRAGE DU MÊME AUTEUR

En vente à la Librairie H. DESFORGES

Guide-manuel pratique de l'ouvrier électricien. 5^e édition (en préparation).

Le Tricar. Une brochure avec 28 figures 1 25

Le Constructeur d'Appareils aériens. 2^e édition. Un volume in-8^o avec 107 figures (1911). Broché 3 »

Le Formulaire de l'Ouvrier mécanicien, électricien, aviateur. In-18. Broché..... 4 50

Le Conducteur de Machines. 1^{re} partie : Machines à vapeur. 2^e partie : Moteurs à gaz et à pétrole. Chaque partie, 1 volume, 150 pages. Broché 1 50

H. DE GRAFFIGNY

Ingénieur Civil

LE PETIT
Constructeur
Electricien

MANUEL PRATIQUE

POUR CONSTRUIRE SOI-MÊME

PILES — ACCUMULATEURS

PETITES DYNAMOS ET MOTEURS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

BOBINES — ÉLECTROS — LAMPES A ARC — TÉLÉPHONES

APPAREILS DE TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

MOTEURS A CHAMP TOURNANT, etc.

Sixième Édition refondue et augmentée

Illustrée de 187 figures explicatives dessinées par l'auteur

PARIS

LIBRAIRIE GÉNÉRALE SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE

H. DESFORGES

29, Quai des Grands-Augustins, 29

1920

CHAPITRE PREMIER

ORGANISATION D'UN ATELIER D'AMATEUR

I

Quel que soit le genre d'objet que l'amateur prenne la décision de fabriquer, son premier souci consiste dans l'outillage qui lui est nécessaire pour exécuter le travail avec commodité et précision afin d'arriver à un résultat satisfaisant. Lorsqu'il s'agit surtout d'appareils électriques, dans la composition desquels il entre du bois et des métaux, il faut tout d'abord consentir une certaine dépense pour l'achat des outils indispensables. Suivant un vieux proverbe qui dit : « On ne fait rien avec rien », sans les outils voulus, la personne, même la plus adroite du monde, ne saurait mener à bonne fin aucun travail un peu compliqué. D'autre part, il ne faut pas oublier qu'en notre siècle utilitaire, le temps est plus que jamais de l'argent, et les outils permettent de l'économiser, tout en fournissant la possibilité d'obtenir des résultats plus parfaits à tous points de vue. C'est pourquoi le premier soin de l'amateur doit être d'organiser son atelier, si rudimentaire soit-il, et de le garnir des outils indispensables.

Mais, disais-je dans la préface de la première édition du *Petit Constructeur Electricien*, est-il vraiment possible,

quand on joint au feu sacré qui anime tout débutant, une bourse suffisamment garnie pour ne pas trop regarder à la dépense, est-il possible de compter que l'on réussira à établir soi-même par ses propres moyens, les appareils scientifiques convoités ?... Je répondrai par l'affirmative, car je ne fais qu'expliquer dans ce présent ouvrage comment je m'y suis pris moi-même, bien que n'ayant fait aucun apprentissage spécial, pour établir piles, accumulateurs, bobines d'induction, moteurs électromagnétiques, téléphones, lampes à arc, etc., tous appareils ayant pu fonctionner convenablement et dont des photographies prises sur place montrent l'aspect.

Certes, il ne faut pas avoir la prétention que l'on parviendra du premier coup à doter l'ouvrage de ses mains du fini et de l'élégance qui caractérisent les objets du même genre que l'on peut acheter dans les magasins d'instruments de précision. Ce serait trop demander pour un commencement ; le principal, c'est que *cela marche* ; l'habileté manuelle viendra ensuite petit à petit, grâce à l'habitude, et une pointe de dilettantisme scientifique amènera vite la perfection.

Il ne faut d'ailleurs pas trop s'efforcer, dans les débuts, de rivaliser, pour le fini des pièces, avec les spécialistes disposant d'un outillage de précision très coûteux et d'ouvriers experts dans leur métier. Il faut agir par gradation : commencer par les opérations les plus simples, de manière à se faire la main petit à petit et acquérir l'habitude du maniement des outils. Ainsi, un bon exercice préparatoire est celui qui consiste à tailler dans des fragments de bois assez tendre et peu sujet à se fendre, comme le peuplier, le frêne, le hêtre, des solides de toutes sortes de formes : cubes, cylindres, prismes, pyramides, cônes, vis

à filet triangulaire, quilles, bouteilles, manches ou poignées tels que nos croquis (fig. 1 à 12 ci-dessous) les représentent. Puis, ayant acquis déjà quelque dextérité, on pourra



Fig. 1 à 12. — Exercices de menuiserie simple.
Solides taillés au couteau.

entreprendre des travaux un tant soit peu plus difficiles, requérant l'usage d'outils très simples, tels que la scie et

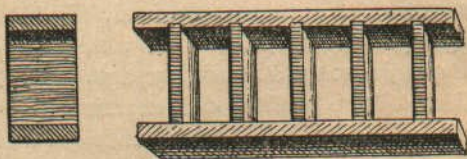


Fig. 13 et 14. — Petite échelle.

le ciseau. On s'appliquera à creuser des mortaises, à creuser des encoches dans lesquelles viendront s'emmancher, comme le montrent les figures 13 à 17, d'autres pièces, de façon à constituer de petits objets usuels, boîtes, échelles, etc. Enfin après cette deuxième étape, qui permettra de se

familiariser avec les principaux outils, on passera à des opérations plus compliquées et on pourra se risquer à commencer une construction sérieuse.

Toutefois, le débutant, l'amateur qui se met dans l'idée

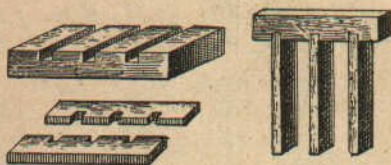


Fig. 15, 16 et 17. — Autres petits travaux simples en menuiserie.

de réaliser par lui-même soit une idée personnelle, soit la copie d'un appareil déjà existant, reconnaitra bientôt quelle serait l'utilité pour lui d'un guide pouvant lui éviter les tâtonnements et les *ratages* inhérents à tout début, et l'empêchant souvent de gaspiller temps et argent pour arriver au découragement final. C'est frappé par l'avantage que peut présenter un semblable conseiller pratique que j'ai songé à réunir les pages qui vont suivre, de manière à faire profiter de l'expérience acquise par vingt-cinq ans d'études, les personnes qui feuilleteront ce petit volume.

II

Au premier rang des distractions intelligentes qui donnent le plus de satisfaction à l'amateur, il convient de ranger les travaux sur l'électricité. L'apparence en quelque sorte mystérieuse de cette puissance merveilleuse, qui se

plie complaisamment à tous les besoins de l'homme, n'est pas sans produire une attirance toute particulière sur les esprits curieux que séduisent les conquêtes de la science. D'ailleurs, l'électricité est avant tout une science expérimentale, et c'est ce caractère qui, précisément, la rend plus attrayante pour les amateurs. C'est l'expérience qui joue le plus grand rôle dans cet ordre d'idées, et l'on peut avancer qu'on ne peut bien connaître les diverses propriétés de cette forme de l'énergie universelle qu'à la condition de les étudier *de visu*, par des expériences, et non seulement dans des livres qui ne peuvent donner que des théories mathématiques ou des descriptions toujours forcément incomplètes.

Si l'on examine, dans les musées où ils sont conservés, les instruments primitifs construits par les inventeurs qui ont créé l'électrotechnique, d'où ont découlé tant d'applications fécondes, les appareils sortis des mains des Hertz, des Gramme et des Faraday, on sera frappé de ce fait que, si rustiques qu'ils soient, ces dynamos, ces résonateurs, ces électros ont fonctionné !... En les voyant, on sent qu'ils contiennent encore la pensée, le génie des hommes qui les ont conçus, et cet examen suggère le respect envers ces preuves matérielles de l'esprit créateur de ces savants et de ces novateurs, dont les découvertes ont causé une véritable révolution dans les méthodes de travail industriel.

Donc, si l'on veut s'adonner à l'étude des phénomènes de l'électricité ou réaliser des applications pratiques de cette énergie, le mieux est de suivre l'exemple des chercheurs que nous venons de citer et à qui la science est redevable de tant de conquêtes imprévues. Et pour cela, il faudra s'improviser menuisier, tourneur, serrurier et

surtout ajusteur, car il sera nécessaire à plusieurs reprises de manier les outils employés dans ces différentes professions. C'est pourquoi, avant d'entreprendre une construction quelque peu compliquée, il sera bon, ainsi que nous le disions plus haut, de s'essayer sur des pièces sans valeur, afin de se familiariser avec la conduite du rabot, de la varlope, de la scie, du drill et du foret pour le travail du bois ; de la lime, du burin, de la fraise, des crochets de tour, du chalumeau, du fer à souder, pour les métaux.

Que l'on ne croie pas cependant qu'une cargaison d'outils soit indispensable parce que ces outils feront le travail presque tout seuls. On peut fort bien commencer avec un assortiment restreint, quitte à le compléter plus tard au fur et à mesure que le besoin s'en fera sentir. Le mieux sera donc de se procurer, dans l'une des maisons réputées pour la qualité de leurs produits, une boîte ou une trousse d'un des modèles que l'on trouve dans tous les magasins de quincaillerie et les bazars et dont le prix oscille aux environs de 80 francs.

Voici la liste des objets de première utilité qu'il convient d'avoir sous la main à tout instant lorsqu'on travaille le bois :

Marteau, Tenailles.	Vilebrequin et assortiment de mèches.
Scie à débiter.	Pot à colle forte à bain-marie et pinceau.
Scie à découper.	Equerre, Vrilles.
Rabot, Varlope.	Meule et pierre à l'huile.
Ciseau, bédane, gouge.	Plane, Râpe à bois, Compas, Mètre pliant.

Un petit établi avec mâchoire et vis à valet sera de la plus grande utilité ; il permettra de dresser avec commodité les côtés et les faces des planchettes. Il sera muni, pour l'empêcher de remuer, d'équerres en fer, vissées d'une part dans chacun des quatre pieds, d'autre part au

plancher. Pour plus de sécurité, on reliera le plateau de cet établi à la muraille voisine par une bande de fer et des vis.

Si l'on veut travailler les métaux, l'assortiment d'outils qui vient d'être énuméré ne saurait convenir, et voici la liste des instruments les plus indispensables pour les diverses opérations exigées par la préparation et l'ajustage des divers organes mécaniques.

Pincés plates.	Cisaille à métaux.
Pincés coupantes.	Compas d'épaisseur.
Grosse lime plate.	Pied à coulisse
Lime plate fine.	Niveau à bulle d'air.
Tiers-point.	Petite enclume bigorne.
Tournevis.	Etau à agrafes avec mordaches.
Filière et assortiment de tarauds.	Bocfil et scies à métaux.
Drill et assortiment de forets.	Clé anglaise.
	Fer à souder.

L'étau à agrafe, ou mieux à mâchoires parallèles, est indispensable à l'amateur de travaux de petite mécanique. Il se fixe au rebord de l'établi quand le besoin de maintenir une pièce se présente ; on le retire, lorsqu'il faut raboter, en dévissant l'écrou de serrage.

Tous ces outils, pour le travail du bois et des métaux, seront rangés soigneusement dans une boîte ou un coffret de grandeur convenable que l'on placera sous l'établi. Un compartiment spécial de cette boîte, compartiment divisé en petits casiers, contiendra des pointes de différentes grandeurs, des vis, rondelles, écrous, rivets, etc.

Le tiroir de l'établi recevra les objets d'usage constant : mètre, compas, niveau, équerres, papier de verre, toile d'émeri, etc.

III. — TRAVAIL DU BOIS

Le *ciseau de menuisier* est un outil plat, carré par le bout, avec un seul biseau à son extrémité ; ses longs côtés peuvent être droits, mais on les fait plutôt obliques de manière que la lame devienne insensiblement plus large

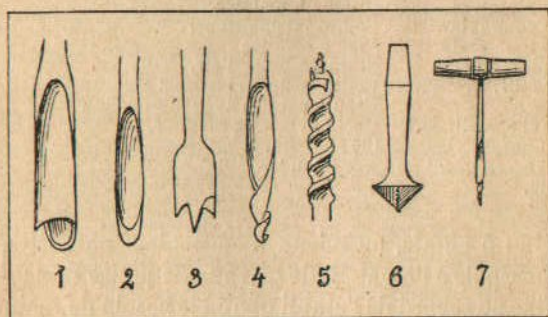


Fig. 18 à 23. — Diverses formes de mèches pour vilebrequin
Fig. 24. — (7) Vrille.

par le bout du taillant que par la partie avoisinant le collet, nom donné à une partie évidée plus épaisse que le reste de l'outil et renforcée ordinairement par une arête.

Le *bédane* sert à creuser les mortaises dans le bois, mais ce n'est toutefois pas un outil spécial : on donne la qualification de *bédane* à un ciseau à bois chaque fois qu'il est disposé de manière à ce que l'endroit où il coupe est la partie la plus large de la lame, quel que soit le raccourcissement que les repassages et affûtages nécessaires puissent lui faire éprouver par la suite. Il faut que la décroissance

soit double, afin que la lame ne touche à la paroi de la mortaise dans le sens vertical ni dans le sens latéral.

Le *vilebrequin* est un outil qui sert à percer des trous dans le bois : il correspond au porte-foret et à la perceuse pour les métaux. On lui adapte des mèches, des tarières et des fraises. Les modèles les plus employés sont les suivants (fig. 18 à 23) :

La *mèche-cuiller* (fig. 1 et 2), cannelée dans le sens de sa longueur et avec bout relevé ; la *mèche à trois pointes* (fig. 3) qui creuse des trous très réguliers et avance promptement ; la *tarière en hélice* (fig. 5), qui mord très âprement et retire avec elle un copeau roulé ; la *tarière Sorby* (fig. 4), dans laquelle le copeau suit une hélice, autour de la tige ; enfin, les fraises *cannelées* (fig. 6) et *tranchantes*, pour évaser, en forme de cône renversé, l'ouverture des trous pratiqués par les mèches.

Parmi les autres outils pour débiter le bois, le dégau-chir, le planer et le redresser, il faut encore citer la *râpe à bois demi-ronde* et la petite râpe conique *queue-de-rat*, la *hachette à main*, la *plane*, l'*équerre à onglet*, le *trusquin*, le *compas*, le *mètre*, les *vrilles*, le *fil à plomb*, etc.

Ce n'est pas assez d'avoir de bons outils, s'ils ne coupent pas très bien ; il faut fréquemment en reconstituer le taillant et le tranchant à mesure qu'ils s'émoussent par l'usage. Une meule est presque indispensable, quoique un peu encombrante et bien qu'il soit nécessaire d'apprendre à l'utiliser. Il faut, en effet, tenir constamment la lame à émoudre sous un angle bien déterminé, ce qui demande une certaine habitude si l'on veut obtenir de bons résultats. La meule doit fonctionner au pied et non avec une manivelle, ce modèle nécessitant un aide pour la tourner. Il est nécessaire d'avoir les deux mains libres pour tenir la lame.

Le repassage d'un outil sur la pierre à l'huile est plus facile, car il s'agit seulement d'adoucir le tranchant en lui donnant le *fil*, mais pour aviver le tranchant émoussé des

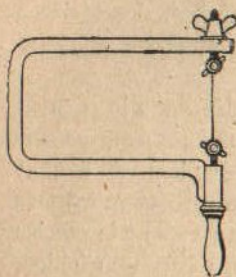


Fig. 25. — Bocfil

fers de rabots, ciseaux, bédanes, etc., affectant un angle déterminé, la pierre ne suffirait pas et c'est pourquoi la présence d'une meule est nécessaire dans l'atelier de l'amateur. Elle pourra servir également pour l'affûtage des outils destinés au travail des métaux. Comme pierre à aiguiser, on donnera la préférence aux pierres dites du Levant ou d'Amérique, à grain fin et bien égal,

sans veines ni nervures qui sont l'indice de parties plus dures. Le fil est donné en passant légèrement le tailant de l'outil sur la surface de cette pierre humectée d'huile.

Ajoutons que l'on trouve dans le commerce des boîtes et des armoires à outils pour amateurs, contenant tout le matériel pour le travail du bois seulement ou pour le travail du bois et des métaux.

En possession d'un outillage, d'abord restreint, on le complètera, à mesure que l'on voudra entreprendre des œuvres plus compliquées nécessitant l'intervention d'un plus grand nombre d'outils. Tous les travaux du menuisier se résument, en réalité, à quatre opérations seulement, qui sont :

1^o Suivre rigoureusement avec la scie la trace d'un trait ;

2^o Percer un trou avec le vilebrequin ;

3^e Dresser un plan à l'aide d'un rabot et de la varlope ;

4^e Enfin creuser une mortaise avec le bédane.

Dans les ajustages les plus compliqués, on ne peut trouver que la répétition de ces quatre opérations. La manœuvre des autres outils n'offre plus la moindre difficulté à qui possède parfaitement le maniement de ceux qui viennent d'être énumérés. Mais il ne faut pas espérer réussir du premier coup, quelque adroit que l'on soit ; il y a une certaine période de tâtonnement et d'apprentissage qu'il faut traverser avant que la main puisse réaliser ce que le cerveau a conçu. On se heurte, au début, à des difficultés insoupçonnées, et l'on gâche forcément de nombreux morceaux de bois, en même temps que l'on écorne plus d'un outil. En général, le commençant a un grand défaut : il veut aller trop vite en besogne. Souvent aussi ses outils coupent mal et, comme il ne sait pas encore les conduire convenablement, il ne parvient pas à un résultat satisfaisant. Ce n'est pas cependant là une raison de se décourager ; bien au contraire, il faut continuer à se faire la main en s'exerçant sur des pièces sans valeur. Avec de la persévérance, on vient à bout, petit à petit, des obstacles du début ; on arrive à dresser une planche et la rendre rigoureusement plane, à suivre à la scie les contours de la pièce la plus bizarrement découpée, enfin à exécuter correctement des assemblages de toute espèce : mortaise et tenon, arasements, queue d'aronde, entures à mi-bois, en sifflet, en trait de Jupiter, etc.

Le collage et le vernissage du bois ne présentent pas de difficultés excessives. La colle forte, destinée à relier et consolider des assemblages, doit s'employer à chaud, le vase qui la contient étant chauffé au bain-marie. Les pièces doivent être fortement serrées pendant le séchage

de la colle, et ce serrage s'obtient aisément au moyen d'une presse à bois formée de deux pièces, le C et la vis que l'on tourne plus ou moins pour obtenir le degré de pression convenable. Quand au vernissage, deux méthodes s'offrent à l'amateur : le vernissage au pinceau au moyen de vernis *copal*, et le vernissage *au tampon*, beaucoup plus long et minutieux, mais d'un aspect bien plus agréable.

IV. — TRAVAIL DES MÉTAUX

La liste des outils nécessaires au travail des métaux a été donnée plus haut, nous n'y reviendrons pas ; nous nous bornerons à quelques indications sur la manière de s'en servir.

Les principales opérations à exécuter consistent à donner la forme que doivent avoir les pièces, puis à les réunir les unes aux autres. La préparation peut se faire, suivant la nature des pièces, soit à l'aide de la forge, soit par l'intermédiaire du fondeur à qui on remet le modèle en bois qu'il doit reproduire.

En possession de la pièce brute, après sa sortie du moule, il faut la travailler ; tout d'abord la limer pour l'ébarber et la ramener à ses proportions exactes, puis la tarauder, la percer, l'aléser, la dresser, ce qui exige l'usage des divers outils énumérés un peu plus haut.

L'outil dont l'emploi est le plus courant est la lime ; aussi est-il nécessaire d'en posséder un assortiment complet comprenant : une grosse lime plate, une lime *bâtarde*, taillée sur trois côtés seulement, le quatrième permettant d'opérer dans un angle en n'attaquant qu'un des côtés ; la *demi-ronde*, qui a une de ses faces dressée suivant un arc de cercle ; le *tiers-point* ou *trois-quart*, dont la section

est *triangulaire*; la *queue-de-rat* cylindrique et pointue à son extrémité; la *coutelle*, mince, et la *sciotte*, qui n'est taillée que sur son épaisseur. Ces diverses limes sont à taille demi-douce; c'est avec elles qu'on enlève l'excé-

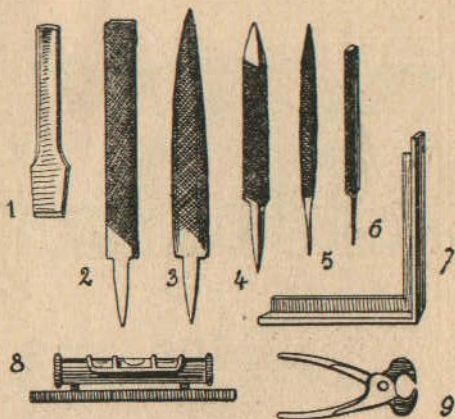


Fig. 26 à 34. — Outils divers : 1. Ciseau. — 2. Lime bâtarde.

3. Demi-ronde. — 4. Tiers-point.

5. — Queue-de-rat. — 6. Sciotte. — 7. Equerre à dresser. — 8. Niveau à bulle d'air. — 9. Tenailles.

dent de matière et que l'on donne à une pièce forgée ses dimensions définitives.

Le grand art du limeur consiste à savoir réaliser des surfaces parfaitement planes. Il ne faut pas conduire la lime droit devant soi, mais l'obliquer de droite à gauche en recoupant les saillies. Par cette manœuvre, la lime agit avec tout son mordant et ne *broute* pas le métal. Il ne faut pas plus appuyer de la main qui guide le bout de

la lime que de celle qui tient la poignée. Autrement, au lieu d'obtenir une surface plane, on n'obtiendrait qu'une surface inclinée du côté où l'on aurait appuyé davantage.

L'opération qui consiste à *tirer les traits de long* est

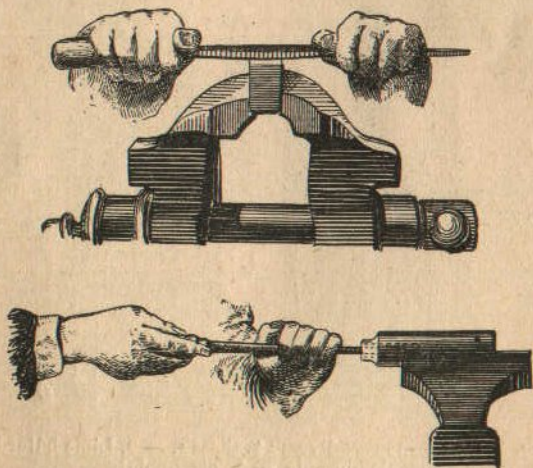


Fig. 35. — Manière de tirer les traits de long.

Fig. 36. — Manière de limer dans un trou borgne avec une queue-de-rat.

destinée à donner une apparence de fini à la pièce qui vient d'être limée à traits croisés. Cette opération consiste à poser la lime transversalement sur la pièce en tenant la lime des deux mains, comme l'indique la figure 35, et à lui donner un mouvement de va-et-vient dans le sens de la longueur de l'objet à limer. On fait ainsi disparaître les traits croisés laissés à l'ajustage ; on termine l'opéra-

ration en entourant la lime d'un morceau de toile d'émeri pour donner le poli final. Pour que cette opération soit bien réussie, il faut que tous les traits soient bien parallèles aux bords de la pièce qui a été *tirée de long* (fig. 35).

Pour ne pas arrondir les surfaces planes qu'on traite ainsi, il est nécessaire de serrer vigoureusement la lime des deux mains, en la tenant bien d'aplomb sur la pièce et en la poussant bien droit.

Quand on se sert de petites limes, on appuie deux doigts sur l'extrémité de l'outil au lieu d'y appuyer la paume de la main ; il va sans dire qu'on doit la traiter avec plus de douceur que la grosse lime, sous peine de la voir se briser en plusieurs tronçons, ce qui ne manquera pas d'arriver à tout apprenti.

Pour terminer l'ajustage d'une pièce précise, on se sert du tiers-point, de préférence à la lime plate à main. Cette lime étroite permet en effet de mordre sur de petites surfaces à cause de son étroitesse. Une lime plate étroite ne la remplacerait pas, car elle n'aurait pas sa masse et tendrait à fléchir sous la pression des mains. Le tiers-point au contraire résiste bien en raison de sa forme triangulaire.

La position de la main gauche sur cette lime ne peut pas être la même que sur les autres. On saisit l'outil entre le pouce et les trois premiers doigts.

Quelquefois, on ne peut pas tenir la lime par l'extrémité au moyen de la main gauche, ainsi que nous avons recommandé de le faire, par exemple dans le cas d'un coup de lime à donner à l'intérieur d'un tube. Alors on peut prendre la lime comme l'indique la figure 36. Il est nécessaire de ne pas trop appuyer sur l'outil car, à moins que la lime ne soit très grosse, on risquerait de la casser en recourant à ce procédé.

Il est des cas où l'on a de grandes surfaces planes à limer, par exemple des plaques ; on fait alors usage non d'un manche cylindrique, mais d'une poignée coudée et on applique le poing sur l'outil comme le montre la figure 37.

Il est difficile de limer bien droit de petites pièces minces, une feuille de laiton par exemple. Un moyen pratique consiste à placer l'objet à limer sur un rectangle

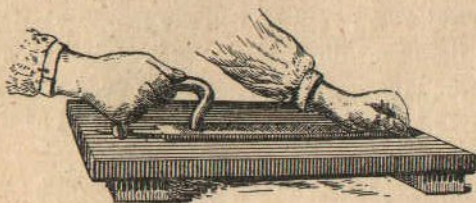


Fig. 37. — Manière de limer une surface plane.

de bois dur bien dressé. La pièce à travailler est fixée sur le bloc de bois à l'aide de quelques pointes sans tête qui se liment en même temps qu'elle-même. Mais il est cependant fréquent que l'on ne puisse éviter de produire une légère convexité au milieu de la plaque.

Pour limer une pièce ronde, une goupille entre autres (*rouler une goupille*, comme on dit), on place un petit morceau d'acier rond dans un étau à main. On serre dans l'étau d'établi un petit morceau de bois sur lequel on fera, avec l'angle d'une lime, une petite gorge en forme de V. On appuie la partie du fil d'acier qui sort de l'étau dans cette gorge en tenant l'étau de la main gauche et la lime de la main droite. On imprime alors au fil d'acier un mouvement de rotation sur lui-même de gauche à droite

en même temps qu'on fait avancer la lime de droite à gauche. Quand la lime revient en arrière vers le limeur, elle ne doit qu'effleurer le fil d'acier qui, en même temps, tournera sur lui-même de droite à gauche de telle manière que l'opérateur, l'outil et l'étau roule-goupille se retrouvent dans leur position de départ.

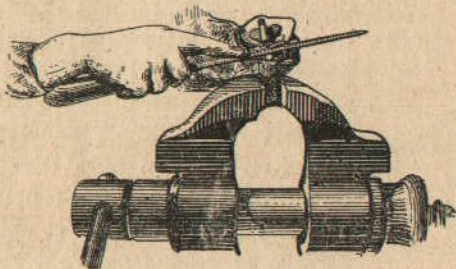


Fig. 38. — Limage d'une goupille sur un morceau de bois serré dans l'étau. On a pratiqué sur le bois, avec le champ de la lime, une encoche destinée à empêcher la goupille de glisser. La main droite conduit la lime, la main gauche fait tourner la goupille en sens inverse du mouvement de la lime, de façon à ce que la goupille vienne toujours à la rencontre des dents de la lime.

L'horizontalité de la pièce limée se vérifie à l'aide du niveau à bulle d'air et de l'équerre.

Pour percer des trous dans les métaux, l'outil le plus simple est le *drill* (fig. 39) dont le mouvement de rotation alternatif de droite à gauche et de gauche à droite est obtenu, soit à l'aide d'une traverse enfilée sur l'axe de l'outil et d'un fil s'enroulant autour de cet axe, ou d'un anneau glissant du haut en bas de cette tige, qui est alors tordue sur elle-même de façon à présenter sur toute sa longueur une cannelure hélicoïdale où s'engage l'anneau.

Toutefois le drill ne permet que de percer de très petits trous, et pour de plus grands, il faut recourir à l'archet actionnant un touret porte-foret.

L'amateur peut se fabriquer un drill suffisant à l'aide d'une tige de laiton de section carrée et de 5 millimètres de côté sur 25 centimètres de longueur.

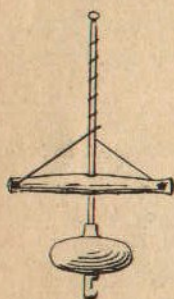


Fig. 39. — Drill.

A l'aide d'une scie à métaux fine, on pratique une fente dans l'une des extrémités de cette tige ; cette fente permettra de loger la lame du foret qui sera maintenue en place à l'aide d'une bague formée d'une plaquette carrée en laiton où l'on aura découpé une ouverture juste suffisante pour laisser pénétrer la tige du drill et opérant un serrage énergique assurant la solidité de cet assemblage.

L'autre extrémité de la tige est amincie en pointe pour constituer un pivot s'appuyant sur une lamelle de laiton dans le milieu de laquelle on a donné un coup de poinçon. On peut ensuite arrondir à la lime une partie de la tige pour en faire une sorte de petit arbre qui pénètre dans le trou du poinçon et s'appuie sur la feuille qui est repliée à droite et à gauche. On prend ensuite une autre bandelette de même métal où l'on pratique une ouverture carrée à bords chanfreinés juste assez large pour pouvoir glisser tout le long de la tige. Les pièces étant ainsi préparées, on serre la tige entre les mâchoires d'un étau d'établi à un bout et avec un étau à main à l'autre extrémité, puis on la tord légèrement dans le sens de la longueur, de manière à lui faire décrire deux ou trois spires hélicoïdales allongées.

En faisant courir le long de cette tige ainsi tordue la plaque découpée mobile, on comprend que celle-ci fera l'office



Fig. 40. — Drill d'amateur.

d'un écrou et, en suivant les sinuosités des spires, obligera la tige et par suite le foret qui la prolonge, à tourner sur son axe d'un mouvement alternatif. Cet outil, dont la fabrication est, comme on voit, assez simple, peut parfaitement suppléer à un modèle du commerce dont le prix est forcément plus élevé (fig. 40).

Mais le système le plus pratique est encore le *porte-foret à engrenages*, auquel les électriciens ont donné le nom pittoresque de *chignole*. Il est très supérieur au vilebrequin, car il permet de percer des trous dans les encoignures de murs et près des plafonds sans être gêné. Leur seul inconvénient, quand on les utilise pour forer les métaux, est qu'il est nécessaire d'exercer une assez forte pression sur la poignée en même temps que l'on tourne la manivelle de l'autre main. Cependant il est possible de pallier ce défaut et de creuser des trous assez larges en transformant cet outil en machine à percer simplifiée.

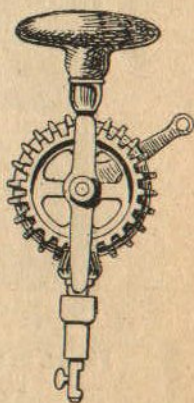


Fig. 41.
Vilebrequin
à engrenages
ou porte-foret.

En possession d'un vilebrequin à engrenages, d'un modèle convenable, vous scierez d'abord une moitié de la poignée verticale, suivant sa hauteur, de façon à pouvoir l'appliquer sur une planche à laquelle vous le

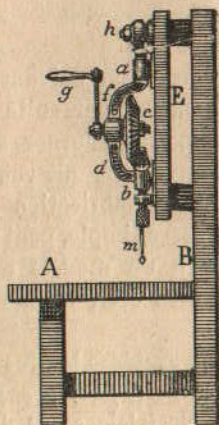
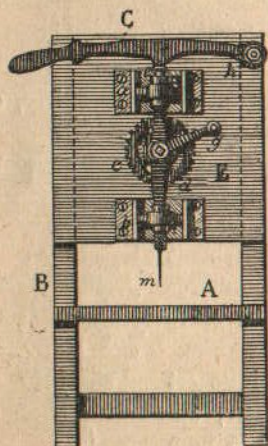


Fig. 42. — Machine à percer d'amateur, vue de face.

Fig. 43. — La même, vue de profil.

fixerez à l'aide de deux colliers vissés sur cette planche, mais qui ne font qu'embrasser le vilebrequin sans le serrer, afin de lui permettre de se déplacer dans le sens vertical. La planche E est découpée de façon à dépasser d'environ 10 centimètres le dessus de la poignée ; on la fixe ensuite sur deux montants B de section carrée formant les deux pieds postérieurs d'une table reposant sur deux autres pieds agencés en avant. Le dessus A de cette

table se trouvera à 5 ou 6 centimètres au-dessous de la pointe du foret.

Dans l'angle de droite, au sommet de la planche verticale, on pratiquera un trou carré servant de logement à la tête d'un boulon dont la tige servira de pivot à un levier légèrement courbé et terminé par une poignée. Ce levier s'appuiera, par l'intermédiaire d'un renflement, sur la tête du vilebrequin et on règlera sa pression à volonté pendant l'opération de perçage.

Le fonctionnement de ce dispositif est aisé à comprendre : la pièce à forer ou à aléser est posée sur la tablette horizontale A et maintenue solidement à l'aide de pinces à vis ou d'étaux à main. Le foret et le porte-foret glissent dans les colliers de support *ab* et se soulèvent de la quantité voulue pour laisser libre l'épaisseur de la pièce, puis, tandis que l'on tourne de la main droite la manivelle *g* de la roue d'engrenage *c* commandant le mouvement de rotation de l'outil, de la gauche on appuie plus ou moins fort sur la poignée du levier C. A mesure que le foret *m* pénètre dans le métal, le vilebrequin descend et l'on opère ainsi régulièrement comme avec une véritable machine à percer.

Comme, avec les forets, on ne peut obtenir que des trous de faible diamètre, on peut recourir, quand l'ouverture doit mesurer plusieurs centimètres de diamètre, à un procédé que nous allons décrire ici.

Le foret est remplacé par une espèce de mèche à trois pointes que l'on peut préparer soi-même en la découpant dans une plaque d'acier que l'on trempe plus ou moins dur selon le métal à forer, et après qu'on lui a donné la forme voulue. La partie tranchante de cette mèche est constituée par ses rebords inférieurs qui sont, à cet effet,

taillés en biseau ; la longueur de ces rebords devra être sensiblement égale à l'épaisseur de la feuille de métal qu'il s'agit de perforer. Ainsi, au cas où cette épaisseur est de 15 millimètres, la hauteur de ces dents sera également de 15 millimètres. Le pivot central aura toujours une hauteur double, soit, dans le cas considéré, 30 millimètres.

Comme il s'agit de découper le métal sans le fraiser,

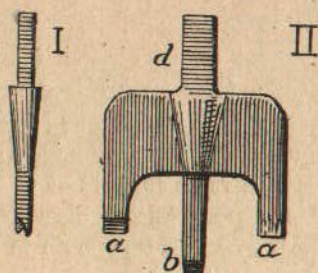


Fig. 44 et 45. — Mèche à découper à trois pointes.

le découpage devra s'effectuer selon le contour de l'ouverture à creuser. On commence par marquer d'un coup de pointeau l'emplacement du centre du trou, et ce petit creux servira de point d'appui à la dent du milieu. Les deux dents latérales arrivent à leur tour au niveau du métal et l'entaillent circulairement et de plus en plus profondément à mesure que l'opération se poursuit et, en peu de minutes, on arrive à détacher une rondelle dont le diamètre est égal à la largeur de la lame ; le travail est achevé quand la face inférieure de la lame arrive au contact de la surface du métal à creuser.

Cette mèche est pourvue d'une queue centrale que l'on arrondit à la lime pour lui donner la grosseur voulue, de

façon à pouvoir l'emmancher dans le porte-foret à la place d'un foret. Nos figures 42 à 45 montrent l'agencement de la machine décrite plus haut et la forme de la mèche en question.

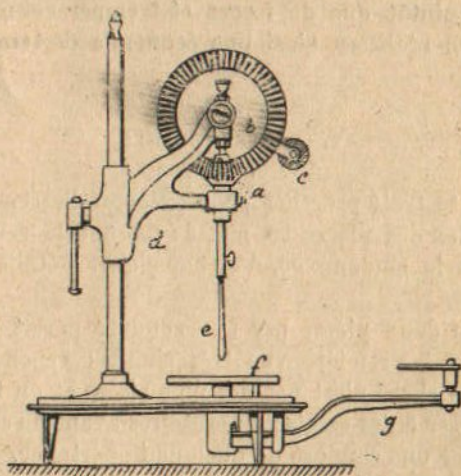


Fig. 46. — Petite machine à percer, modèle simplifié : *a, b*, engrenages d'angle ; *c*, manivelle ; *d*, bras de support ; *e*, foret ; *f*, plateau ; *g*, système de soulèvement du plateau.

Avec le vilebrequin à engrenages transformé ainsi qu'il vient d'être dit, on peut, tout comme avec des petits modèles de machines à percer d'amateurs que l'on trouve dans les magasins de quincaillerie et d'outillage (fig. 46), réaliser des perçages corrects, car l'outil est animé, non d'un mouvement alternatif comme avec le drill, mais d'un mouvement rotatif continu et toujours dans le même sens, ce qui active sensiblement le forage et le rend plus régulier.

Le prix des forets étant relativement peu élevé, il sera préférable d'en acheter un assortiment de six ou douze, avec une ou deux mèches américaines en hélice qui travaillent rapidement et font des trous parfaitement cylindriques, plutôt que de forger et tremper soi-même ces outils. On réalisera ainsi une économie de temps et de travail.

V. — ASSEMBLAGES

Il existe trois procédés pour exécuter l'assemblage et la jonction des pièces en métal : ce sont la soudure, la rivure et le boulonnage. Voici quelques détails sur ces méthodes.

Réunir deux pièces par une soudure paraît être une opération à première vue très simple ; cependant, en réalité, la chose n'est pas des plus aisées et on fera bien de s'exercer à des essais préparatoires avant de se risquer à exécuter une soudure de quelque importance.

L'amateur électricien aura, le plus souvent, à faire des soudures dites à l'étain. L'alliage généralement employé dans ce but se compose de deux tiers d'étain pour un tiers de plomb ; toutefois ces proportions ne sont pas absolues et on prendra une soudure d'autant plus riche en étain qu'on la voudra plus fusible.

Il existe quatre méthodes pour souder les métaux, et l'on recourt à l'une ou à l'autre suivant qu'il s'agit de réunir des métaux semblables ou des métaux hétérogènes. Ces procédés sont le fer à souder, la lampe de gazier, le chalumeau et le brûleur Bunsen.

Pour souder au fer, on se procure tout d'abord un *fer à souder* de dimensions moyennes (fig. 48), des baguettes

de soudure au titre convenable, un morceau de sel ammoniac pour nettoyer le bloc de cuivre rouge constituant la partie travaillante du fer à souder, et du chlorure de zinc, ou esprit de sel décomposé, suivant l'appellation des ouvriers, pour décaper le métal.

Le premier soin à prendre, lorsqu'on veut réussir une soudure, qu'il s'agisse de cuivre, de zinc ou de fer-blanc, consiste à nettoyer à fond, à la lime, puis au papier de



Fig. 47. — Scie à métaux à main.

Fig. 48. — Fer à souder.

verre, les parties qui doivent être mises en contact intime. On perdrait son temps à vouloir essayer de souder des métaux imparfaitement nettoyés non décapés ni dégraissés.

On fait chauffer le fer dans un foyer quelconque ; lorsqu'il est au rouge sombre, on le retire, et on le frotte d'abord sur le morceau de sel ammoniac puis sur la soudure, jusqu'à ce que le bloc du fer se trouve parfaitement étamé ; à l'aide d'un pinceau ou, mieux, d'un bout de gros fil de cuivre, on étale quelques gouttes de chlorure de zinc sur les parties que l'on veut souder. On reprend alors, avec le fer bien chaud, quelques gouttes de soudure que l'on étale en frottant le fer sur la partie à souder. On maintient le contact en appuyant légèrement jusqu'à ce que l'étain, en se solidifiant, réunisse les deux pièces en contact. On ajoute du chlorure de zinc pour obtenir une

bonne adhérence, et il ne faut pas craindre d'en remettre.

La pièce étant soudée d'une manière inébranlable, il est bon de la passer dans l'eau claire afin d'enlever l'excès de chlorure de zinc qui, sans cette précaution, pourrait corroder à la longue l'objet soudé. Il n'est pas besoin, il faut le remarquer, de mettre de la soudure en excès ; il suffit d'opérer une liaison solide, autrement on ferait des bosses

et des coulures d'un aspect fort disgracieux. Il faudra même limer la soudure terminée pour lui donner une apparence plus régulière.

Parfois, au lieu de chlorure de zinc, on se sert de résine ordinaire lorsqu'il s'agit, par exemple, de souder les fils très fins des bobines d'induction. Dans ce cas, le moindre excès de chlorure de zinc, la moindre trace échappant au lavage entraînerait en peu de

temps la rupture du fil par oxydation, tandis qu'un excès de résine forme un enduit protecteur.

Quand une soudure ne peut être exécutée au moyen du fer, on a recours au *bec Bunsen* (fig. 49), qui donne une flamme très chaude et ne noircissant pas les objets. La chaleur est plus élevée et peut être mieux répartie, si bien que la soudure s'étale toujours et adhère beaucoup mieux au métal. C'est pourquoi il est souvent préférable de recourir au brûleur Bunsen plutôt qu'au fer ou à la lampe à souder, surtout quand il s'agit de pièces de faibles dimensions à réunir, mais on ne peut le faire, bien entendu, que lorsqu'on dispose de gaz d'éclairage (ou d'acétylène) pour alimenter le bec.

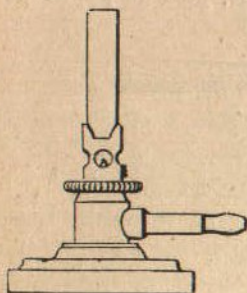


Fig. 49. — Brûleur à gaz.

Dans quelques cas assez rares, on aura besoin de souder des petites pièces plus solidement qu'à l'étain et, dans ce cas, on emploiera de la soudure à l'alliage fusible ou bien celle dite à *l'argent*. Il faut alors un chalumeau alimenté d'air ordinaire que l'on souffle soit avec la bouche, soit avec un soufflet mû au pied ; comme source de chaleur une simple bougie peut suffire, bien qu'un brûleur à gaz soit préférable. Après avoir garni les pièces à souder d'un peu de borax en poudre et d'un fragment de soudure (alliage ou argent pur), on dirige dessus, en aspirant l'air avec les narines et en le refoulant avec la bouche, le dard du chalumeau, dont la pointe est placée dans la flamme, et jusqu'à ce que le métal entre en fusion et coule entre les surfaces à réunir.

Quelques métaux, le fer et l'acier entre autres, peuvent se souder à eux-mêmes lorsqu'ils sont portés à une température convenable ; cette sorte de soudure sans intermédiaire est désignée sous le nom de *soudure autogène*. C'est ainsi que se soudent les plaques de plomb entrant dans la composition des accumulateurs électriques, au moyen du chalumeau à oxy-hydrogène pur, ou oxy-acétylénique. Le fer et l'acier exigent une température très élevée, que seul peut donner un violent feu de forge, et qui est dite du *blanc soudant* ; la réunion des pièces à souder s'opère par un martelage convenable et en saupoudrant de sable fin les pièces à réunir.

Tels sont les principaux moyens pour souder les métaux ; nous aurons l'occasion d'y revenir au cours de cet ouvrage lors de l'exécution de divers travaux, et afin d'indiquer le meilleur procédé à employer dans chaque circonstance.

Rivure. — La rivure est un procédé de jonction qui s'emploie lorsqu'on peut laisser sans inconvénient un certain espace libre entre les pièces à réunir, et qu'il ne sera jamais besoin de séparer dans l'avenir, faute de quoi il vaudrait mieux employer des boulons ou des écrous. Pour exécuter une rivure, on perce, en premier lieu, au foret ou à la machine à percer, les deux objets à relier ensemble, et on fraise légèrement l'entrée des trous. On superpose les pièces de manière que les ouvertures coïncident parfaitement et on enfonce dans le trou une tige métallique du même diamètre que ce trou et dépassant légèrement de chaque côté. Le cuivre rouge et le laiton conviennent très bien pour faire des rivets ; on en trouve aussi dans le commerce, de toutes les dimensions, prêts à être employés. On les met en place, les pièces à réunir étant posées sur l'enclume, en frappant sur la tige placée bien d'aplomb, avec un petit marteau. On écrase ainsi le métal qui remplit toute la partie ayant été évasée à l'aide de la fraise conique et forme un assemblage très solide. Le métal excédant est ensuite enlevé à l'aide d'une lime douce maniée avec précaution. On fait disparaître ainsi les bavures et la jonction ainsi nettoyée est plus propre (fig. 51).

Vis, boulons, écrous. — Lorsque la soudure ou la rivure ne pourront être employées, on sera obligé d'avoir recours aux vis et aux boulons avec écrou (fig. 50). Si l'on ne trouve pas dans le commerce des vis à métaux correspondant exactement à ce que l'on désire, on sera obligé de fabriquer soi-même ces pièces. A défaut de tour, et pour des vis ou boulons ne dépassant pas 5 à 6 millimètres de diamètre, on exécutera les pas de vis à l'aide de l'outil

vendu avec trois paires de coussinets de différentes dimensions. Deux tarauds correspondent à chaque paire de coussinets ; l'un est de forme conique et l'autre cylindrique. Les avantages de la filière à coussinets sont nombreux ; le filet est plus net, on opère progressivement et on peut ajuster aisément le filetage avec les dimensions du taraud. Enfin, on a moins à redouter les ruptures des tiges, si fréquentes avec la filière plate ordinaire.

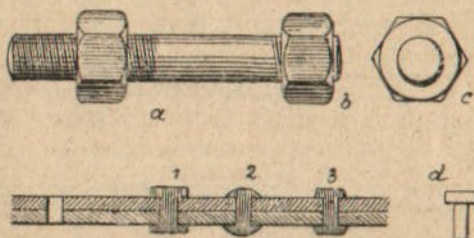


Fig. 50. — Boulon et écrou.

Fig. 51. — Rivures : 1, bouterolle ; 2, goutte de suif ; 3, pointe de diamant ; d, rivet.

Les vis à métaux de tous les numéros sont toujours accompagnées, quand on les achète, de leur *taraud*, c'est-à-dire d'une tige d'acier filetée destinée à reproduire en creux le pas que la vis porte en relief ; toutefois, ce taraud ne saurait être utilisé tel que, il faut le terminer et le tremper. Pour cela, on l'aplatit sur quatre faces jusqu'aux deux tiers de sa hauteur, à l'aide d'une lime douce, et on lui donne une forme légèrement tronconique. On procède ensuite, quand la forme est bien correcte, à la *trempe*, qui s'effectue comme celle des forets et des alésoirs. La trempe est une opération délicate, car de sa réussite dépend la qualité de l'outil. On chauffe donc la pièce

dans un feu vif ou sur la flamme d'un brûleur Bunsen, puis, quand elle atteint la couleur rouge clair, on la plonge rapidement dans l'eau froide. Mais employé ainsi trempé, *de tout son dur* comme on dit, le taraud serait

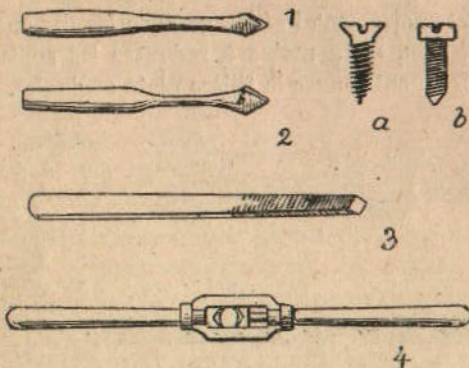


Fig. 52. — 1 et 2, forets.

Fig. 53 et 54. — a et b, vis.

Fig. 55. — 3, taraud.

Fig. 56. — 4, filière à coussinets.

trop cassant, et force est de le recuire, opération qui s'exécute comme suit :

Avec du papier ou de la toile d'émeri, on polit la surface du taraud jusqu'à la rendre suffisamment claire pour pouvoir suivre nettement les changements de teinte lors du recuit; cela fait, on chauffe le morceau d'acier sur une plaque exposée directement à l'action du feu, et on examine avec soin les progrès de la coloration. Dès qu'il a acquis une belle teinte jaune brun, on le prend avec des pinces et on le plonge vivement dans l'eau

froide ; si le jaune est plus clair, la trempe est plus dure ; si la couleur se rapproche du bleu foncé, elle est plus tendre. Après quelques tâtonnements, on parvient à réussir cette opération.

Quelques praticiens se servent, pour la trempe, d'huile au lieu d'eau ; le résultat est, en effet, meilleur. Dans le cas où l'on voudrait obtenir une trempe excessivement dure, on remplacerait ces liquides par du mercure, métal qui conduit bien la chaleur, si bien que l'objet que l'on y plonge se refroidit presque instantanément. Ce procédé est avantageux surtout pour les mèches, forets, burins, destinés à entailler le verre.

Pour tarauder et percer les métaux, il est bon de se servir de substances aidant à la pénétration de l'outil. Seule, la fonte se travaille à sec. La cire jaune ordinaire réussit très bien pour laiton et le cuivre ; pour l'acier et le fer, on se sert d'eau de savon, d'huile, d'essence de térébenthine, etc. Si l'on omettait cette précaution, l'outil s'échaufferait d'une manière anormale, parce qu'il se trouverait, *à sec*, soumis à un frottement considérable, et il ne tarderait pas à se détremper.

Le taraudage s'effectue en deux temps, lorsqu'il s'agit d'un écrou, c'est-à-dire d'un filet de vis en creux : on passe d'abord le taraud conique, puis, le filet bien creusé, le taraud cylindrique correspondant, qui doit être tourné avec précaution. Les filets de vis, exécutés à la filière plate ou à coussinets, nécessitent également deux passes au moins.

Lorsqu'il s'agit de réunir deux pièces au moyen de tiges filetées, on a le choix entre les *vis à tête conique* et à *tête cylindrique*, portant une fente diamétrale destinée à recevoir l'extrémité du tournevis ; les *tiges avec deux*

écrous à six pans ou moletés, et les *boulons*, formés d'une tige cylindrique, taraudée sur une certaine partie de sa longueur et terminée à une extrémité par une tête hémisphérique, carrée ou hexagonale. L'écrou se visse sur cette tige, et on le serre au moyen d'une clé *anglaise* ou à *molette*.

Alésoirs. — Les alésoirs (fig. 57) sont des tiges cylindriques, ou mieux tronconiques, terminées à une de leurs



Fig. 57. — Alésoir.

extrémités par un carré permettant de les serrer dans un vilebrequin ou un tourne-à-gauche à l'aide duquel on leur communique un mou-

vement de rotation. Les alésoirs sont en acier trempé, comme les forets et les tarauds ; ils servent à donner le diamètre exact et à polir l'intérieur du trou cylindrique ; ils se font de grosseur variable, de 3 à 15 ou 18 millimètres de diamètre.

VI. — CONSTRUCTION D'UN PETIT BOBINOIR A MAIN

Une opération qui se présente fréquemment, lorsqu'on s'occupe d'électricité pratique, c'est l'enroulement des bobines pour électro-aimants, allumeurs, moteurs, lampes à arc, dynamos, etc. Il est donc de toute nécessité de posséder un instrument permettant d'exécuter rapidement, et avec une régularité que ne saurait donner le travail à la main, ces enroulements. Voici le moyen de fabriquer soi-même un bobinoir répondant à cette nécessité.

On commence par débiter à la scie une planchette de 0 m. 35 sur 0 m. 10 de large et 0 m. 02 d'épaisseur, et on

la dresse à la varlope et au rabot. On découpe ensuite, dans une planche de 0 m. 03 d'épaisseur, deux morceaux trapézoïdaux dont les bases mesureront, la petite 0 m. 06, la grande 0 m. 10. Ces deux morceaux, rabotés et polis, sont cloués verticalement aux deux bouts de la planchette horizontale. Pour consolider l'assemblage, on clouera un petit contrefort triangulaire à chaque morceau, et on

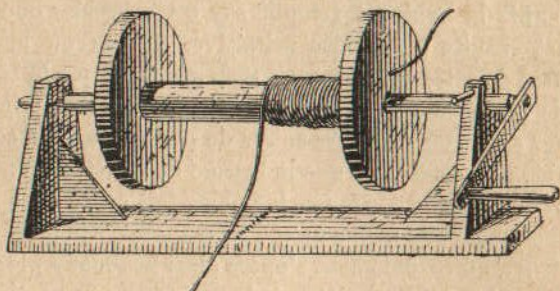


Fig. 58. — Petit bobinoir à manivelle.

aura ainsi une espèce de petit banc très solide. Au moyen du vilebrequin, on perce deux trous bien à la même hauteur dans les planches verticales et on garnit ces trous d'un morceau de laiton ou de cuivre rouge dont on refoule les bords au marteau sur chaque face des planches. Ces tubes serviront de coussinets de support à une tige de fer que l'on enfila d'un montant à l'autre, au travers des trous dans lesquels elle devra pouvoir tourner librement. Cette broche dépassera de quelques centimètres la face extérieure de chaque montant de support. Ses extrémités seront filetées pour recevoir, à gauche, une rondelle et un écrou ; à droite, une lame de métal de 0 m. 10 de long,

se vissant sur la tige et serrée par un écrou. Cette lame de métal porte à son extrémité une tige rivée, de 0 m. 07. de long, que l'on fait avec un simple clou, et qui pourra servir d'axe à une poignée de bois. Les trois pièces : la lame, le clou, la poignée, constituent la manivelle du dévidoir.

Pour se servir de cette machine, on dévisse l'écrou de gauche, on enlève la rondelle et, sur la broche retirée, on enfle la bobine à remplir sur cette broche que l'on remet ensuite à sa place primitive. Au cas où le vide central de cette bobine serait trop grand et que la broche ne le remplirait pas entièrement, on entourerait la tige de fer d'une ou plusieurs spires de papier, jusqu'à ce que le vide soit comblé et que la broche ne pénètre qu'à frottement dur. De cette façon, la bobine fait corps avec l'axe et tourne sur elle-même quand on manœuvre la manivelle. Le travail d'enroulement s'opère ainsi beaucoup plus vite et avec plus de régularité qu'à la main (fig. 58).

Arrivons-en, maintenant, au tour, cette machine d'une si haute utilité.

VII. — CONSTRUCTION D'UN TOUR D'AMATEUR

Un tour se compose essentiellement de quatre pièces distinctes : 1^o la poupée mobile ; 2^o la contrepointe ; 3^o le support de l'outil ; 4^o le mécanisme moteur.

La poupée mobile d'un tour se compose d'abord d'un support, d'un arbre avec des coussinets, d'une poulie et d'un plateau à toc.

Le support se fait en fonte, ainsi que la contre-pointe, et ces deux pièces sont d'abord fabriquées en bois d'orme ou de hêtre et données à la fonderie. On a soin d'y mé-

nager les orifices destinés au passage des arbres et des boulons d'attache ; ces trous seront rectifiés ensuite dans la pièce de fonte brute, puis alésés pour recevoir des broches qui dépasseront de 15 millimètres. Ces broches, filetées sur toute leur longueur, serviront à fixer par la suite et à maintenir en place les coussinets de l'arbre, coussinets faits de deux plaquettes de cuivre rouge ou de

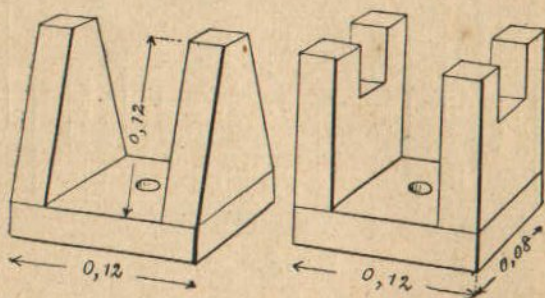


Fig. 59 et 60. — Supports en bois ou poupées de tour.

laiton arrondies au marteau sur un mandrin cylindrique en fer servant de moule et placé entre les mâchoires de l'étau. On prépare quatre demi-tubes identiques, percés d'un petit trou à la moitié de leur longueur, et on les enfle deux à deux sur les broches, leur concavité tournée vers l'intérieur. Avant de les serrer définitivement avec des écrous, se vissant sur les broches, on met en place l'arbre qui est constitué par une tige d'acier de 10 à 12 millimètres de diamètre au moins, taillée en cône pointu à l'une des extrémités et filetée à l'autre sur 2 ou 3 centimètres de longueur. Cette tige d'acier sera, bien entendu, convenablement recuite avant que d'être travaillée.

On se procure ensuite une poulie à gorge en fonte, une rondelle de laiton et cinq écrous à six pans pouvant pénétrer à frottement dur le long de l'arbre. On glissera de même la poulie et la rondelle jusqu'à ce qu'elles arrivent à 8 centimètres de l'extrémité pointue de cet arbre, on met ensuite en place de chaque côté et à égale distance

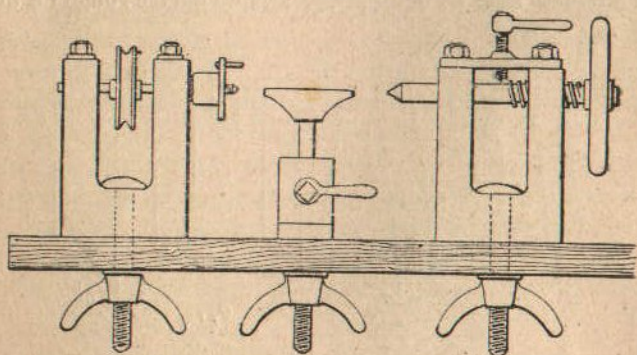


Fig. 61. — Tour d'amateur. Vue de face.

deux des écrous qui forment ainsi des épaulements arrêtant l'arbre. L'écrou est engagé à l'extrémité de la partie taraudée, on place la poulie puis le dernier écrou et la rondelle de laiton du côté de la pointe de l'arbre, la rondelle arrivant au niveau du commencement de la partie conique de la pointe. On a soin, auparavant, de percer un trou de 5 millimètres de diamètre vers le bord de la rondelle et d'y engager à frottement dur une petite tige d'acier dépassant de 2 millimètres ; cette tige servira à assurer l'entraînement de l'objet à tourner au moyen d'un *toc*. On vérifie, à mesure du montage, si toutes les

pièces sont rigoureusement en droite ligne, et si l'arbre tourne bien rond entre ses coussinets de support ; au besoin, on rectifie ce qui paraît défectueux en insérant aux endroits où la chose paraît nécessaire de petites cales taillées dans une mince feuille de laiton. Lorsqu'on est satisfait, le tout est soudé à l'étain à la lampe ou au cha-

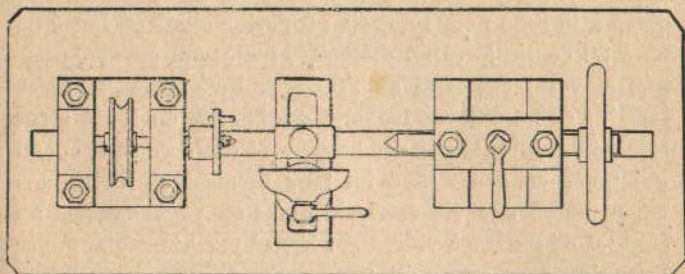


Fig. 62. — Tour d'amateur. Vue en plan.

lumeau. Si la soudure est bien exécutée, l'ensemble sera solide.

La pièce est lavée, pour débarrasser le métal de toute trace d'acide, puis séchée, l'arbre est mis définitivement en place et on serre les écrous maintenant les coussinets. L'arbre avec sa poulie doivent tourner très librement entre les coussinets que l'on aura d'ailleurs soin de graisser. La pointe ou *nez* du tour doit tourner absolument rond sans décrire le plus petit cercle.

Il n'est pas besoin de coussinets pour la contre-pointe. On perce, rigoureusement à la même hauteur que le centre de l'arbre mobile de la poupée, deux trous dans les montants, exactement dans le prolongement l'un de l'autre ; l'un de ces trous est taraudé pour recevoir le

filet de la vis destinée à serrer la pièce à tourner. Cette vis sera filetée sur l'extrémité d'une tige d'acier de longueur convenable et de même diamètre que l'arbre de la poupée, et le filet occupera les deux tiers de la longueur de la tige dont une extrémité sera taillée en pointe conique aiguë, pointe qui devra être trempée et recuite au jaune clair. A l'autre bout, cette broche d'acier est taillée en carré à la lime pour recevoir un petit volant en fonte de 15 à 20 centimètres de diamètre, maintenu en place par une clavette enfoncée au marteau. La contre-pointe se termine en posant une traverse ou *chapeau* en fonte associée aux montants par des boulons et des écrous, chapeau qui porte en son milieu un trou taraudé et fileté dans lequel passe une vis verticale que l'on peut amener au contact de l'arbre à volant sur lequel elle vient s'appuyer lorsqu'on veut immobiliser ce dernier.

Le support d'outil se compose de trois pièces : un cadre en fer de 15 centimètres de long sur 5 de large, évidé en son milieu par une ouverture quadrangulaire ; un bloc cylindrique en fonte, établi d'après un modèle en bois, ayant un trou sur toute sa longueur, suivant son axe, enfin une pièce triangulaire en fer, arrondie en quart de cercle, au centre de laquelle est vissée à force une tige de 10 centimètres de haut pouvant glisser à frottement libre dans l'orifice du bloc où on l'arrête à la hauteur qu'on désire, grâce à la pression d'une vis traversant l'épaisseur du bloc-support.

Toutes ces pièces ayant été travaillées ainsi que cela a été expliqué, on peut en arriver au montage du tour. Le mieux est de se procurer d'occasion chez un ferrailleur un vieux bâti en fonte de machine à coudre avec son volant et sa poulie. La table est entaillée sur presque

toute sa longueur par une rainure pratiquée à la scie et occupant bien exactement le milieu de la tablette. On place alors les trois pièces du tour en travers de cette rainure, et dans le prolongement les unes des autres, puis on les assure à leurs places respectives et d'une façon inébranlable, à l'aide de contre-plaques en fer s'appliquant sous la table, et de larges écrous à oreilles.

Le volant des machines à coudre se trouvant toujours placé à droite, alors qu'il doit ici se trouver obligatoirement à gauche pour un tour, on s'arrangera dans le montage pour qu'il se trouve dans l'emplacement voulu et qu'il corresponde exactement à la poulie de la poupée situé au-dessus. La transmission du mouvement de rotation du volant sera transmise à cette poulie par une corde à boyau ou une forte ficelle-fouet. Suivant le genre de travail à exécuter, ces dispositions pourront subir certaines modifications, et c'est pourquoi il est bon de tarauder l'extrémité de l'arbre afin d'y ajouter selon le besoin, soit une pointe conique, soit un mandrin à vis, soit une mèche pour percer, tarauder, aléser, etc. Le toc nécessaire à l'entraînement de la pièce à tourner se trouve chez les marchands d'accessoires de mécanique et pièces détachées.

La condition essentielle à réaliser pour réussir un travail quelconque sur le tour, réside dans le centrage parfait de la pièce à tourner ou de l'outil mobile, et ce centrage dépend entièrement du bon ajustage de la poupée mobile et de l'arbre tournant.

Il sera bon, avant d'entreprendre un travail sérieux quelconque, d'apprendre à se servir de la machine en sacrifiant des morceaux de bois sans grande valeur, avant de se hasarder à prendre du métal, bien plus diffi-

cile à travailler. On dégrossit d'abord le bloc à l'aide de la hachette et du ciseau à bois, ou de la plane, puis on le monte sur l'arbre du tour en remplaçant la pointe conique par une griffe à trois dents qui se visse sur le nez du tour à la place de la pointe. L'autre face du morceau de bois à tourner est maintenue par la contre-pointe qu'on approche à distance convenable et que l'on arrête ensuite avec l'écrou à oreilles et la vis de pression. On règle de la même manière la hauteur du support à chaise, en avançant ou en reculant le cadre portant le bloc et en serrant la vis de pression lorsque le support se trouve tout contre la pièce. Les outils permettant de tourner le bois sont la gouge, le ciseau ou fermail et le grain d'orge.

Quand on sera parvenu à reproduire sans difficulté les divers profils en creux et en relief des moulures usuelles, et qu'un chêne entier ne sera plus nécessaire pour réussir un cure-dents, on pourra essayer en premier lieu de tourner des métaux *tendres*, tels que le cuivre, le zinc, l'étain, l'aluminium, le bronze et enfin le fer qui demande des crochets bien affûtés et maniés avec précaution.

Taraudage et filetage. — Le taraudage et le filetage sont, comme l'alésage, des opérations qui ne présentent, en réalité, aucune difficulté particulière ; aussi un amateur outillé ainsi qu'il vient d'être expliqué pourra-t-il les mener à bonne fin. On peut employer comme outils des systèmes quelconques de filières et de tarauds ; il existe d'ailleurs dans le commerce des modèles très perfectionnés et permettant d'obtenir, après un court apprentissage, de bons résultats.

La filière n'étant pas construite pour calibrer les pièces, il faut prendre par conséquent la précaution, avant

d'utiliser cet outil, d'amener préalablement la pièce au diamètre voulu soit sur le tour, soit à la lime. Dans le fond, où il n'y a pas de dépouille, les filets des coussinets coupent mal, il y a échauffement, usure, et le coussinet peut arriver à se détremper. Ces pièces s'usent généralement d'une façon anormale et d'ailleurs inutile quand, après avoir creusé un ou deux tours de vis, on revient en arrière de la même quantité, ainsi que le font bien à tort nombre d'ouvriers. On ne doit dévisser qu'exceptionnellement, lorsque les creux de la filière s'engorgent de limaille. Il faut observer de présenter la filière bien d'aplomb, car autrement le filet serait faux. C'est surtout là qu'il faut éviter soigneusement de s'appliquer à une rectification impossible en appuyant sur un côté de la filière davantage que sur l'autre ; on ne réussirait qu'à briser quelques dents de l'outil. Le seul remède, c'est de retirer la filière, d'abattre à la lime les filets commencés et de recommencer le taraudage.

L'amateur de travaux manuels et, particulièrement, l'amateur d'électricité, a besoin d'acquérir des notions beaucoup plus complètes que la personne qui borne son ambition à reproduire de petits objets en bois : meubles, découpage, vannerie, etc. Il lui est nécessaire de connaître au moins les éléments du dessin linéaire pour établir d'avance un croquis de l'appareil qu'il veut construire, et comme il aura à se familiariser avec un plus grand nombre d'outils, la période de tâtonnement et d'apprentissage qu'il devra traverser sera forcément plus longue. Mais, en pareille matière, le découragement doit être une chose inconnue, et il ne faut pas, comme on dit vulgairement, jeter le manche après la cognée parce que l'on ne réussit pas du premier coup à réaliser la pièce que l'on a

entreprise. En toute œuvre humaine, il faut de la patience et de la persévérance pour atteindre un résultat satisfaisant ; peu à peu, d'ailleurs, les doigts deviendront plus habiles, on acquerra l'expérience du maniement des outils, et l'on arrivera, avec bien moins de peine et beaucoup plus vite, à une entière réussite. Ainsi que dit un proverbe : « C'est en forgeant que l'on devient forgeron. » Souhaitons simplement que le présent ouvrage puisse faciliter l'exécution du travail et que l'amateur y trouve, le cas échéant, les renseignements d'ordre pratique qu'il peut avoir à demander à un livre.

CHAPITRE II

LES PILES ÉLECTRIQUES

L'instrument essentiel de toute installation d'électricité, quelque application que l'on veuille réaliser du courant, est un générateur fournissant l'énergie nécessaire à l'alimentation des appareils. Toutefois, le choix de ce générateur dépend de l'application que l'on a en vue ; tel qui conviendrait à merveille pour un usage déterminé, ne donnerait que des résultats défectueux utilisé autrement. Il n'existe pas de générateur *universel*, pouvant s'appliquer indistinctement à toutes les circonstances. Ainsi, on ne saurait raisonnablement actionner un réseau de sonnettes et de téléphones avec une petite dynamo, ni prendre une batterie de piles pour faire marcher un moteur ou alimenter des lampes à arc.

En général, on veut se procurer de l'énergie électrique pour deux genres de besoins bien distincts : soit pour des applications domestiques : sonnettes, horloges, avertisseurs, éclairage, force motrice, etc., soit pour actionner simplement des instruments scientifiques ou de démonstration : machines statiques, moteurs à tubes, appareils pour radiologie et électrothérapie, bains électrochimiques, etc.

Alors que, dans ce dernier cas, on peut se contenter de quelques éléments de piles ou d'accumulateurs, dans l'autre il est plus économique, si la quantité de courant consommée journellement est un peu importante, de recourir aux générateurs mécaniques, dans le cas où il n'existe aucune canalisation de distribution ; la solution la plus pratique à tous points de vue est celle qui consiste à ne pas produire soi-même son électricité, mais à l'emprunter à une conduite venant d'une usine centrale de production qui peut livrer le courant à bon compte et éviter au consommateur la nécessité de s'organiser une station particulière.

Il est hors de prix de s'éclairer au moyen de lampes à incandescence recevant leur courant de piles primaires, d'autant plus que celles-ci exigent des manipulations continuelles de produits chimiques désagréables, tels que l'acide sulfurique dont la moindre gouttelette qui peut jaillir sur les vêtements les corrode en moins d'un instant, le bichromate qui jaunit les mains, le mercure, etc. Le courant fourni par les piles n'est d'ailleurs pas constant : il s'affaiblit rapidement après un *coup de fouet* au moment de la mise en marche ; on ne saurait donc s'y fier, et c'est pourquoi, si l'on veut appliquer la pile à l'éclairage, on est amené, dans le but de régulariser la lumière, à intercaler des accumulateurs travaillant directement sur les lampes et chargés par des éléments.

Il faut, par conséquent, et d'autant plus que les accumulateurs absorbent inutilement près d'un tiers de l'énergie qui leur est fournie, choisir dans ce cas une combinaison chimique produisant au plus bas prix possible l'électricité. Or, il est aisé de se rendre compte que les systèmes fournissant le courant le plus constant et

au plus bas prix possible sont la pile Bunsen à l'acide azotique et la pile Daniell au sulfate de cuivre.

Ce qui intéresse en premier lieu l'amateur, c'est évidemment le coût des différentes pièces dont la réunion constitue un élément de pile. Or, celui-ci se compose toujours : 1° d'un *réceptacle* cylindrique ou rectangulaire en grès, en verre ou autre matière ; 2° de l'électrode *néga*tive, qui est presque toujours une plaque de zinc quelquefois amalgamé avec du mercure ; 3° de l'électrode *positi*ve, en métal inattaquable ou plus communément en charbon de cornue ou en aggloméré moulé ; 4°, mais pas toujours, d'un *vase poreux* en porcelaine très peu cuite ; enfin 5° les pinces, vis et bornes de prise de courant. Le prix de ces divers articles, notamment de la verrerie, de la porcelaine et du zinc, produits qui nous venaient soit des départements français du nord, soit d'Allemagne ou d'Autriche-Hongrie, ont subi depuis la guerre une hausse très considérable. C'est ainsi que le zinc, par exemple, est passé de 180 francs les 100 kilogrammes à 270 francs (mars 1920), et qu'il est encore impossible de se procurer de nombreux objets auparavant usuels et de prix ordinairement modeste.

Piles à l'acide azotique. — Ces piles sont incontestablement celles qui fournissent le courant le plus constant et le plus intense de toutes les piles connues. Bien que portant le nom du chimiste allemand Bunsen, en réalité, le modèle encore usité aujourd'hui a été combiné par l'inventeur français des boulets... en aggloméré de charbon, Archereau. Un vase cylindrique en grès reçoit un zinc amalgamé circulaire, baignant dans de l'eau acidulée, et entourant un vase poreux, rempli d'acide azotique concen-

tré où trempe un bâton de charbon de cornue servant de pôle positif.

L'élément présente une force électromotrice de 2 volts et son débit est très constant, mais il s'accompagne d'un fort dégagement de vapeurs nitreuses fort désagréables. La durée de son fonctionnement est égale au temps que

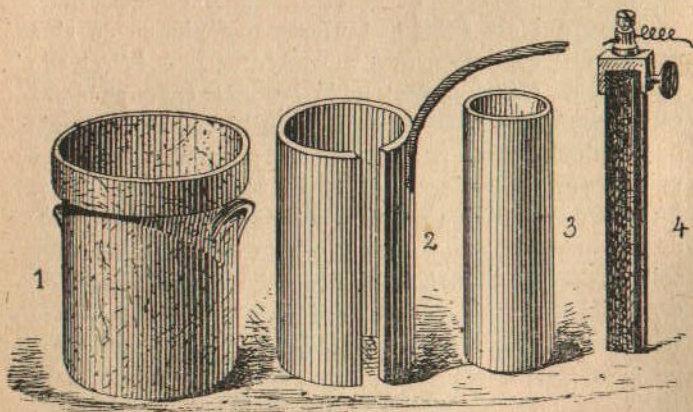


Fig. 63 à 66. — Pile à l'acide azotique.
1, vase extérieur; 2, zinc; 3, vase poreux; 4, charbon.

met l'acide azotique du vase poreux pour s'abaisser de 36° B (point de concentration maximum) à 28°. Comme on n'utilise en réalité que 130 grammes d'acide par kilogramme, on voit de suite quelle importance présente ce gaspillage inutile d'un produit coûteux, et ce sont ces inconvénients qui ont fait disparaître peu à peu ce système des usages pratiques.

Piles au sulfate de cuivre. — On peut en dire autant des

piles au sulfate de cuivre, malgré toutes les modifications qu'une nuée d'inventeurs a fait subir pendant un siècle à l'invention primitive du Français Becquerel, supplanté lui aussi par un étranger, le constructeur Daniell, à qui est attribué ce dispositif.

Pour les usages de la galvanoplastie et quelques autres applications nécessitant un courant faible et continu, mais aussi constant que possible, la pile au sulfate de cuivre peut rendre de réels services. Certaines modifications dues à Callaud, Vérité, Carré, sont encore usitées. Un élément de ce dernier système peut fournir, avec une tension de 0,8 volt aux bornes et une résistance intérieure de 1 dixième d'ohm, un débit de 3 ampères, ce qui montre une puissance utile de 2,3 watts pendant 240 heures consécutives (dix jours), pour une dépense de 5 kilogrammes de sulfate de cuivre et 1 kilogramme de zinc.

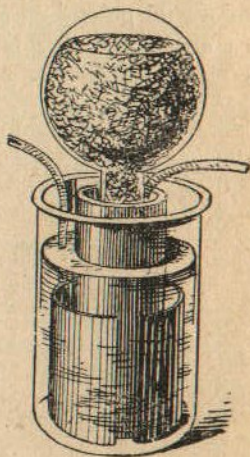


Fig. 67. — Élément Daniell au sulfate de cuivre avec réservoir de cristaux.

Piles au bichromate. — Pour ce genre de piles, on a le choix entre le bichromate de potasse, sel anhydre formant de beaux cristaux rouges inaltérables à l'air, et le bichromate de soude, plus orangé, déliquescent, souvent pâteux et ne pouvant se conserver qu'à l'abri de l'air dans des récipients bien bouchés, mais en revanche beaucoup moins cher que l'autre, quoique plus actif. En

effet, il est plus soluble : alors que l'on ne peut faire dissoudre plus de 120 grammes de sel de potasse dans un litre d'eau, la même quantité de liquide dissout 330 grammes de sel de soude. A poids égal d'ailleurs, ce dernier renferme plus d'acide chromique que l'autre, le poids atomique du potassium étant 39, celui du sodium étant 23, ce qui exige pour le bichromate de potasse un poids moléculaire de 295, alors que celui du bichromate de

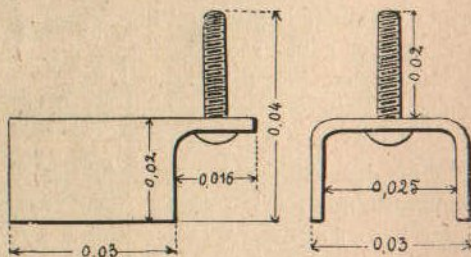


Fig. 68 et 69. — Pince à charbon. Vue de côté et de face.

soude n'est que de 263. Il en résulte donc qu'une solution concentrée de bichromate de soude peut fournir au moins six à sept fois plus d'oxygène à la dépolarisation qu'une solution de bichromate de potasse, tout en étant encore moins coûteuse, aussi est-ce la seule que l'on puisse conseiller pour les piles employant ce produit, qu'elles soient à un seul liquide ou à deux liquides (avec un vase poreux intermédiaire).

Il est bon toutefois de faire remarquer en passant que le bichromate de soude se falsifie bien plus facilement que l'autre et qu'on y trouve couramment de 25 à 30 p. 100 de sulfate de soude ou de chromate neutre qui en dimi-

nuent l'efficacité et expliquent les mécomptes rencontrés quelquefois avec ce produit, qui serait excellent pour les usages que nous avons en vue; sans cette adulation fréquente.

Quoi qu'il en soit, voici comment il convient de procéder pour construire soi-même un élément à un seul liquide.

Choisissez comme réceptacles des bocaux carrés, tels que ceux employés pour les piles Leclanché; ce sont encore, avec les vases en grès, les meilleur marché, et rangez-les côte à côte sur un ou deux rangs selon le nombre d'éléments de la batterie, dans une boîte ou caisse munie de deux poignées pour le transport et pourvue de deux montants verticaux, collés et cloués ou vissés en regard l'un de l'autre des deux côtés de la caisse.

Les électrodes composant l'élément sont maintenues par une pince en laiton découpée comme le montrent nos

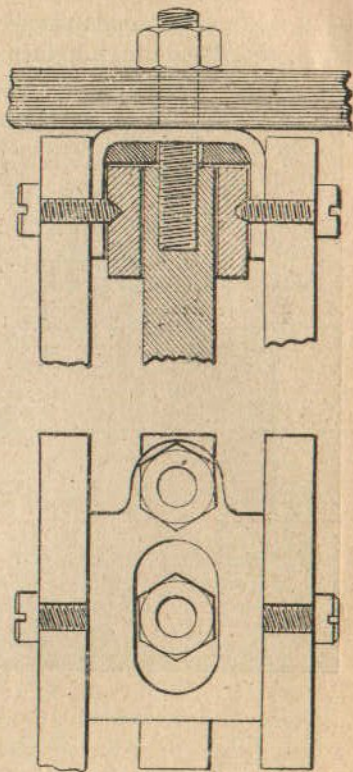


Fig. 70 et 71.

Montage d'une pile au bichromate.
Vues en coupe et en plan.

figures 70 et 71. La plaque de zinc amalgamé disposée entre les deux plaques de charbon doit en être soigneusement isolée en intercalant à droite et à gauche de petites plaquettes d'ébonite. La pince est échancrée sur le dessus,

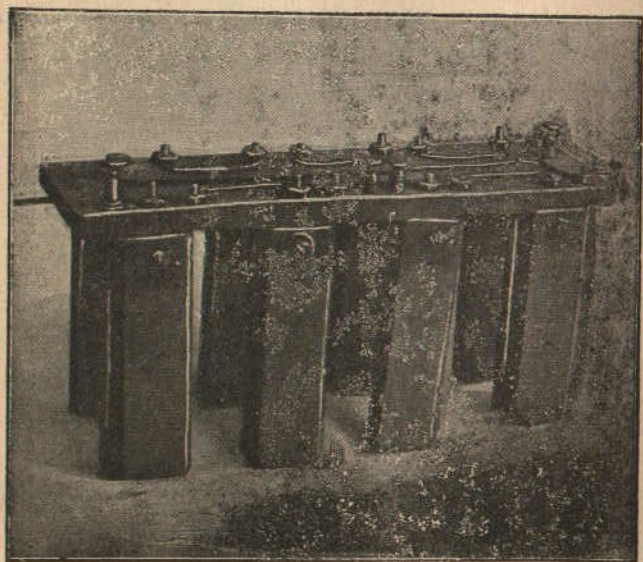


Fig. 72. — Huit éléments montés sur la même planchette.

ainsi que l'indique le dessin, afin de laisser libre passage à la vis de prise de courant et de maintien du zinc, et l'assemblage des charbons est consolidé en les réunissant, à leur partie inférieure, par une barrette qui les traverse et est maintenue par un boulon à tête et à écrou plats. Pour éviter, en serrant l'écrou, que les lames de charbon ne se

rapprochent, on intercale entre elles un petit tuyau d'ébonite ou un cylindre de bois percé d'un trou central pour le passage de la tige du boulon. Cet assemblage doit être verni au bitume de Judée, de même que la pince en cuivre et les côtés supérieurs des lames de charbon afin

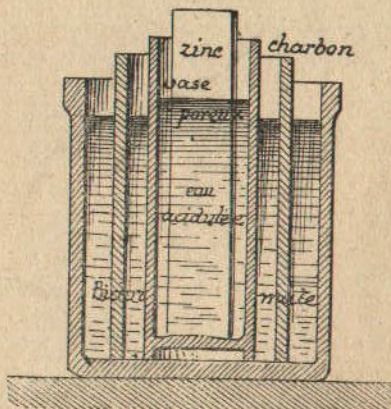


Fig. 73. — Coupe d'un élément à deux liquides.

d'éviter toute corrosion par l'effet de l'acide sulfurique du bain.

Pour constituer une batterie, on agence quatre, six, huit éléments identiques côte à côte sur une même planchette peinte et vernie. L'écrou de la pince porte-charbons et celui du zinc passent à travers cette planchette et les connexions entre les éléments sont établis avec des bandelettes de cuivre rouge ou simplement des fils conducteurs se rendant du charbon d'un élément au zinc de l'autre et étant bien serrés sur la planchette par l'écrou. Les connexions des pôles extrêmes restant libres sont

serrées sous des bornes de prise de courant. Le montage terminé, la batterie doit être *monobloc*, selon le terme

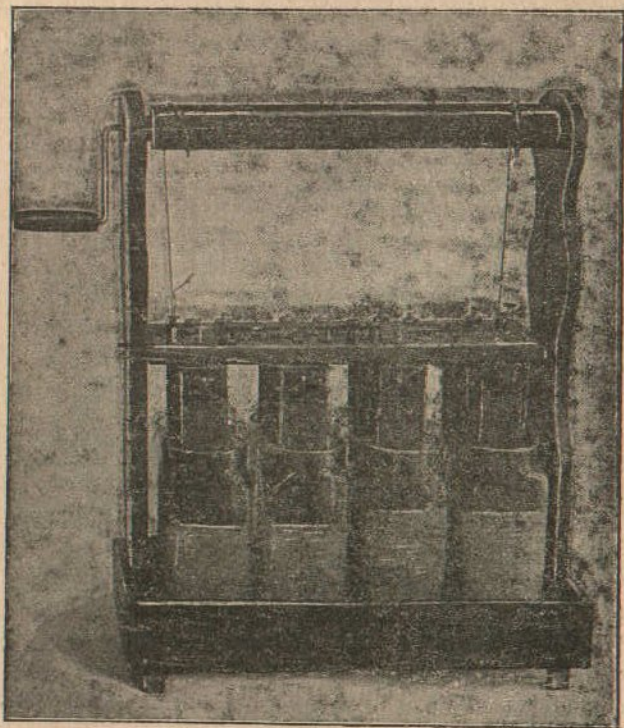


Fig. 74. — La batterie montée (construction de l'auteur).

usité en mécanique, et la planchette, avec ses quatre, huit ou douze éléments accolés et accouplés ne constitue qu'une pièce unique. Bien entendu, il a fallu calculer

exactement la distance à laquelle il convient de placer chaque élément et percer les trous dans la planche, afin que les plaques pénètrent ensemble et bien exactement toutes à la fois dans l'ouverture des vases.

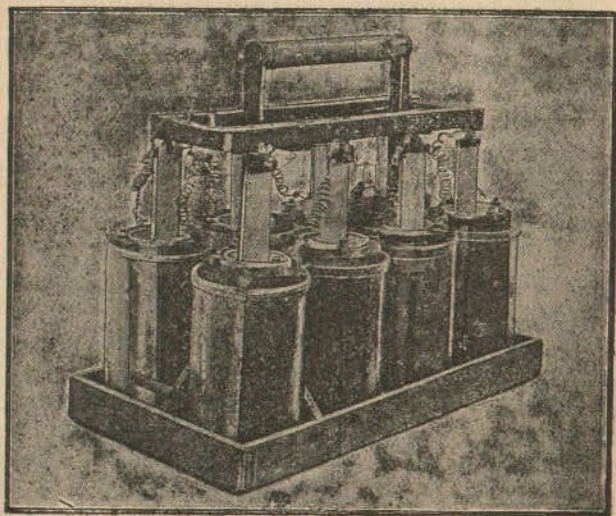


Fig. 75. — Batterie de huit éléments au bichromate.
(Construction de l'auteur).

Le zinc, même amalgamé, s'attaquant dans la solution acide de bichromate, il faudra munir la planchette de deux tenons glissant dans les coulisses pratiquées entre les deux montants de la boîte recevant les récipients, et on agencera un treuil à manivelle avec rochet et cliquet pour descendre les éléments dans les vases et les remonter à volonté. La figure 74 représente une batterie que j'ai

construite en 1912 d'après les données exposées au cours de ce chapitre, avec des vases de 1 litre de capacité. Le prix de revient de cette batterie, qui pouvait débiter 2 ampères sous une différence de potentiel de 15 volts,

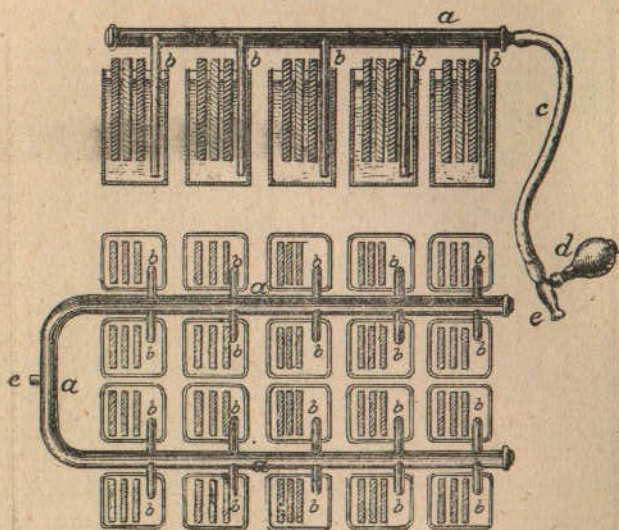


Fig. 76 et 77.

Batterie à remplissage et vidange simultanés de tous les éléments.
(Coupe et plan.)

pendant trois à quatre heures environ, était de 24 francs. Que serait-il aujourd'hui ?...

Mais le courant n'a pas une grande constance avec cette disposition, et c'est pourquoi j'ai établi ensuite une autre batterie au bichromate, mais à deux liquides, avec vase poreux central contenant le zinc amalgamé et couronne de quatre charbons plats baignant dans le bichromate

(fig. 73). Le débit de ce générateur était beaucoup plus considérable et surtout la capacité en ampères-heure (100 ampères-heure par élément), ou 1600 watts-heure (64 watts-heure pendant vingt-cinq heures) pour l'ensemble de la batterie.

Les zincs des huit éléments de cette batterie étaient suspendus par de petites équerres en cuivre et des pinces à un cadre de bois animé à volonté d'un mouvement de montée et de descente par le jeu d'un treuil central à rochet et cliquet à ressort.

Mais cette pile, pas plus que les précédentes, n'est parfaite, et parmi les ennuis qu'elle occasionne, le plus désagréable est la vidange et le remplissage des vases poreux et des vases extérieurs. C'est pour simplifier ces manipulations que l'on a songé à recourir au siphon. L'électricien feu Radiguet avait ainsi combiné un dispositif très ingénieux s'amorçant et se désamorçant en soufflant plus ou moins fort dans l'une de ses branches, et Cloris Baudet

avait fait de même pour sa pile siphonide. Mais il faut procéder élément par élément, ce qui est assez long, aussi avais-je imaginé, en 1891, pour la batterie de la première

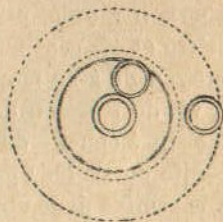
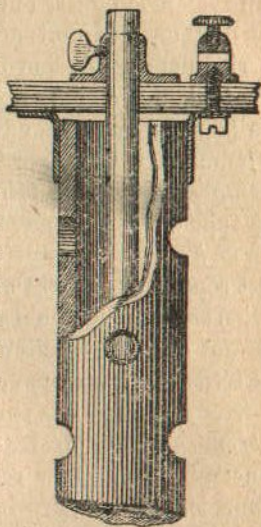


Fig. 78. — Élément de pile chlorochromique.

voiturette électromécanique qui ait fonctionné en France, un système de distributeur-collecteur permettant de vider et de remplir simultanément tous les éléments d'une batterie quel que fût leur nombre. Les figures 76 et 77 représentent le système employé. On voit qu'en pressant sur la poire en caoutchouc *d*, on purge d'air la tuyauterie et on amorce tous les petits siphons en même temps. Pour le remplissage, on supprime la poire d'amorçage et on relie le tube *c* à un récipient contenant la solution excitatrice, situé à un niveau supérieur à celui de la batterie. Le liquide est réparti également dans tous les vases en même temps. Bien entendu, lorsqu'il s'agit d'une batterie à deux liquides il faut deux distributeurs-collecteurs : l'un pour les vases extérieurs, l'autre pour les vases poreux.

Nous terminerons par quelques mots sur les piles *chloro-chromiques* qui présentent l'avantage d'un poids et d'un encombrement très restreint, eu égard à la puissance fournie. Notre figure 78 montre la disposition à donner à un élément de ce genre. L'électrode positive est un tube de charbon moulé, percé de trous, de 3 centimètres de diamètre et 25 centimètres de longueur ; la négative est un crayon de zinc non amalgamé maintenu par un tube avec vis de pression dans l'axe du tube de charbon. On réunit six éléments de ce genre en cercle sur un disque d'ébonite ou de bois paraffiné et verni, et on les immerge tous ensemble dans un récipient cloisonné contenant une dissolution de 170 grammes d'acide chromique dans un mélange d'acide sulfurique et d'acide chlorhydrique. La tension d'une pile de ce genre n'est que de 1,2 volt, mais le débit peut atteindre 25 ampères par décimètre carré de zinc, soit, pour six éléments en tension dont le poids, avec le vase contenant 1 lit. $1\frac{1}{2}$ de solution excitatrice et dépô-

larisante, ne dépasse pas 5 kilogrammes, 3 ampères et 7 volts. Une batterie de 36 éléments, pouvant alimenter une lampe à arc de 150 bougies, peut tenir dans une boîte de 0 m. 40 $\times$ 0 m. 15 $\times$ 0 m. 25 ne pesant que 15 kilogrammes. C'est évidemment la pile la plus légère qui soit, mais, malheureusement, son fonctionnement est des plus onéreux en raison du prix élevé de l'acide chromique et, en fait, il y a longtemps qu'on ne l'emploie plus, aussi ne l'avons-nous décrite qu'à titre de curiosité.

LES PILES A SEL AMMONIAC

Ce système demeure et demeurera longtemps encore en faveur, et à juste titre, en raison des avantages qu'il

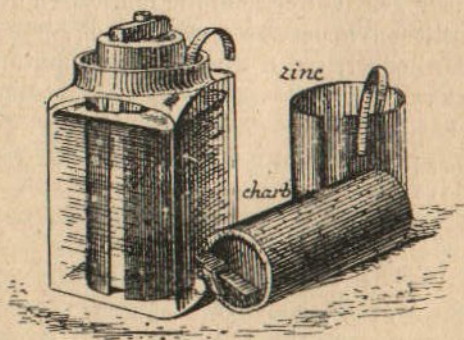


Fig. 79. — Élément Leclanché à sac aggloméré.

procure, car il a été porté, on peut le dire, à la perfection par M. Leclanché son inventeur, ainsi que par les collaborateurs de ce savant.

Il existe trois types distincts d'éléments Leclanché dans

lesquels l'électrode positive est : 1^o ou bien un vase poreux rempli d'aggloméré ; 2^o des plaques d'aggloméré réunies par un bracelet de caoutchouc avec une plaque de charbon médiane servant de collectrice de courant ; enfin 3^o un sac en toile grossière contenant une plaque centrale de charbon et deux demi-cylindres d'aggloméré, accolés par leur partie plane contre cette plaque. Cette dernière disposition est celle qui présente le plus d'avantages, car ces agglomérés ont une capacité qui atteint et dépasse même 300 et 350 ampères-heure pour les derniers modèles étudiés par M. Massy. La force électromotrice d'une pile Leclanché est de 1,4 volt environ, suivant le débit demandé. En coup de fouet et en court-circuit, ce débit peut atteindre 25 ampères.

L'amateur peut entreprendre la fabrication des agglomérés constituant la partie essentielle de ce genre de piles. D'après M. Zellner, qui a analysé la composition de ces plaques et cylindres, elle serait composée des matériaux suivants :

Charbon de cornue	52 parties
Bioxyde de manganèse	40 —
Bisulfate de soude	3 —
Gomme-laque	5 —

M. Berthier dans son excellent petit ouvrage sur les *Piles sèches* (1), indique une autre formule :

Charbon de cornue granulé	80 parties
Graphite artificiel	20 —
Pyrolusite (manganèse)	100 —
Sel ammoniac	20 —
Chlorure de zinc.....	7 —

La pyrolusite et le charbon, broyés en gros grains, sont

(1) Desforges, éditeur.

mélangés à sec au graphite et au sel ammoniac ; le chlorure de zinc à 30° B est ajouté et le tout, après avoir été bien malaxé, est tassé dans un sac en toile d'emballage contenant au centre un crayon de charbon. Le mélange, bien homogène, est pilonné autour de ce crayon servant de prise de courant. L'expérience a prouvé que l'on avait intérêt à employer le bioxyde de manganèse en grains, alors que le charbon de cornue doit être écrasé plus fin. Les cylindres ou plaques ne doivent pas avoir une trop grande épaisseur, car le bioxyde est mauvais conducteur de l'électricité, et, de plus, il ne se laisse que difficilement pénétrer par le liquide excitateur. C'est pourquoi il est préférable, pour diminuer la résistance intérieure, d'augmenter la surface active.

Au lieu d'opérer le mélange pâteux à froid comme il vient d'être dit, on peut encore, au lieu de chlorure de zinc, ajouter 4 parties en poids de bisulfate de soude et 5 de gomme-laque selon la première formule. Une fois le malaxage opéré et le mélange bien intime, on chauffe à 100° dans un moule en zinc de forme demi-cylindrique. Pendant que la matière se refroidit, on prépare, avec de la toile d'emballage solide, des sacs dont le fond, de forme circulaire, est rapporté avec une couture ; on ferme ensuite le côté du sac par une couture latérale.

On démoule, on prend deux demi-cylindres qu'on enfonce dans un sac et on place entre eux une plaque collectrice en charbon, qui doit pénétrer jusqu'au fond du sac en forçant un peu. On coule ensuite un peu de cire à bouillottes fondue sur la tête du sac et on achève en serrant le tout avec deux ou trois bracelets de caoutchouc placés à distances égales les uns des autres autour du cylindre. Une électrode de ce genre, mesurant 0 m. 08 de diamètre

et 0 m. 20 de haut, pèse environ 2 kilogrammes et revient à 4 ou 5 francs.

Dans des feuilles de zinc de 1 à 2 millimètres d'épaisseur on découpe à la cisaille des morceaux de 0 m. 20 sur 0 m. 27, et on cintre ces morceaux sur un rouleau de bois ou sur une bouteille, de manière à obtenir un cylindre de 0 m. 20 de hauteur et 0 m. 09 de diamètre dont les bords sont séparés l'un de l'autre par un espace vide de 0 m. 02 de largeur. On découpe ensuite, dans du cuivre de 1 millimètre, des rubans de 0 m. 01 de large et de 0 m. 10 de long, que l'on soude à l'étain pur au bord du zinc, du côté diamétralement opposé à son ouverture latérale. Ces bandelettes serviront à opérer les connexions. Un zinc peut revenir à 2 fr. 60 ; il n'est pas besoin de l'amalgamer. La prise du courant sur l'électrode positive se fait par une pince à vis ; on fait une encoche à l'extrémité de la *queue* du zinc et on serre cette connexion sous la vis du charbon de l'élément suivant, ce qui donne un contact parfait.

Un élément de pile semblable à celui dont la description vient d'être donnée ressort au prix suivant : bocal de verre de 0 m. 20 de haut, 2 fr. 70 ; zinc, 2 fr. 80 ; aggloméré, 4 fr. 60 avec sa pince et ses bracelets, soit au total 10 francs.

La capacité de l'aggloméré peut atteindre environ 200 ampères-heure, qui peuvent être dépensés, soit en travail continu sur une résistance élevée limitant le débit à quelques milliampères, soit par périodes courtes et plus ou moins rapprochées avec un débit bien plus élevé pouvant atteindre 5 et même 10 ampères en court-circuit. La pile se polarise rapidement, le peroxyde de manganèse n'absorbant pas aussi rapidement que l'acide chromique l'hydrogène dégagé, mais elle se dépolarise pendant les

intervalles de repos. Ce système convient donc surtout pour des usages intermittents, et il est précieux, car il ne dépense rien en circuit ouvert, c'est-à-dire au repos, ce qui n'est pas le cas avec les autres types de piles primaires : Daniell, Bunsen, bichromate, etc., qui dépensent presque autant au repos qu'en travail.

Fabrication des piles, dites piles sèches. — Les piles dites « sèches » ne sont autre chose que des piles au sel ammoniac et au peroxyde de manganèse (invention de Leclanché) dans lesquelles l'*électrolyte* (liquide excitateur) est coagulé et rendu pâteux par l'addition d'une substance inerte telle que la *géluse* (gelée d'algue agar-agar), de sciure de bois ou autre matière. D'autre part, le bocal de verre contenant le liquide est supprimé, et c'est l'enveloppe elle-même, laquée extérieurement, qui constitue le pôle négatif. Grâce à ces modifications, l'élément n'a plus la moindre fragilité ; il peut être impunément renversé, secoué, transporté au loin, manipulé, sans que ses qualités s'en trouvent altérées. Toutefois, il ne faut pas oublier que l'humidité de la solution pâteuse détermine une action chimique locale qui diminue peu à peu la capacité utilisable, si bien qu'après un certain temps de séjour en magasin, l'élément devient inerte. Les piles sèches doivent donc être mises en service dans le plus court délai possible après leur fabrication.

Voici, pour les lecteurs que ce genre de piles serait susceptible d'intéresser, le moyen de le préparer à bon compte :

Pour des éléments d'un volume d'environ deux tiers de litre, on découpe, dans une feuille de zinc de cinq dixièmes de millimètre d'épaisseur, le contour représenté par la figure 80. On replie ensuite à angle droit les quatre longs

côtés et l'on amène les arêtes au contact, puis on opère la liaison à l'aide d'une soudure à l'étain avec le fer à souder. Le résultat est une boîte quadrangulaire mesurant

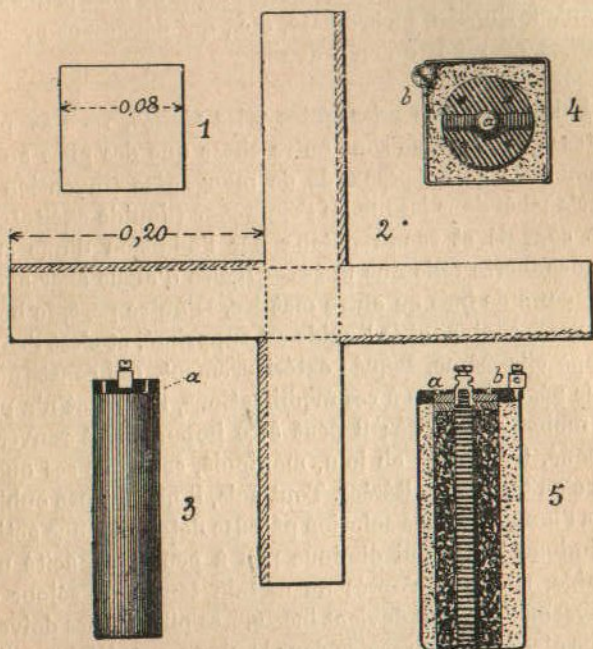


Fig. 80 à 84. — Pièces constitutives d'une pile sèche.
1, plan ; 2, côtés ; 3, aggloméré ; 4, vue en plan, *b*, borne :
5, coupe verticale, *ab* bornes.

0 m. 20 de haut sur 0 m. 08 de base. Le zinc est ensuite recouvert extérieurement de deux couches de peinture laquée noire ou bleu foncé qu'on laisse bien sécher.

On fabrique, d'autre part, les agglomérés servant de positifs aux éléments en prenant :

Charbon de cornue concassé et granulé	500 gr.
Bioxyde de manganèse pulvérisé	500 gr.
Chlorhydrate d'ammoniaque cristallisé.....	200 gr.

Mélangez le bioxyde de manganèse et le charbon en les humectant d'eau pour constituer une pâte épaisse qui est triturée et malaxée de manière à ce que les matières soient intimement mêlées. A l'aide d'un bout de bois plat (spatule), étendez régulièrement, sur les deux faces d'une lame de charbon à piles de 0m. 06 de largeur et 0 m. 20 de haut, ce mélange; forcez cette lame dans un sac en toile d'emballage de forme cylindrique, puis achevez de remplir en tassant le plus fortement possible, de manière à obtenir un bloc cylindrique que vous laissez sécher, avant de couler sur le dessus une couche d'un demi-centimètre d'épaisseur de cire à cacheter les bouteilles, dans laquelle on laisse subsister deux petits orifices pour le dégagement ultérieur des gaz pendant le fonctionnement. La plaque centrale, collectrice de courant, est pourvue d'une pince à vis servant de prise de courant.

On fait fondre ensuite le sel ammoniac dans une petite quantité d'eau, de manière à avoir une solution saturée. Quand l'eau ne peut plus dissoudre de sel excitateur, on jette dans le vase qui la contient un cofferdam quelconque: sciure de bois, algue, fibre de noix de coco, etc., et on obtient alors une pâte molle dont on remplit le vide, séparant le sac d'aggloméré placé debout à l'intérieur de la boîte de zinc, des parois de cette boîte. Tassez, pressez, puis fermez l'élément par un morceau de carton percé de plusieurs trous d'évacuation des gaz, et recouvrez d'une couche de cire à cacheter fondue. Seules, font saillie

les pinces de prise de courant, celle du charbon et une deuxième soudée sur le zinc. Cet élément aura une capacité électrique un peu moindre qu'un élément à liquide libre, quoique encore assez grande relativement à son encombrement.

RÉSUMÉ

Si nous voulons maintenant résumer ce qui a été dit au cours de ce chapitre, nous reconnaitrons que l'obtention d'un courant à la fois énergique, régulier et d'une longue durée au moyen de piles chimiques, constitue un problème dont la solution est fort difficile. Débit beaucoup et durer longtemps sont deux conditions inconciliables avec les piles, et il faut, suivant l'usage qu'on veut en faire, choisir un type déterminé, soit à grand débit mais rapidement épuisé, soit à intensité restreinte mais de longue durée (1). Pour ma part, je conseille, pour les appli-

(1) La connaissance exacte de la résistance du circuit extérieur que le courant de la batterie est appelé à desservir est une chose absolument indispensable pour déterminer la résistance intérieure de cette batterie en couplant les éléments *en série, en quantité* ou d'une façon mixte employant ces deux procédés (fig. 85 et 86). Voici, d'après M. Luzy, comment on peut arriver à établir une formule simple, et cependant très utile à connaître, en la développant point par point, pour être plus compréhensible. Le résultat de l'application de cette formule indiquera le meilleur procédé de couplage à adopter, selon le but qu'on veut atteindre.

Soient donc :

n , le nombre d'éléments en tension ;

n' , le nombre de groupe d'éléments en tension, couplés en quantité ;

N , le nombre d'éléments de la batterie, égal au produit $n \times n'$;

E , la f. é. m. d'un élément ;

R , la résistance du circuit extérieur ;

r , la résistance d'un élément.

Le montage en série de n éléments donne une f. é. m. n fois plus grande nE et une résistance intérieure aussi n fois plus grande nr .

cations de courte durée où il est besoin d'une puissance assez élevée, les batteries à treuil au bichromate à un seul liquide, ce sont incontestablement les plus simples, et elles ne s'usent réellement que pendant le travail, puis-

L'intensité I dans un groupe d'éléments en série est donc, en tenant compte de la résistance R du circuit extérieur :

$$(a) \quad I = \frac{nE}{nr + R}$$

Le montage en quantité de n' éléments ou de n' groupes d'éléments en série donne une résistance n' fois plus petite n' .

En introduisant n' en diviseur dans la formule ci-dessus (a), l'intensité de la batterie devient :

$$I = \frac{nE}{\frac{nr}{n'} + R}$$

ou

$$I = \frac{nE}{\frac{n}{n'}r + R}$$

En examinant attentivement cette formule, nous pouvons constater qu'elle contient l'expression fondamentale de la loi de Ohm.

En effet, nous retrouvons bien ici l'intensité I , la f. é. m. E et en diviseur la résistance R composée de deux parties, dont l'une est la résistance intérieure de la batterie et l'autre la résistance du circuit extérieur.

L'intensité I est donc d'autant plus élevée que le diviseur est plus faible, c'est-à-dire que la somme des résistances intérieure et extérieure est plus petite. Cette somme atteint son minimum, comme on peut le vérifier par l'expérience, lorsque les deux parties qui la composent sont égales, lorsque la résistance intérieure a la même valeur

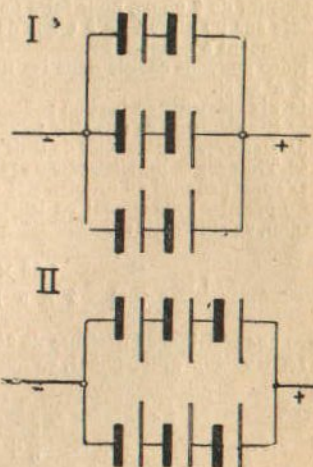


Fig. 85 et 86.

Schémas de montage de piles.

qu'on retire les électrodes du bain lorsque les expériences sont terminées.

Lorsqu'il s'agit de développer un courant de faible intensité mais sans arrêt, comme c'est le cas pour l'hor-

que la résistance extérieure et comme cette résistance étant donnée est par conséquent invariable, tout le problème consiste à chercher le groupement de la batterie donnant une résistance intérieure égale à R ou la plus rapprochée de R . Mais il faut arriver à ce résultat en faisant varier n et n' de manière que leur produit N reste constant, quand N est donné au préalable.

A titre d'exemple, supposons que nous avons à notre disposition six éléments Leclanché, d'une f. é. m. de 1 volt 35 et d'une résistance intérieure de 4 ohms, pour faire fonctionner une sonnerie de 7 ohms, placée sur un circuit de 5 ohms de résistance. Quel est le meilleur groupement à adopter ?

Nous pouvons choisir dans les quatre couplages suivants donnant $n \times n' = N$.

- 1° Six éléments en tension ;
- 2° Six éléments en quantité ;
- 3° Deux séries parallèles de trois éléments chacune ;
- 4° Trois séries parallèles de deux éléments chacune.

D'après l'énoncé du problème $R = 7 + 5 = 12$ ohms.

Le premier groupement en tension nous donne, d'après la formule d'Ohm, une intensité :

$$I = \frac{E}{r + R} = \frac{1,35 \times 6}{4 \times 6 + 12} = 0,225 \text{ ampère}$$

avec une résistance intérieure de 24 ohms.

Le deuxième groupement, en quantité, donne :

$$I = \frac{E}{\frac{r}{n} + R} = \frac{1,35}{\frac{4}{6} + 12} = 0,10 \text{ ampère}$$

avec une résistance intérieure de 0 ohm 66.

Le troisième groupement mixte donne :

$$I = \frac{nE}{\frac{n'}{n} r + R} = \frac{3 \times 4}{\frac{3}{2} 4 + 12} = 0,66 \text{ ampère}$$

avec une résistance intérieure de 6 ohms.

logerie électrique, la télégraphie et les signaux, la pile au sulfate de cuivre est tout indiquée ; enfin pour les emplois domestiques de longue durée et se répétant fréquemment, rien ne vaut la pile Leclanché au sel ammoniac. Les téléphones, les allumoirs, les appareils à mise de feu des fourneaux de mines et torpilles, enfin tous les instruments nécessitant un courant assez intense, mais pendant quelques minutes seulement, devront toujours être actionnés par ces piles.

En ce qui concerne la dépense, elle peut être évaluée entre 5 et 30 francs l'élément, suivant sa composition et surtout les dimensions des pièces constitutives. La pile

Le quatrième groupement mixte, donne :

$$I = \frac{2 \times 4}{\frac{2}{3} 4 + 12} = 0,54 \text{ ampère.}$$

avec une résistance intérieure de 2 ohms 6.

C'est donc le troisième groupement dont la résistance intérieure est la plus voisine de R que nous adopterons ; c'est aussi celui donnant le maximum d'intensité.

Il est intéressant de voir quelles ressources offre la multiplicité des éléments dont on peut disposer, au point de vue du nombre des groupements qu'on peut effectuer.

Admettons qu'à l'aide de 30 éléments de Lalande et Chaperon d'une f. é. m. de 8 volt 8 et d'une résistance intérieure de 0 ohm 06, nous voulions alimenter une lampe de 9 ohms, placée sur un circuit de 2 ohms de résistance, quel groupement adopterons-nous parmi les combinaisons très variées ci-dessous ?

- 1° Les 30 éléments en tension ;
- 2° Les éléments en quantité ;
- 3° Les 2 séries parallèles de 15 éléments chacune.
- 4° Les 3 ————— 10 ————
- 5° Les 5 ————— 6 ————
- 6° Les 6 ————— 5 ————
- 7° Les 10 ————— 3 ————
- 8° Les 15 ————— 2 ————

En procédant comme nous avons fait dans l'exemple précédent, on est amené à adopter le groupement en tension donnant une résistance de 1 ohm 8 et un débit de 1 amp. 8.

n'est donc pas un générateur bien coûteux d'achat. Il est seulement regrettable qu'elle consomme des produits d'un prix aussi élevé que sont les acides azotique, sulfurique, chromique, etc., et le zinc. L'énergie ainsi obtenue revient près de vingt fois plus cher que par transformation mécanique, et c'est cette difficulté qui, n'ayant pu jusqu'ici être surmontée, a limité l'emploi des générateurs chimiques à des cas bien définis.

CHAPITRE III

LES ACCUMULATEURS

Il existe deux catégories différentes d'accumulateurs au plomb. Dans la première, les plaques sont entièrement en plomb pur, alors que, dans l'autre, ces plaques affectent la forme d'un grillage, dont les vides sont remplis par une pâte d'oxydes de plomb formant une série de *pastilles* encastrées entre les barreaux de la grille.

Les accumulateurs au plomb pur, dits genre Planté, ou à *formation naturelle*, présentent l'avantage d'une très grande solidité, car c'est aux changements d'état du métal qui les constitue qu'elles doivent leur propriété d'emmagasiner l'énergie électrique. Mais, en revanche, ils présentent un inconvénient très grave, celui de ne retenir une quantité utilisable d'électricité qu'à la longue, après avoir subi une quantité de charges et de décharges successives, charges fournies par une source quelconque de courant. C'est donc là une méthode longue et coûteuse.

Il n'en est pas de même pour les accumulateurs à oxydes rapportés, dits genre Faure ou à *formation artificielle*. Au lieu de transformer le plomb en oxyde par des charges répétées, on prend des oxydes tout préparés et on les en-

castre sur un support qui ne sert qu'à transmettre l'électricité. La durée de la formation se trouve alors très réduite, mais les oxydes, ne faisant pas corps avec le support, se dilatent à la charge pour se contracter à la décharge, par suite du phénomène dit du *foisonnement*, et il en résulte que l'adhérence est médiocre et qu'il se produit des décollements, des chutes de poussières métalliques, susceptibles de déterminer des courts-circuits entre les plaques constituant l'accumulateur. Les deux systèmes ont donc leurs avantages et leurs inconvénients propres, mais il faut reconnaître que l'avantage d'une formation rapide est tel qu'on a à peu près complètement délaissé les modèles à formation lente pour ne se servir que de ceux à oxydes rapportés. Quoi qu'il en soit, j'indiquerai ici les méthodes à suivre pour réussir la fabrication des accumulateurs des deux systèmes.

ACCUMULATEURS GENRE PLANTÉ

Si l'on fait passer un courant électrique dans deux lames de plomb baignant dans de l'eau additionnée d'acide sulfurique, on remarque que le métal est réduit par le phénomène de l'électrolyse : une petite épaisseur de la lame en relation avec le pôle positif de la source de courant se transforme en peroxyde de plomb, tandis que la lame en rapport avec le pôle négatif se transforme en plomb spongieux. Cette double transformation effectuée, on arrête le passage du courant, et, si l'on réunit les plaques l'une à l'autre par un fil métallique, on constate que ce conducteur est traversé par un courant électrique qui dure tout le temps que les lames mettent à revenir à leur état primitif et à libérer l'électricité absorbée sous forme

de travail chimique. On donne le nom de courant *primaire* à celui fourni par la source assurant la charge et de *secondaire* au courant restitué ensuite.

Le physicien Planté, qui décrivit les phénomènes de la polarisation donnant naissance aux courants secondaires, avait donné à son accumulateur la forme cylin-

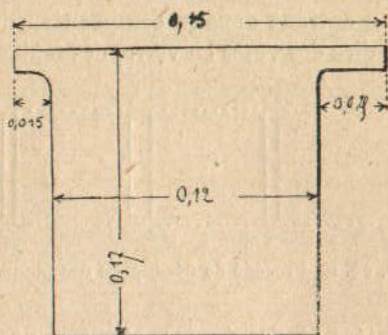


Fig. 87. — Tracé d'une plaque d'accumulateur.

drique. Il prenait deux feuilles de plomb de 0 m. 25 de large, 1 mètre de long et 1 millimètre d'épaisseur, qu'il appliquait l'une par dessus l'autre, en interposant entre elles trois bandes de caoutchouc, et qu'il roulait de manière à réaliser une spirale de 0 m. 10 à 0 m. 12 de diamètre. L'une des feuilles de plomb ainsi enroulée constituait l'électrode positive, l'autre l'électrode négative. Cette disposition paraît très simple de prime abord, mais en réalité, sa bonne exécution est assez délicate. De plus, il est absolument impossible de voir ce qui se passe entre les feuilles, et la moindre parcelle, soit d'oxyde, soit de métal, qui vient à se détacher, est susceptible de déter-

miner un court-circuit qui met en peu d'instants l'élément hors service. Il est donc bien préférable d'adopter la disposition universellement en usage aujourd'hui et d'employer les électrodes plates, disposées parallèlement à une très petite distance l'une de l'autre.

Le premier soin de l'amateur qui veut se monter une petite batterie d'accumulateurs doit être de se procurer les matériaux entrant dans la composition de cette batterie, c'est-à-dire des vases en verre, des feuilles de plomb,

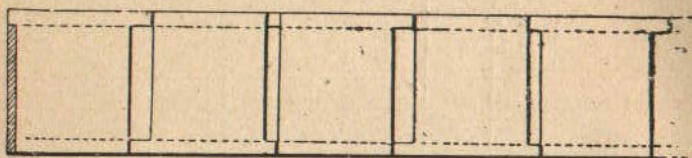


Fig. 88. — Procédé de découpage des plaques.

des tiges filetées et des écrous, etc. Les vases en verre doivent être de forme rectangulaire, et c'est d'après leurs dimensions que l'on découpe les plaques devant servir d'électrodes.

On trouve le plomb dans le commerce sous la forme de feuilles de 1 mètre de large sur 2 de longueur. Si nous supposons que l'on veuille fabriquer une batterie de huit éléments avec des cuves en verre de 0 m. 14 de long, 0 m. 07 de large et 0 m. 17 de haut, pouvant contenir neuf plaques, on commencera par couper, dans une feuille de plomb de 2 millimètres d'épaisseur, des bandes de 0 m. 16 de large sur toute la longueur de la feuille, puis on trace, à 0 m. 01 de chaque bord le plus long et d'un bout à l'autre, une ligne droite à l'aide d'une pointe et, pour perdre le moins de métal possible, tout en réservant des rebords

pour suspendre les plaques et opérer les connexions, on procédera comme suit :

On découpe avec des ciseaux, dans un morceau de carton, un *patron* de la plaque (fig. 87) qui devra mesurer, en son milieu, 0 m. 12, et à sa partie supérieure, 0 m. 16 sur une largeur de 0 m. 01, correspondant à la ligne tracée tout à l'heure sur le plomb. La plaque aura donc en haut une *oreille* de 15 millimètres de long d'un côté et de 25 millimètres de l'autre côté ($0 \text{ m. } 015 + 0 \text{ m. } 12 + 0 \text{ m. } 025 = 0 \text{ m. } 16$). On applique ce patron sur la bande de plomb et l'on trace son contour en ayant soin de retourner le modèle de haut en bas à chaque plaque que l'on trace, de manière à ramener au minimum la perte de métal (fig. 88). En agissant ainsi, on peut découper douze plaques dans une bande de 2 mètres de long. Une batterie de 8 éléments de 9 plaques, soit 72 plaques au total, emploiera donc exactement une feuille de plomb de 2 mètres sur 1 mètre de large, c'est à-dire six bandes de 0 m. 16 fournissant chacune douze plaques.

Les plaques sont d'abord bien dressées une à une en les mettant sous presse (une presse à copier suffit) ou sous une pile de lourds dictionnaires. Une fois bien planes, on en empile une douzaine les unes par dessus les autres, de telle façon que les *oreilles* se superposent bien, puis on perce, à travers les oreilles de 25 millimètres et non dans les autres, un trou de 5 millimètres de diamètre devant servir de passage aux tiges de connexions.

Le montage s'exécutera de la manière suivante :

On se procure des tiges de laiton de 5 millimètres de diamètre (du fil de ce diamètre que l'on dresse au marteau sur une surface plane peut suffire), et des rondelles d'ébonite de 0 m. 01 de diamètre, pouvant entrer à frot-

tement doux sur les tiges. L'épaisseur de ces rondelles doit être de 2 millimètres. Il faut encore des bornes et des écrous pouvant se visser sur les tiges, dont les extrémités seront filetées à la filière sur une longueur de 0 m. 01.

Les tiges de laiton, coupées à une longueur de 0 m. 07, seront donc filetées, ainsi qu'il vient d'être dit, et munies à un de leurs bouts d'un écrou arrêté d'une manière définitive, en refoulant la tête de la tige au marteau, de

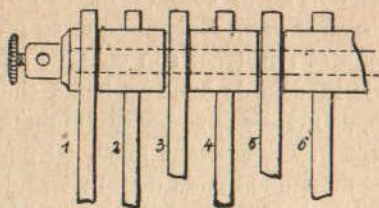


Fig. 89. — Montage des plaques d'un élément.

manière à faire de celle-ci un long boulon. Il faut, bien entendu, seize tiges pour les huit éléments de la batterie.

On commence, pour monter un élément, par faire glisser la tige à travers le trou d'une plaque de plomb, jusqu'à ce que celle-ci vienne s'appuyer contre le boulon, puis on enfle dans la tige cinq rondelles, l'on place une deuxième feuille de plomb au contact de la dernière de ces rondelles, la tige la traversant dans l'ouverture pratiquée à cet usage. On enfle cinq autres rondelles, puis une troisième, une quatrième et enfin une cinquième plaque de plomb dans la tige, de telle manière que chaque plaque se trouve éloignée de celle qui la précède et de celle qui la suit par un intervalle de 0 m. 01. Par-dessus la cinquième plaque, on pose une rondelle et on serre

fortement l'ensemble des cinq plaques avec un écrou que l'on surmonte d'une borne dont le dessus, peint en noir, portera un trait blanc (—) (fig. 90).

Cet assemblage de cinq plaques constitue le faisceau négatif d'un élément ; le faisceau positif se composera de quatre plaques seulement, qui se trouveront encastrées entre les premières, de telle manière que leurs deux faces actives se trouvent utilisées pour le travail chimique. Les tiges à boulon seront plus courtes que celles des

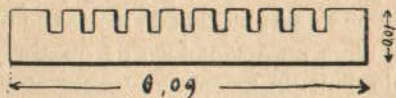


Fig. 90. — Peigne séparateur.

assemblages négatifs. Une longueur de 55 millimètres sera suffisante. Les plaques seront écartées l'une de l'autre de 0 m. 01, espace occupé sur la tige d'assemblage par des rondelles ; la rigidité sera obtenue par un écrou serrant le tout ; la tête de la borne sera peinte en rouge vif et portera une croix blanche (+) indiquant la borne positive.

On prépare huit assemblages de cinq plaques et huit assemblages de quatre, puis, ce travail terminé, on fabrique les séparateurs indispensables pour maintenir les plaques à leur écartement normal dans les bacs de verre. Ces séparateurs se taillent dans des planches d'ébonite de 2 à 3 millimètres d'épaisseur, suivant un patron en carton, comme pour les plaques de plomb. On découpe en premier lieu seize bandes de 64 millimètres de long sur 0 m. 01 de large et on applique sur elles un patron de mêmes dimensions, portant à égale distance neuf encoches, pro-

fondes de 4 millimètres et larges de 2. On superpose les quinze planchettes d'ébonite dont on ne fait qu'un bloc



Fig. 91.
Plaquettes.

à l'aide de deux ligatures en fil de fer et avec une mèche de 2 millimètres, on perce neuf trous, un au bas de chaque encoche (fig. 90 et 91). Deux traits de scie permettent de détacher le morceau et de terminer l'encoche. On possède,

une fois ce travail terminé, seize plaquettes, dentées comme des peignes, pouvant pénétrer jusqu'au fond des bacs, et qu'il ne s'agit plus que de mettre en place.

On prend alors un assemblage de quatre plaques que l'on intercale dans un assemblage de cinq plaques, de façon que toutes les plaques se trouvent à 4 millimètres l'une de l'autre, puis on insère deux plaquettes dentées à la partie inférieure des électrodes de plomb, de manière que celles-ci pénétrant jusqu'au fond des encoches. On met un séparateur à droite, l'autre à gauche, et le bloc est descendu dans les bacs jusqu'à ce que les oreilles latérales s'appuient par leurs faces inférieures sur le bord des bacs. A ce moment, les plaquettes d'ébonite sont à fond, à moins d'un millimètre du fond des vases de verre.

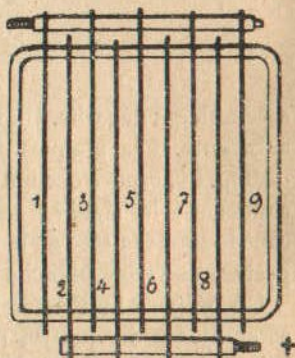


Fig. 92. — Élément monté.
Vue en plan avec les connexions.

Les éléments une fois montés sont déposés côte à côte, à quelques centimètres les uns des autres, sur une planche

épaisse, soigneusement enduite d'une couche de bitume de Judée ayant pour but d'empêcher la corrosion du bois par les gouttelettes d'acide. On peut recouvrir cette planche d'une feuille de verre ou placer sous chaque bac un carreau de vitre de dimensions un peu plus grandes que ceux-ci. Les connexions sont ensuite opérées entre les éléments au moyen de fils conducteurs recouverts de gutta ou de caoutchouc. Ordinairement, le couplage s'effectue en tension, le faisceau positif d'un élément réuni au faisceau négatif de l'élément suivant, une borne rouge à une borne noire, et l'on a ainsi une borne rouge libre au premier élément et une borne noire au dernier.

On procède ensuite à la préparation de l'électrolyte, c'est-à-dire du liquide dans lequel doivent baigner les plaques. Il faut de l'eau pure, eau de pluie ou distillée, et de l'acide sulfurique au soufre ou purifié à l'huile par le moyen indiqué par M. d'Arsonval. La densité de l'eau acidulée doit être de 20° B. mesurée à l'aréomètre. Si l'on met trop peu d'acide, on ménage les plaques, mais il faut alors prévoir un grand volume de liquide. Si l'on met plus d'acide, on augmente la force électromotrice et la capacité, mais on abrège la durée des accumulateurs.

Quoi qu'il en soit, l'électrolyte ayant été préparé dans une cruche de grès, on le laisse refroidir à la température ambiante, et on remplit les huit cuves de verre, dont le contenu est de 1 lit. 2, jusqu'à 2 centimètres des bords. Le poids des plaques étant de 2 kgr. 800 par élément, un élément complet, avec son électrolyte, pèse 4 kgr. 500. La batterie de huit éléments pèsera donc 36 kilogrammes.

Il s'agit maintenant de *former* les plaques, qui n'ont aucune capacité. C'est une opération très simple, mais très longue et qui ne peut se faire économiquement

qu'avec le courant d'une dynamo. La tension maximum, à fin de charge, de la batterie étant de 20 volts (2,6 volts par élément), il faut que le courant n'ait que ce voltage, avec une intensité correspondant à un ampère par kilogramme de plaques, soit 3 ampères pour la batterie considérée. Or, une dynamo de ce genre, fournit ces constantes en tournant à 2.200 tours et en absorbant une puissance de $1 \frac{1}{4}$ de cheval.

On fait passer le courant jusqu'à ce que l'on remarque que les plaques de plomb positives (en relation avec les bornes rouges) soient devenues d'un beau brun. On interrompt alors pendant quelques heures, puis on change le sens de circulation du courant, en attachant à la borne rouge le fil qui était à la borne noire et réciproquement. Le courant est alors rétabli jusqu'à ce que les plaques brunes soient devenues couleur blanc gris et que celles qui étaient grises soient devenues brunes. Après un certain nombre de changements de sens du courant, et de non moins nombreux intervalles de repos d'une durée croissante, les plaques, suivant l'expression de Planté, *se tannent* en quelque sorte, et la décharge de l'accumulateur va toujours en augmentant. Au bout d'un certain temps, lorsque la durée de la décharge paraît suffisante, on ne change plus le sens du courant et l'on fixe définitivement le fil positif à la borne + rouge et le fil négatif à la borne — noire ; après quelques longues charges, on peut mettre la batterie en service. La durée de la formation est en rapport avec la masse de plomb à électrolyser ; plus un accumulateur est vieux et meilleur il est.

Il convient d'ajouter, de temps à autre, de l'eau dans les bacs pour remplacer celle qui disparaît par l'évaporation. L'acide étant fixe, il est inutile d'en remettre.

ACCUMULATEURS A OXYDES RAPPORTÉS

Le plomb pur n'acquérant qu'à la longue une capacité électrique qui s'accroît constamment avec l'usage, on peut réduire dans une très grande proportion la durée de la formation, en préparant la matière active des oxydes

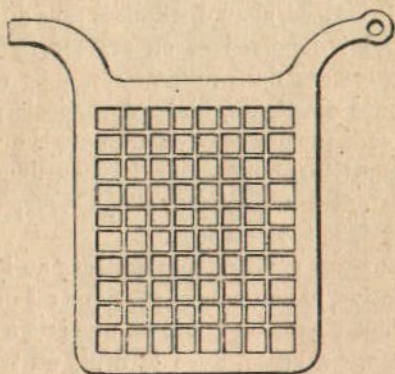


Fig. 93. — Plaque d'accumulateur à grille.

de plomb dont on recouvre un grillage de plomb antimonié inattaquable dans l'eau acidulée, et ne servant qu'à transmettre le courant. Si l'on veut construire une batterie d'après ce procédé, indiqué pour la première fois par Faure en 1881, il sera nécessaire d'établir en premier lieu un modèle de la plaque, ou, pour parler plus exactement, de la grille devant servir de support aux oxydes.

Ce modèle peut être fait en bois ou en métal (fig. 93). Dans le premier cas, on prend une planchette à laquelle on donne d'abord le profil et l'épaisseur que devra avoir la plaque. S'il s'agit de réaliser, comme précédemment,

une batterie de huit éléments de neuf plaques de 0 m. 15 sur 0 m. 12, on fera une planche de ces dimensions et de 2 à 3 millimètres d'épaisseur, et dont les angles seront pourvus de deux oreilles de grandeur inégale (15 et 25 millimètres), la plus grande percée d'un trou de 5 millimètres de diamètre. On trace un cadre de 8 millimètres de large tout autour de la planchette, et l'on divise en huit parties égales dans la largeur, et en dix dans le sens de la hauteur. A chaque point de division, on reporte, à droite et à gauche, une largeur de 2 millimètres, puis de tous ces points on trace des lignes, d'abord verticales, puis horizontales, se coupant par conséquent à angle droit les unes les autres, constituant un quadrillage ou une grille dont les barreaux ont 4 millimètres d'épaisseur, et les vides 1 centimètre dans tous les sens.

Pour exécuter ces évidements destinés au logement de la matière active, le seul moyen pratique est de les couper l'un après l'autre avec un bocfil ou une scie à découper à lame très fine. On perce, avec le drill, un trou près de l'un des angles de chaque cellule, pour passer la lame de scie, et on suit le tracé du carré. C'est un travail minutieux et qui exige beaucoup de précaution pour éviter de briser les barreaux si minces, mais on peut cependant, avec de l'attention, le réussir parfaitement. Cependant, si l'on n'est pas sûr de sa main, on peut, au lieu de bois, prendre une feuille de cuivre rouge ou de laiton, et la découper de même, mais on ira moins vite. Le découpage achevé, on ébarbe les barreaux avec une lime douce, principalement dans les angles des cellules, puis on polit toute la surface du modèle, des deux côtés, avec du papier de verre.

Les moules se préparent en versant dans une boîte en

carton, dont les bords n'ont que 0 m. 01 à 0 m. 03 de haut, du plâtre fin de mouleur gâché clair, de manière à faire une bouillie peu épaisse. On remplit d'abord la boîte à moitié et on laisse la prise s'opérer, puis, sur cette couche de plâtre, on pose le modèle dont la surface supérieure doit être exactement à la hauteur des bords de la boîte. On verse le reste du plâtre, qui doit ne remplir que les vides du modèle et affleurer les bords de la boîte ; au besoin, on essuie soigneusement avec un chiffon la pâte qui déborderait sur le modèle. Celui-ci a dû être préalablement bien huilé pour éviter l'adhérence du plâtre et faciliter son décollement. Quand le plâtre s'est solidifié, on remplit une autre boîte de carton de 0 m. 02 de haut et de même grandeur que l'autre, de plâtre qu'on laisse bien prendre et on en forme une planche rigoureusement plane devant servir de couvercle au moule.

On enlève le modèle de la première boîte que l'on recouvre de l'autre, et l'on réunit les deux pièces par de petites pointes enfoncées aux quatre angles, ou mieux, avec quatre crampons en forme de C. Il faut avoir soin de ménager deux conduits à travers le plâtre, allant du moulage à l'extérieur, l'un pour introduire le métal en fusion, l'autre servant d'évent.

On fait fondre le plomb dans une marmite en métal et on l'additionne d'antimoine en paillettes dans la proportion de 5 p. 100 d'antimoine. Ce métal, qui ne fond qu'à 450°, alors que le plomb fond à 330°, donne une grande dureté à l'alliage. Lorsque le mélange est bien liquide, on le puise dans le récipient avec une cuiller en fer à bec et on le verse dans le moule jusqu'à ce que celui-ci soit rempli. On attend que le refroidissement se soit produit pour enlever le couvercle et démouler la plaque, qui s'enlève

comme une gaufre du gaufrier. Si l'on a un grand nombre de plaques à fabriquer, il faudra préparer plusieurs moules, on gagnera ainsi du temps.

Une fois en possession du nombre de plaques que réclame la batterie, on vérifie chacune d'elles avec attention, de façon à pouvoir rectifier les défauts que ces épreuves peuvent présenter. Au besoin, on passe la lime sur les bavures qui ont pu se produire, particulièrement dans les angles des barreaux. Les grilles ainsi terminées, on arrive à la deuxième phase de la fabrication, qui est l'*empâtage*.

On se procure donc deux oxydes de plomb : du minium pour les positives et de la litharge pour les négatives, et on les broie séparément dans un mortier de marbre ou de verre, en ajoutant de l'eau acidulée sulfurique à 20° B. Lorsque ce broyage est effectué, que le malaxage a transformé les oxydes en une pâte onctueuse, on prend une grille que l'on pose sur un épais buvard, et avec une spatule on remplit de pâte ou *matière active* tous les interstices entre les barreaux en tassant bien. On égalise la surface, on applique un buvard et on porte la plaque sous le plateau d'une presse à copier que l'on serre à bloc. Les buvards absorbent l'excès de liquide, et il n'y a plus qu'à laisser sécher l'électrode après l'avoir retirée de la presse. On empâte ainsi de minium toutes les positives, tandis que les négatives sont recouvertes de litharge. Après quelques jours, le minium est partiellement décomposé, et la matière active se trouve formée d'un mélange de minium, d'oxyde puce de plomb, de sulfate de plomb et d'eau. La litharge est transformée en sulfate de plomb, et la matière ainsi obtenue représente environ le tiers du poids total de la plaque.

L'amateur trouvera sans doute que cette fabrication est longue et compliquée. Il peut toutefois éviter cette suite de travaux minutieux en achetant les plaques toutes préparées dans les maisons d'accessoires d'électricité. Une plaque négative ou positive carrée, mesurant 0 m. 105 sur 0 m. 105, valait 1 franc (avant la guerre) ! Une batterie comme la précédente, de huit éléments de neuf plaques, entraînerait donc, rien que pour les électrodes, une dépense de 72 francs, alors qu'en les fabriquant soi-même, la dépense de matières premières ne dépassera pas 40 francs. Mais ce qui était vrai en 1913 ne l'est plus, hélas ! en 1920.

Les éléments sont montés dans les bacs, puis connectés les uns aux autres, exactement comme il a été dit pour les accumulateurs au plomb pur. On les garnit de leur électrolyte, et on opère leur formation qui demande quelques jours au plus pour être parfaite.

Le courant de charge transforme, sur les plaques positives, le minium non décomposé et le sulfate de plomb en oxyde puce, tandis que, sur les négatives, le sulfate est amené à l'état de plomb spongieux. Pour transformer ainsi 1 kilogramme de litharge, il faut respectivement 157 et 241 ampères-heure en théorie et 25 p. 100 de plus en pratique. Autrement dit, avec des éléments pouvant être chargés, comme ceux dont la construction vient d'être expliquée, à 3 ampères, il faut 60 heures environ de charge, alors qu'il faut au moins 80 heures pour des accumulateurs Planté identiques. Cette longue durée exigée pour la formation augmente très sensiblement, ainsi qu'on le comprend bien, le prix de revient de ce genre d'éléments, mais ces derniers présentent une très grande solidité, les oxydes faisant partie intégrante de l'électrode, alors que, dans les autres, les pastilles se gonflent à la

charge, en raison du phénomène du *foisonnement*, pour se contracter ensuite et revenir à leurs dimensions primitives pendant la décharge. Il résulte donc, de ces mouvements contraires, des décollements et des chutes de matière active au fond des bacs, chutes capables de déterminer des courts-circuits entre les plaques voisines.

Les électrodes positives et négatives à pastilles serties entre les barreaux d'une grille de plomb antimonié se montent dans les bacs exactement de la même manière que les accumulateurs au plomb pur, à l'aide de tiges enfilées dans les trous des oreilles des plaques. Celles-ci sont séparées les unes des autres par des rondelles d'ébonite, puis associées et maintenues à leur partie inférieure par des séparateurs à encoche en même matière. Une précaution indispensable consiste à recouvrir d'une bonne couche de vernis au bitume de Judée les barres de connexions, boulons, rondelles, oreilles des plaques, afin de les protéger contre l'action corrodante des gouttelettes d'acide projetées à la fin de la charge.

CONSTRUCTION D'UN COUPLEUR A MAIN

Le coupleur automatique inventé par Planté a pour but de permettre de charger une batterie d'accumulateurs composée d'un nombre quelconque d'éléments, en *quantité*, c'est-à-dire exactement comme si elle ne se composait que d'un seul élément, de surface équivalente à celle de toutes les plaques de la batterie. En faisant effectuer un quart de tour à une manette, tous les éléments se trouvent, par ce mouvement, couplés en série, leur force électromotrice s'additionne, et alors que l'on n'a que 2 volts de tension dans le premier cas, quel que soit le nombre d'ac-

cumulateurs, dans l'autre on a autant de fois 2 volts que la batterie compte d'éléments. Cet instrument est donc précieux si l'on veut opérer la charge au moyen d'une source primaire n'ayant qu'un très faible voltage : une pile ou une dynamo à galvanoplastie par exemple.

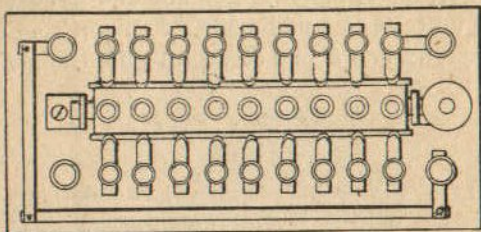


Fig. 94. — Plan d'un coupleur à main.

S'il s'agit de charger une batterie de huit éléments, le coupleur sera disposé comme suit :

On se procurera une planchette de 0 m. 18 $\times$ 0 m. 08, un morceau de manche à balai de 0 m. 15 de long, deux douzaines de bornes, vis à bois, un morceau de cuivre rouge de 8 dixièmes à 1 millimètre d'épaisseur, un autre de 2 à 3 millimètres, et une manette en bois ou en faïence de 0 m. 04. En possession de ces matériaux, on commence par dresser la planchette à la varlope et au rabot, et on la termine au papier de verre et à la pierre ponce, avant de la vernir au tampon. (Voir à ce sujet le chapitre 1^{er} : *Outils*.) La planchette achevée, on prépare de la même façon le cylindre de bois qui est soigneusement arrondi et poli, puis verni, non au tampon mais au pinceau, avec du vernis à l'alcool.

On découpe dans la feuille de cuivre rouge de 8 dixièmes.

des bandes larges de 8 millimètres et longues de 5 centimètres. Il en faut 19. Les angles de ces lames sont abattus à la lime, puis le métal est poli au papier de verre et à l'émeri et enfin recouvert d'une couche de vernis *optique* (incolore, à l'alcool). On réunit toutes ces lames en un seul bloc et, à 6 millimètres de l'une de leurs extrémités, on perce un trou de 4 millimètres de diamètre. Cela fait, on les reprend une à une et on les plie à angle droit à

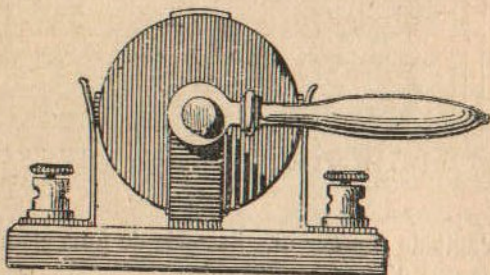


Fig. 95. — Coupleur vu de face, du côté de la manette.

15 millimètres de cette même extrémité près de laquelle est le trou, de telle façon que ces lames ont, posées à plat, 35 millimètres de haut.

On taille à part deux bandelettes de ce même cuivre, de 8 millimètres de largeur, mais de 15 centimètres de long, et on les fixe de chaque côté de la tige de bois cylindrique à l'aide de trois vis. Perpendiculairement à ces deux lames, et à 15 millimètres l'une de l'autre, on perce neuf trous de 4 millimètres de diamètre, à travers lesquels on enfonce autant de morceaux de gros fil de laiton n° 12, de 3 centimètres de longueur, dépassant de 2 millimètres

le bois. Cela fait, on enfonce, bien dans l'axe du cylindre, deux morceaux de ce même fil de laiton de 4 millimètres, bien dressés, et qui serviront d'arbre de rotation. L'un de ces morceaux aura 15 millimètres de long, l'autre 25 et tous les deux pénétreront à 10 millimètres de profondeur dans le bois.

On prépare deux petites équerres dans du laiton de 3 millimètres d'épaisseur. Ces équerres auront 4 centimètres sur 15 millimètres de large, et le pli sera à 15 millimètres d'une extrémité et 25 millimètres de l'autre. Un trou est percé à travers chaque partie pliée, l'un destiné à recevoir une vis, l'autre, plus grand, pour l'axe du cylindre de bois.

Une fois toutes ces pièces préparées, polies et vernies avec soin, on peut commencer le montage. On prend d'abord une feuille de papier de la grandeur de la planchette, on la plie en deux pour en obtenir le milieu, et à 2 centimètres à droite et à gauche de ce pli, on trace deux lignes parallèles sur lesquelles on reporte neuf divisions, également espacées de 15 millimètres. Le pli du milieu correspondant à l'axe du cylindre, on pose celui-ci sur le papier, avec ses deux équerres de support, et on marque l'emplacement des trous des vis. Tous ces points sont reportés sur la planchette vernie à l'aide d'un poinçon, en perçant le papier, puis, après avoir vissé les équerres, on place les lamelles coudées, qui sont maintenues en place par des bornes pourvues de vis à bois. Il ne reste plus, cela fait, qu'à mettre en place la poignée sur la partie de l'axe dépassant l'équerre du côté du bord de la planchette-socle. Enfin la première borne est reliée par une lame de cuivre découpée en forme d'L à une borne de départ, il en est de même pour la dernière.

Les connexions avec les accumulateurs sont opérées dans l'ordre suivant : on laisse libre la première borne de gauche et on attache le fil positif du premier élément à la première borne de droite, le fil négatif du même à la deuxième borne de gauche, le fil positif du deuxième élément

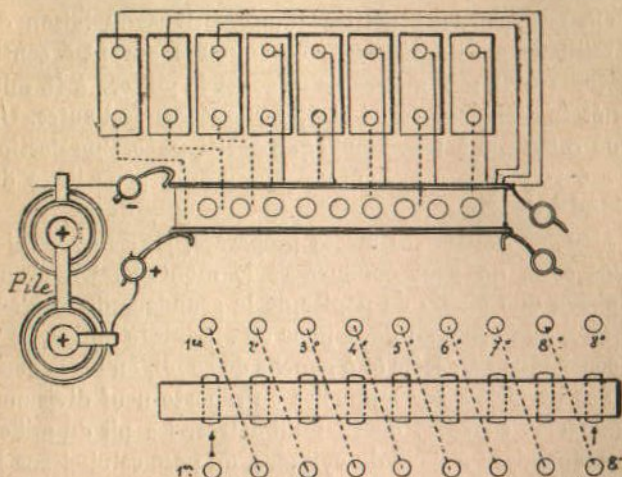


Fig. 96 et 97. — Connexions dans un coupleur à main.

à la deuxième borne de droite, et le fil négatif du même à la troisième borne de gauche, et ainsi de suite jusqu'à la fin. De cette manière, tous les positifs sont à droite et tous les négatifs à gauche, et par conséquent les lames longitudinales du cylindre de bois les réunissent tous ensemble, alors que, si les lamelles frottent sur les tiges traversant d'outre en outre ce cylindre, les éléments se trouvent automatiquement couplés en tension. Les deux

fils négatifs, pile et batterie, s'attachent à la même borne et il y a deux bornes pour les fils venant du pôle positif de la pile, fils se rendant, l'un à la batterie, l'autre au générateur primaire. Les deux schémas des figures 96 et 97 montrent comment ces connexions doivent être réalisées : dans la première, le couplage des éléments est effectué en série (dans ce cas, la tension du courant des huit éléments associés est la même que celle du courant de la pile de charge), dans l'autre le couplage est opéré en tension par l'intermédiaire des barreaux traversant le rouleau de bois paraffiné et des lames de ressort. On remarquera qu'il y a toujours deux bornes de plus qu'il n'y a d'éléments à charger, c'est-à-dire qu'il faut dix-huit bornes au total pour un coupleur agissant sur une batterie de huit éléments.

CHAPITRE IV

CONSTRUCTION DE PETITS MOTEURS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

LES ELECTRO-AIMANTS

L'organe essentiel de quantité d'appareils d'électricité est ce qu'on appelle l'*électro-aimant*. On le trouve dans les sonnettes électriques, les téléphones, les appareils de commande à distance, et les bobines pour allumeurs et courants d'induction ne sont pas d'une construction très différente. En principe un électro-aimant est un système composé d'un noyau de fer doux, enveloppé d'un ou plusieurs solénoïdes traversés par le courant et qui produit un certain flux d'induction dans le milieu entourant ces solénoïdes. Ce flux de forces traverse le noyau en fonction de la force magnétomotrice et de la résistance magnétique du circuit, la première étant exprimée en pratique par le produit de l'intensité du courant et du nombre de tours de fils autour du noyau. C'est ce que l'on énonce en disant que la force magnétomotrice est fonction de l'excitation exprimée en *ampères-tours*.

Les dimensions d'un électro-aimant, la grosseur et la longueur du fil roulé autour du noyau de fer dépendent donc de l'application que l'on a en vue. Plus le diamètre du

conducteur sera considérable, moins grande sera sa résistance au passage du courant et plus il pourra subir une intensité élevée. En général, pour des appareils de démonstration, on prend du fil de 4 ou 5 dixièmes, recouvert de coton ou de soie. Ce n'est que pour des applications particulières que l'on recourt à des diamètres de 8, 10, 12 ou 16 dixièmes ou davantage encore.

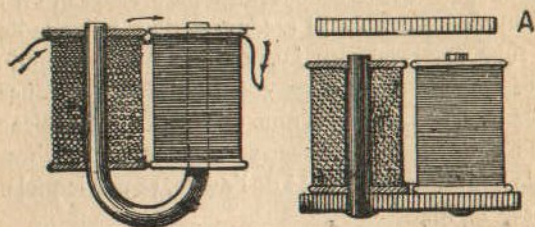


Fig. 98 et 99. — Electro-aimants en fer à cheval et à culasse (une des deux bobines est figurée en coupe). A, armature.

Quand un électro est destiné à supporter des charges, la section de son armature doit être au moins égale à celle du noyau. Il convient de ne pas dépasser une force portante de 10 kilogrammes par centimètre carré pour des noyaux en fer, et 2 kilogrammes seulement lorsque ces noyaux sont en fonte.

Un électro-aimant se compose de deux bobines parallèles, dont l'axe est formé d'un barreau de fer doux. Lorsque ces barreaux constituent les deux extrémités d'une barre de fer repliée en U, on a un électro *en fer à cheval* ; si ces barreaux sont réunis par une lamelle plate dans laquelle ils sont rivés, on a un électro *à culasse plate* : cette dernière forme est la plus pratique, car elle permet un ajustage plus facile de l'électro dans un appareil (fig. 98 et 99).

Les bobines sont en bois, de préférence en buis. On les fait également en laiton, et c'est même ce métal dont l'usage est préférable lorsque l'électro doit être visible, comme c'est le cas dans un moteur. Pour une sonnerie, un appareil à déclanchement, etc., la bobine en bois suffit et le fil est recouvert d'un guipage de coton, alors qu'avec les bobines à joues et tube de laiton fendu sur toute sa longueur (pour éviter les courants parasites), on fait le plus souvent usage de fil recouvert d'un guipage de soie.

Le tube est relié aux joues plates par des soudures à l'étain. Avant d'exécuter ces soudures, les joues sont percées à leur centre d'une ouverture circulaire assez grande pour donner passage au tube, puis d'un petit trou de 2 millimètres à côté de l'autre, et par lequel on fait pénétrer le fil.

Il est nécessaire, pour opérer l'enroulement rapide et régulier du fil, de posséder un tour ou un bobinoir tel que celui qui a été décrit dans le chapitre I^{er} de cet ouvrage. La bobine est enfilée et maintenue sur l'axe du bobinoir que l'on tourne de la main gauche pendant que l'on conduit le fil de la droite. Quand une couche de fil a été posée tout le long du tube central, on applique autour d'elle un tube de papier blanc et on enroule une autre couche par dessus ce tube, en sens inverse de la première. On continue de la même façon jusqu'à ce qu'on soit arrivé au diamètre voulu. Le fil est alors arrêté par une ligature en fil de cuivre nu, de 5 dixièmes, passant dans un petit trou percé à quelques millimètres du bord des joues de la bobine.

Les deux bobines composant un électro-aimant doivent être aussi identiques que possible, c'est-à-dire posséder le même nombre de spires de fil. Plusieurs moyens de

vérification s'offrent à l'amateur. Il peut, après s'être assuré sur la balance que les deux carcasses de bobines ont bien le même poids, peser une bobine terminée, puis, connaissant ce poids, rouler du fil sur l'autre jusqu'à ce que le même nombre de grammes soit atteint. Ou bien on compte le nombre de spires de fil sur la longueur et le nombre de couches superposées de la première bobine, de manière à reproduire le même nombre de spires et de couches sur la deuxième. On peut encore mesurer la longueur totale de fil que doit recevoir l'électro, la partager en deux portions rigoureusement égales et constituer l'enroulement des deux bobines avec ces deux portions. Il faut remarquer en passant que les bobines doivent être enroulées toutes les deux dans le même sens, afin d'obtenir dans les noyaux de fer doux des pôles de nom contraire.

Les bobines étant achevées, on prépare des noyaux. On choisit, pour ceux-ci, du fer de 8 millimètres de diamètre, et on en coupe deux bouts de 8 millimètres plus longs que les bobines. A la lime ou sur le tour, on diminue la grosseur du noyau, de manière à l'amener à 5 millimètres de diamètre, sur une longueur de 5 millimètres et à l'un des bouts seulement. Pour faire la culasse de l'électro, on prend, dans du fer plat, un morceau mesurant deux fois le diamètre des bobines comme longueur, sur 10 à 12 millimètres de large. A un centimètre de chaque extrémité, on perce un trou de 5 millimètres destiné à recevoir à frottement dur la partie amaigrie des barreaux, puis, bien au milieu, un trou de 4 millimètres, fraisé pour donner passage à une vis. Les barreaux sont enfoncés à coups de marteau dans la culasse placée sur la bigorne ; ils doivent être bien parallèles dans tous les sens. On les rive ensuite en refoulant le métal de l'autre côté de la

culasse et les trois morceaux ne font plus qu'une seule pièce.

Les bobines doivent entrer à frottement un peu dur sur les noyaux. Au besoin, si elles pénétraient sans avoir d'adhérence, on intercalerait un peu de papier collé autour du barreau. L'extrémité du fil *entrant* des deux bobines est dénudé sur quelques millimètres de longueur et les deux fils sont associés l'un à l'autre par une torsade bien serrée. Les deux fils *sortants* restent libres. S'ils présentent une certaine longueur, on les transforme en une hélice ou un boudin en les roulant autour d'un crayon de grosseur n'excédant pas la moitié du petit doigt. L'électro est ainsi terminé et peut être placé dans un circuit électrique. L'amateur trouvera une grande économie à fabriquer lui-même ce genre d'objets dont le prix est assez élevé. Ainsi un électro en laiton, semblable à celui dont la construction vient d'être expliquée, mesurant 7 centimètres de haut sur 45 millimètres de diamètre et recouvert d'un fil de soie de 10 à 15 dixièmes (un millimètre à un millimètre et demi), n'est pas catalogué moins de 26 francs, dans la plupart des maisons d'électricité ; il reviendra à un prix bien inférieur à la personne qui effectuera elle-même les enroulements.

CONSTRUCTION D'UN PETIT MOTEUR

Pendant fort longtemps on n'a connu, comme organe pouvant transformer le courant électrique en énergie mécanique, que l'électro-aimant, et on l'utilisait pour attirer une armature dont le déplacement était mis à profit pour mettre une roue en mouvement. L'invention de la dynamo a rejeté dans l'oubli les moteurs électro-

magnétiques qui ne tiraient qu'un fort mauvais parti de l'énergie consommée et ne fournissaient qu'une quantité infime de travail avec une grande dépense de courant. Néanmoins, tant qu'il ne s'agit que de faire tourner des instruments ne demandant qu'une force insignifiante, on peut encore les employer. C'est le cas pour les tubes Geissler, les petites machines électrostatiques Wimshurst, les ventilateurs, etc., ne réclamant qu'une faible force électromotrice que l'on peut demander à une batterie de piles ou d'accumulateurs, et nous expliquerons ici les méthodes à suivre pour réussir la construction d'une machine de ce genre, en décrivant un modèle de moteur à électro-aimants que nous avons établi il y a quelques années et qui nous servait aux divers usages venant d'être énumérés.

On fabrique d'abord deux électro-aimants à carcasse de laiton de 4 centimètres de long sur 25 millimètres de diamètre, recouverts de fil à couverture de soie et on dresse les faces des noyaux à la lime, de manière à ce que ces faces ne dépassent que de 2 millimètres les joues. On prépare ensuite des armatures en fer doux, qui devront mesurer 5 centimètres de long, 15 millimètres de large et 5 millimètres d'épaisseur. Ces plaques, soigneusement dressées et polies à l'émeri (potée d'émeri à l'huile), seront percées en leur milieu d'un trou de 4 millimètres, fraisé à l'une de ses ouvertures pour recevoir une vis. Il faut six de ces plaques, qui constitueront chacune une armature.

Cela fait, on passe au travail de menuiserie et à la préparation des modèles pour la fonderie (fig. 100 à 110). Ces modèles sont au nombre de trois : la roue tournante et les chaises de support. La roue, qui mesurera 20 centi-

mètres de diamètre, aura une jante large de 16 millimètres et épaisse d'autant, avec six bras et un moyeu de 35 millimètres de diamètre. La jante aura une section rectangulaire ; les bras s'y raccorderont par un congé arrondi, et on pourra les orner d'un filet saillant. La roue sera découpée dans une planche bien dressée de bois dur :

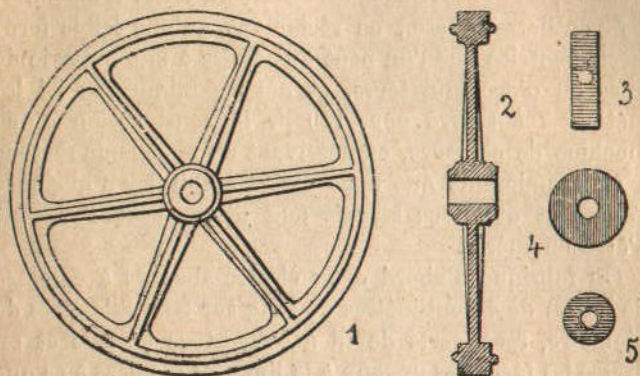


Fig. 100 à 104. — Pièces constitutives d'un petit moteur électro-magnétique : 1 roue mobile ; 2, coupe en travers ; 3, armature ; 4 et 5, disques d'ébonite du commutateur.

frêne, orme, hêtre, etc., puis arrondie sur le tour. On découpe ensuite les vides des bras et on profile ceux-ci, ainsi que le moyeu, qui est renforcé de manière à présenter une épaisseur totale de 25 millimètres, puis percé d'un trou de 8 millimètres. La pièce est terminée par un polissage parfait au papier de verre gros, puis fin.

Les chaises de support (fig. 105 à 110) sont découpées dans le même bois que le modèle de la roue. Elles seront formées de deux montants obliques, réunis en haut par

une traverse horizontale mesurant 6 centimètres de long et se terminant en bas par deux semelles de 3 centimètres, donnant à la pièce une longueur totale de 15 centimètres. De même que les bras de la roue, ces chaises seront profilées et ornées d'un filet en relief. Les semelles seront percées d'un trou vertical de 4 millimètres de diamètre.

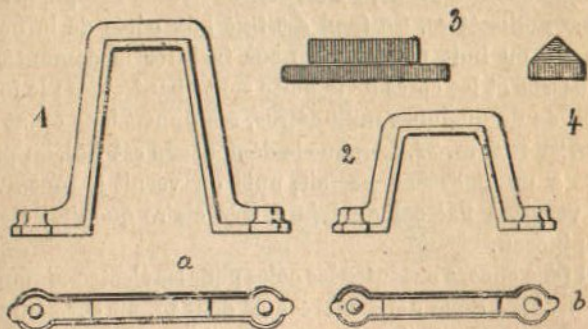


Fig. 105 à 110. — Chaises de support : 1 et 2, chaises 3 et 4, cales ;
a et b, vue en plan.

Ces petits supports devront recevoir les frotteurs, il en faut deux autres pour la roue tournante. Bien entendu, comme les pièces en bois ne doivent servir que de modèles pour la fonderie, il est inutile d'en faire plus d'une ; on donnera seulement l'ordre au fondeur de tirer deux épreuves de chaque modèle. Les chaises de la roue présenteront la même forme générale que celle des frotteurs, mais leurs dimensions seront plus grandes : les montants obliques auront 125 millimètres de long au lieu de 80, la traverse supérieure 7 centimètres et les semelles d'appui 4, ce qui donne à la pièce une largeur totale de 21 centimètres.

Le travail de menuiserie consiste dans la confection du socle supportant le moteur. On fabrique donc, avec des planchettes de 8 millimètres d'épaisseur, un plateau mesurant 0 m. 16 $\times$ 1 m. 25 et on cloue, sur les quatre faces de ce plateau, des côtés de 4 centimètres de large, puis on met un fond en bois blanc de 5 millimètres, renforcé à chaque angle d'un dé, de un centimètre de côté, épais de 5 à 6 millimètres. Ce fond est fixé aux côtés de la boîte par six ou huit petites vis pour faciliter le démontage. Le dessus et les côtés de la boîte sont chanfreinés ; le fond déborde de quelques millimètres, ses dimensions étant de 0 m. 21 $\times$ 0 m. 27. Lorsque le démontage est fini, on procède à un polissage parfait, puis on vernit le tout avec un vernis à l'alcool de teinte très claire que l'on étend au pinceau.

Il faut encore exécuter les cales pour les électro-aimants. On prépare donc deux morceaux de 0 m. 09 sur 0 m. 03 et 6 millimètres d'épaisseur, que l'on perce de quatre trous à leurs extrémités, pour donner passage à la tige des vis de fixation, et que l'on chanfreine sur tous leurs angles. On taille ensuite un morceau de bois non fentif comme les autres, de 6 centimètres de long et de section carrée ayant 15 millimètres de côté. Ce morceau est scié en deux parties suivant la diagonale, de manière à fournir deux fragments triangulaires que l'on colle par la face la plus large sur les morceaux de 9 centimètres constituant les semelles. L'arête de la pièce triangulaire se trouve donc à la partie supérieure, qui rappelle la forme de la lettre V retournée. Il faut deux pièces semblables, une pour chaque électro ; on les polit soigneusement et on les recouvre d'un vernis noir laqué.

Il ne reste plus à fabriquer que le commutateur, pièce

destinée à envoyer le courant dans chaque électro à son tour, et juste au moment où une armature arrive à la distance la plus convenable de ses faces polaires, pour l'interrompre aussitôt que le point mort est franchi. Cette pièce peut être exécutée comme suit :

On découpe, dans un fragment d'ébonite en feuille de 3 millimètres d'épaisseur, une rondelle de 3 centimètres de diamètre et une autre de 3 cm. 1/2 et on les divise en

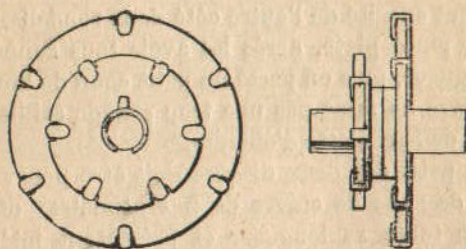


Fig. 111 et 112. — Rondelles d'ébonite du commutateur.
Vues de face et de profil.

six parties exactes au compas en réunissant chaque point au centre de la rondelle par une ligne tracée en blanc sur l'ébonite. Au centre de la rondelle, on perce un trou de 8 millimètres de diamètre, et on entaille légèrement avec un tiers-point l'emplacement des six divisions équidistantes à la circonférence des rondelles transformées en anneaux.

D'autre part, on découpe dans du cuivre mince deux anneaux plats, de 18 millimètres de diamètre extérieur, avec vide central de 8 millimètres et on soude à l'étain, à la surface de ces petits disques, trois fragments de fil de cuivre de 12 dixièmes mesurant 4 à 5 centimètres de long.

Ces fragments sont soudés aux disques par leur milieu. Les disques et les rondelles d'ébonite sont entaillés d'une encoche dans leur ouverture centrale, encoche mesurant 3 millimètres dans tous les sens.

Pour monter le commutateur, on prend un disque avec ses trois fils soudés et on l'applique sur un anneau d'ébonite. On replie chaque fil, en suivant aussi exactement que possible le tracé des six rayons, et en faisant passer ces fils dans la petite entaille de la circonférence. On les rabat ensuite de l'autre côté de la rondelle, on les serre à la pince plate, après les avoir tous coupés à la même longueur, puis on passe un petit coup de lime pour que le cuivre ne fasse pas une trop grande saillie sur la périphérie de la roulette d'ébonite.

Le plus petit des deux disques doit être pourvu d'un fragment de tube de cuivre de 2 centimètres de long, ouvert sur toute sa longueur et présentant intérieurement le même diamètre que l'ouverture des rondelles, soit 8 millimètres. Ce tube est soudé en même temps que les brins de cuivre. On obtient, en définitive, deux roulettes de diamètre différent, doublées d'une étoile de cuivre à six pointes par lesquelles s'opéreront les contacts.

MONTAGE DU MOTEUR

En possession des deux électro-aimants avec leurs cales, du socle en bois verni, des deux grandes chaises-supports et des deux plus petites, puis de la roue avec ses six armatures, des roulettes du commutateur, enfin de l'assortiment de vis et de bornes indispensables, on peut entreprendre le montage du moteur.

On commence par dégrossir les pièces brutes de fonte,

dont on enlève les bavures à la lime, puis on met la roue sur le tour et on la tourne sur ses trois faces, ainsi que son moyeu dont le trou central est alésé et creusé d'une rainure large de 3 millimètres et profonde d'autant. Toutes ces pièces une fois grattées, tournées, limées, polies, on procède au perçage et à l'alésage des trous pour les vis des paliers, des semelles et enfin des armatures. Ces derniers trous sont creusés dans la jante, exactement dans l'axe des bras, puis taraudés au pas de vis que l'on emploiera. La roue est ensuite munie de son arbre qui sera en acier trempé, de 8 millimètres de diamètre et 165 millimètres de long. Pour fixer la roue sur l'arbre, celui-ci sera creusé, à l'endroit correspondant au moyeu, d'une rainure de 2 millimètres de profondeur, 3 de large et 15 de long. On taillera dans une baguette d'acier fondu une clavette de 15 millimètres de longueur, de forme trapézoïdale, épaisse de 3 millimètres d'un côté et 2 de l'autre sur 5 de largeur. La roue est enfilée sur l'arbre, de manière à ce que son encoche corresponde exactement à la rainure de l'arbre ; la clavette est enfoncée à coups de marteau dans cet espace qu'elle remplit, et, lorsqu'elle est en place, sa présence forme une liaison solide entre les deux pièces qui deviennent solidaires sans qu'aucun ballottement puisse se produire.

L'arbre est supporté par deux paliers à coussinets fixés sur la traverse supérieure des chaises les plus hautes. On peut se procurer ces pièces chez les mécaniciens construisant des machines à vapeur de démonstration. A l'endroit où l'arbre doit reposer sur les coussinets, il doit être légèrement diminué de diamètre, saignée qui s'exécute sur le tour à l'aide des outils ordinaires.

Les chaises munies de leurs paliers sont tout d'abord

mis en place sur le socle, où leur emplacement est repéré d'avance. On marque la place des semelles et des trous à travers le bois, afin de passer au travers la tige de boulons à six pans de 4 millimètres de diamètre et 75 de long. (Le prix de ces boulons est de 0 fr. 25 la pièce.) L'écrou est ensuite vissé sur la tige et serré : la chaise est fixée au socle. On agit de même pour l'autre support. Si le parallélisme n'était pas absolument parfait entre ces deux pièces, ce qui est essentiel et dont il faut s'assurer, on pourrait rectifier en posant de petites cales taillées en conséquence, sous la semelle, du côté convenable.

Avant de mettre l'arbre en place et de serrer les chapeaux des coussinets, la roue devra être pourvue de six armatures, disposées en croix avec la jante. Les vis de ces armatures seront serrées à fond de manière à ne pas dépasser la surface extérieure des plaques de fer doux, qui se trouvent ainsi énergiquement maintenues à leur place respective.

La roue et son arbre étant mis définitivement à leur place, on passe aux électro-aimants, dont les axes doivent se croiser en un même point qui est le centre de la roue. On s'arrange de manière que, lorsqu'une armature est en face des pôles d'un électro, l'autre électro soit exactement dans l'intervalle de deux armatures. Les électros sont vissés sur la face oblique de la cale, et celle-ci est vissée dans le socle. Au besoin, pour donner aux électros l'inclinaison voulue, on place sous la cale, du côté où l'on veut les relever, une ou plusieurs épaisseurs de carton. L'espace séparant les armatures des faces polaires doit être aussi faible que possible, un millimètre tout au plus, c'est-à-dire que la roue doit être exactement centrée, de manière à tourner absolument rond, et ce centrage est

vérifié en amenant successivement chaque armature en regard des faces polaires des électros. Lorsqu'on est satisfait du montage, on serre à bloc les vis fixant les cales des électros au socle.

Le commutateur est, à son tour, mis en place sur l'arbre. Tout d'abord, on a soin de souder, à un centimètre de l'extrémité de celle-ci, un petit ergot en fer haut de 2 mm. 5 et long de 5. Cette soudure effectuée, on enfonce les deux rondelles, en ayant soin d'appliquer sur l'arbre même la plus grande, de façon à ce que l'ergot pénètre et glisse dans la fente du tube. Les deux rondelles sont séparées l'une de l'autre par un petit disque troué, en ébonite ; le tube doit pénétrer à frottement moyennement dur sur l'arbre de couche.

Exactement au-dessous du commutateur se dresse l'une des deux chaises de support devant recevoir les frotteurs distribuant le courant aux électros par l'intermédiaire du commutateur tournant. Ces frotteurs se composent de lames de cuivre rouge ou de laiton très minces (3 à 5 dixièmes), dont l'une mesure 75 et l'autre 100 millimètres de longueur sur 6 de large. Ces lames sont pliées, la plus petite à angle droit, l'autre en arc de cercle, puis fixées sur la traverse supérieure de la chaise de fonte au moyen de bornes dont les vis, sans tête, sont enfoncées dans les trous taraudés dans la traverse à 8 millimètres de chaque extrémité. Ces vis, une fois mises en place, on les coiffe des lamelles, dans lesquelles on a percé un trou près de la partie coudée, puis on met les bornes que l'on visse à bloc pour bien maintenir les frotteurs. Il faut remarquer que les deux lamelles doivent être appliquées du même côté de chaque roulette d'ébonite. Si l'on met sous la borne de droite par exemple la lamelle la plus courte,

celle-ci frottera sur la périphérie de la plus petite des deux rondelles. La lamelle la plus longue, courbée en arc de cercle, viendra frotter sur la rondelle dont le diamètre est plus grand et qui est placée à la suite de l'autre sur l'arbre (fig. 113).

Quand on montera les deux roulettes d'ébonite sur

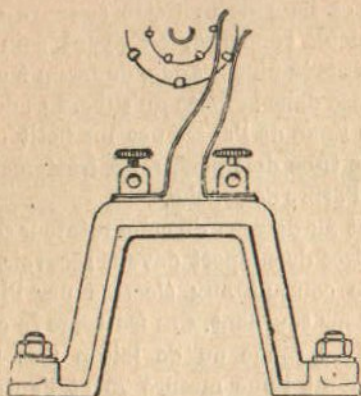


Fig. 113. — Chaise de support avec les lames des frotteurs.

l'arbre avec lequel elles devront faire corps, il faudra avoir soin que les branches des étoiles de cuivre se trouvent très exactement intercalées les unes entre les autres et non superposées l'une derrière l'autre. Les lames ne doivent toucher le cuivre que l'une après l'autre à intervalles égaux. Pendant qu'un contact a lieu sur une rondelle, l'autre frotteur doit ne toucher que l'ébonite et se trouver juste à égale distance de deux contacts consécutifs. L'extrémité des lamelles est arrondie et légèrement rebroussée

en arrière afin que le mouvement s'effectue dans les deux sens sans la moindre difficulté.

Si le moteur est destiné à faire tourner des tubes de Geissler, on fabrique un porte-tube de la manière sui-

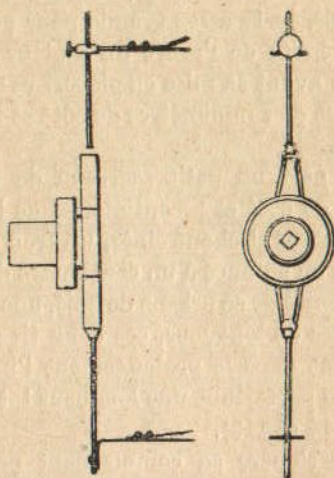


Fig. 114 et 115. — Porte-tube vu de côté et de face.

vante : on prend d'abord un tube de laiton de 16 millimètres de diamètre et 3 centimètres de long et on le remplit d'un morceau de bois plein enfoncé à force. D'autre part, on découpe dans de l'ébonite trois anneaux mesurant, diamètre extérieur : 3 centimètres ; ouverture centrale : 10 mm. $1/2$. Ces anneaux sont superposés l'un par dessus l'autre et entourés d'un cercle de cuivre qui les enserre étroitement et que l'on soude à recouvrement. On reprend le tube préparé en premier lieu et on soude, en un

point quelconque de sa périphérie, un ergot de 3 millimètres de haut et 6 de long, puis à droite de cet ergot, suivant le diamètre du tube, un fil de cuivre nu, de 8 à 10 centimètres de long et 8 dixièmes de diamètre ; enfin on pratique, à l'aide d'une gouge, une ouverture dans le morceau de bois, juste assez grande pour pouvoir y faire pénétrer l'extrémité de l'arbre du moteur qui doit être taillée en carré avant sa mise en place. Les dimensions du trou seront donc de 7 millimètres de côté et 12 millimètres de profondeur.

On taille à part un petit morceau de bois carré de un centimètre de côté et 6 centimètres de long. Tous les angles sont abattus et chanfreinés, un trou est percé bien au milieu, puis on enfonce à un centimètre de profondeur, à chaque extrémité de ce prisme de bois, une tige de cuivre de 8 centimètres de longueur, ces deux tiges se trouvant bien exactement dans le prolongement l'une de l'autre, ce qui donne au porte-tube une longueur totale de 20 centimètres (fig. 114 et 115).

Le montage s'opère en commençant par la roulette d'ébonite cerclée de cuivre, que l'on enfonce à force sur le tube, de telle manière que l'ergot pénètre dans l'encoche ménagée dans le vide central des rondelles d'ébonite. Cet assemblage est monté sur le tour, et bien centré ; le tube et le cercle de cuivre sont polis à l'émeri fin (potée d'émeri à l'huile). Un petit trou de 8 millimètres de profondeur est percé bien dans l'axe du tube, dans le morceau de bois qui le remplit, à l'opposé du trou carré ; le prisme taillé est appliqué sur cette face, de manière que le trou qui s'y trouve également creusé coïncide avec l'autre, et les deux pièces sont réunies solidement par une vis à bois serrée à bloc. Il ne reste plus qu'à replier les fils de cuivre entou-

rant les rondelles d'ébonite, et les souder à chacune des tiges de cuivre pénétrant dans le prisme de bois. Si la solidité n'était pas suffisante, on pourrait entourer d'une bandelette ou d'une ganse de fil de cuivre, que l'on souderait ensuite, les deux extrémités du prisme, aux endroits où pénétreraient les tiges de laiton.

Pour maintenir le tube tournant, on se procure, dans une maison d'accessoires d'électricité, deux pinces spéciales à cet usage et que l'on fait glisser le long des tiges du porte-tube. Ces pinces sont fixées à une hauteur convenable sur les tiges à l'aide d'une vis de pression, comme cela se produit dans les bornes. Les anneaux des pinces entourent les boules ovoïdes du tube dont les prises de courant se trouvent en contact avec une lame élastique disposée un peu en arrière. Cet agencement permet de mettre en rotation des tubes mesurant depuis 12 jusqu'à 22 centimètres de longueur, et de les alimenter par le courant d'une bobine donnant 15 millimètres d'étincelle sans que l'on ait à redouter que l'étincelle à haute tension suive un autre chemin que celui des deux anneaux, lesquels sont séparés par une épaisseur d'isolant.

Au-dessous de la double roulette de contact du porte-tube, se monte la chaise de support à l'aide de deux écrous de 17 millimètres, serrés au-dessous du socle. La traverse supérieure est munie de deux tiges filetées recevant deux frotteurs et deux bornes, si bien que cette pièce est de tous points identique à celle supportant les frotteurs de distribution du courant aux électros. Ces chaises se font pendant, à droite et à gauche de la roue tournante, et sont disposées parallèlement et à égale distance des chaises portant les paliers de l'arbre moteur. On peut les peindre en noir, ainsi que la roue et les cales des électros. Les

bornes, les frotteurs, les armatures, soigneusement polis, sont enduits de vernis optique à l'alcool.

CONNEXIONS

Il s'agit maintenant d'établir les connexions électriques distribuant le courant successivement à chacun

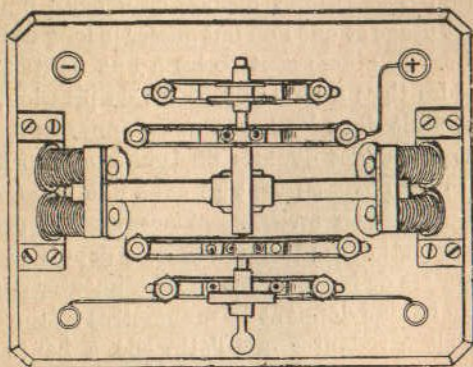


Fig. 116. — Le moteur vu en plan.

des électros, et en même temps au tube lumineux, et le mieux consiste à procéder comme suit :

A chaque angle du socle, on fixe une grosse borne, en ayant soin de prendre deux modèles différents, suivant que ces bornes devront desservir les frotteurs du distributeur ou ceux du porte-tube. On prend du fil de douze dixièmes, recouvert de gutta ou d'un guipage de soie, on dénude son extrémité que l'on polit avec du papier émeri et on l'engage dans le trou de la borne d'une lamelle de contact. On fait descendre ce fil le long du montant oblique

de la chaise et passer à l'intérieur de la boîte formant socle. On en fait de même avec l'autre lamelle ; le fil suit le montant et passe par un trou à l'intérieur du socle. Les fils mesurent environ 40 centimètres de long, on les ramène à 5 ou 6 centimètres en les roulant sur un crayon de manière à en faire un boudin.

On fait pénétrer de même à l'intérieur du socle les deux fils d'entrée et de sortie des électro-aimants, que l'on roule également en boudin, puis on dénude les fils en les râclant avec la lame d'un couteau et en retirant l'isolant et le guipage. Le cuivre mis à nu et poli, on tourne l'extrémité du fil avec une pince ronde pour former une boucle qui entourera la tige filetée des vis des bornes. On fixe ainsi sous la borne *positive* de la pile (en dessous du socle), les fils correspondant chacun à l'entrée des électros. Les fils de sortie sont reliés d'autre part aux fils correspondant avec les bornes des lames des frotteurs. La borne *négative* est tout simplement réunie à la masse métallique par un fil court formant une boucle autour de sa vis de fixation et une autre boucle sous un boulon d'attache d'une chaise supportant l'un des paliers de l'arbre. Le circuit se ferme donc d'une borne à l'autre par l'intermédiaire d'une lame de frotteur en contact avec une touche du commutateur, puis par la douille de celui-ci et la masse. C'est tantôt un électro qui se trouve mis dans le circuit et tantôt l'autre et, puisque la roue comporte six armatures, ils fournissent douze attractions par tour de roue.

Le circuit du porte-tube est beaucoup plus simple. Cet organe est isolé de la masse du moteur par le manchon de bois qui sépare le métal de l'arbre de celui des roulettes. On réunit chacune des bornes des frotteurs aux bornes d'amenée de courant par deux petits fils de 4 ou 6 dixièmes

recouverts de soie, descendant le long des montants de la chaise supportant les lames élastiques. Le courant parvient aux électrodes du tube par le métal du tube et de la roulette, reliés individuellement par des fils soudés aux tiges métalliques le long desquelles glissent les pinces mobiles serrant le tube.

Une fois toutes les connexions opérées sous le socle, on remet en place le fond, qui se rattache, ainsi que nous l'avons dit, aux côtés, par de petites vis.

La construction de ce petit moteur, que la photographie (fig. 117) représente avec son commutateur tournant et son porte-tube, oblige à recourir à l'emploi des divers outils du menuisier et du mécanicien, et nécessite de nombreuses heures de travail pour être achevée. Toutefois, il est possible de simplifier l'ouvrage en achetant les électros et la roue, qui peut être un volant en fonte ou en laiton, une poulie à jante plate assez lourde pour posséder une certaine inertie et emmagasiner une certaine force vive. Cette roue devra être centrée sur son arbre avec une très grande précision. Si l'on n'a pas de tour on fera effectuer ce montage par un mécanicien, et la roue sera serrée entre deux tampons vissés sur l'arbre. Les chaises-soutiens seront en bois (et non en fonte) ce qui facilitera le montage des frotteurs et de leurs bornes. Mais il est évident que ces simplifications seront un peu au détriment de l'aspect du moteur, qui aura un peu moins l'apparence d'une pièce de mécanique de précision.

Un moteur électromagnétique de ce genre (fig. 117) exige, pour tourner à la vitesse de 300 tours à la minute (5 tours par seconde), le courant d'une batterie de six éléments dont les zincs ont un demi-décimètre carré de surface utile, couplés en tension, ou de six accumulateurs

groupés de la même manière et débitant 2 ampères. La force développée est toutefois minime et atteint à peine

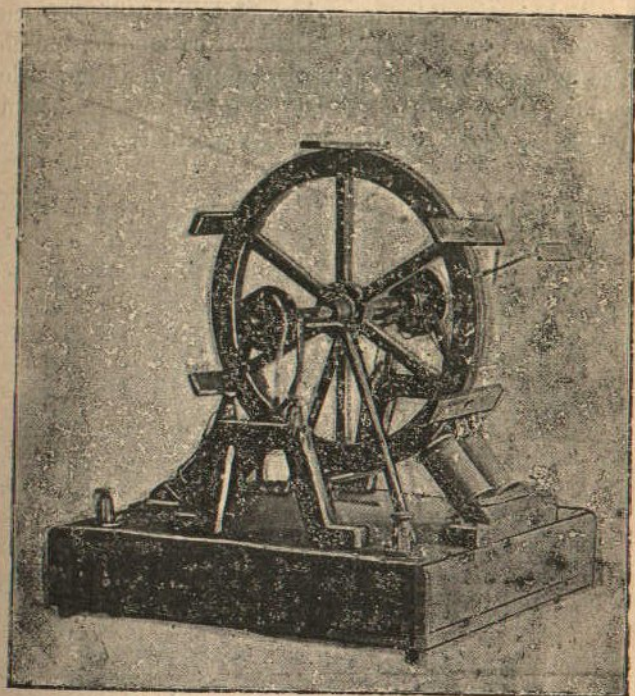


Fig. 117. — Moteur électromagnétique terminé.
(Construction de l'auteur.)

un demi-kilogrammètre pour une consommation d'énergie atteignant 25 watts. On ne saurait donc considérer cette machine autrement que comme un appareil de démon-

tration à peine capable d'entraîner (en remplaçant le porte-tube par une petite poulie à gorge) de petits outils mécaniques en réduction. Il serait nécessaire, au cas où l'on voudrait disposer d'une plus grande quantité de force motrice, de recourir, de préférence à ce modèle, à une petite dynamo à induit en tambour ou en anneau, telle que nous allons en décrire maintenant un modèle qu'un amateur est parfaitement capable d'exécuter.

CHAPITRE V

CONSTRUCTION DES DYNAMOS

PRINCIPE DE LA DYNAMO

Une dynamo est une machine qui transforme en énergie électrique l'énergie mécanique qui lui est transmise, utilisant à cet effet les phénomènes de l'*induction*.

Quand on fait passer dans un champ magnétique créé par les pôles d'un aimant, un conducteur isolé, il se développe dans ce conducteur un courant induit instantané lorsqu'on l'approche de l'aimant, puis un autre courant induit, de même intensité mais de sens inverse au premier lorsque le conducteur s'éloigne. Tirant parti de cette remarque, les premiers physiciens qui s'étaient occupés du fait avaient combiné des machines où un aimant se déplaçait devant une bobine, puis, un peu plus tard, des modèles où l'aimant était immobile et la bobine tournait autour d'un axe. Pendant longtemps on ne connut que cette disposition d'une double bobine tournant de cette façon et dont l'axe était muni d'une pièce découpée, ou commutateur, permettant de recueillir dans le circuit extérieur un courant circulant toujours dans le même sens. En 1854, Hefner Alteneck imagine l'induit connu sous le nom de *bobine de Siemens*, et qui constituait

une importante modification des systèmes précédemment connus. Enfin, en 1880, parut l'induit de Gramme, en forme d'*anneau*, alors que celui de Siemens était cylindrique.

Ces diverses formes données à l'organe mobile n'apportaient aucun changement au principe : c'était toujours un conducteur tournant dans un champ magnétique créé par un aimant permanent, mais on ne tarda pas à s'apercevoir que cet aimant n'était pas indispensable et qu'on pouvait le remplacer par un électro-aimant alimenté, soit par une source de courant indépendante, soit par une partie ou la totalité du courant développé. Alors que les premières machines, celles à aimants, étaient appelées machines magnéto-électriques, ou plus simplement *magnétos*, les autres furent dites *dynamos* à excitation *séparée en dérivation* ou *en série*, suivant le cas.

Aujourd'hui les magnétos ne sont plus utilisées que pour produire l'étincelle devant opérer l'inflammation du mélange détonant formé de vapeurs d'essence et d'air, à l'intérieur des cylindres de moteurs à pétrole, et l'induit dont on les munit est ordinairement une bobine Siemens ordinaire. La dynamo, de son côté, a triomphé comme machine industrielle. Sous forme de génératrice de courant continu ou d'alternateur, elle fournit le courant employé pour l'éclairage, la traction, l'électrochimie et le transport de l'énergie à distance, et elle emploie, suivant le cas, l'induit en tambour ou l'induit en anneau, les électro-aimants inducteurs étant excités, soit par une petite dynamo spéciale, soit par le courant même auquel la machine donne naissance pendant son fonctionnement.

CONSTRUCTION D'UNE BOBINE DE SIEMENS

Cette bobine diffère des bobines ordinaires, à la fois par la forme de son noyau et par le mode d'enroulement du fil. Le noyau est en fer doux, façonné d'abord sous la forme d'un cylindre, puis entaillé sur toute sa longueur d'une encoche large et profonde, ce qui rappelle un peu, quand on regarde cette pièce en bout, un double ($\leftarrow \rightarrow$). Un fil de cuivre recouvert de soie s'y trouve enroulé un grand

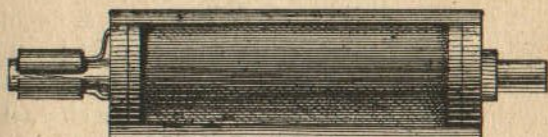


Fig. 118. — Bobine dite de Siemens.

nombre de fois, comme dans un galvanomètre, mais parallèlement à l'axe et non concentriquement comme dans toutes les autres bobines. Cet organe, muni d'un commutateur et d'un mécanisme capable de le faire tourner dans un champ magnétique, peut fournir un courant continu, ou des courants alternatifs en remplaçant la plaque découpée du commutateur par deux bagues. Sa fabrication s'exécute comme suit :

On se procure un arbre en fer doux du diamètre que l'on veut donner à la bobine et on l'évide au burin sur toute sa longueur, à droite et à gauche de l'axe, de manière à ne laisser au milieu qu'une épaisseur de métal égale au quart de la grosseur de l'arbre, c'est-à-dire un centimètre si celui-ci mesure 4 centimètres. Cet évidement ne doit

être pratiqué qu'après que l'on a tourné l'arbre sur le tour et qu'on l'a soigneusement poli afin de le rendre parfaitement cylindrique sur toute sa longueur. On creuse également un évidement aux deux extrémités de ce rouleau dont on diminue sensiblement à ces endroits le diamètre pour constituer l'arbre de rotation devant reposer sur les coussinets de roulement. Si la bobine proprement dite doit mesurer 10 centimètres de longueur, chaque portée de support mesurera 25 millimètres. Ce

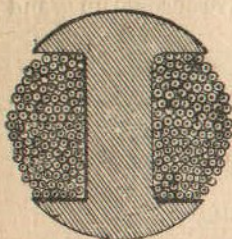


Fig. 119.

Bobine à double T (coupe).

procédé de fabrication est préférable à celui consistant à faire l'objet avec un fer à double T très épais, dont on abat les angles et que l'on tourne ensuite. Avec ce dernier moyen, en effet, il est assez difficile d'ajuster et surtout de centrer l'arbre de couche.

C'est dans le vide enlevé à droite et à gauche de l'âme qui réunit les deux portions de cylindre, que vient se loger le fil conducteur. Ce fil se trouve donc disposé parallèlement à l'axe longitudinal du cylindre ; on prendra de préférence du fil recouvert de soie. Bien entendu, le diamètre du conducteur de cuivre sera proportionnel à l'intensité du courant devant le traverser ; on prend ordinairement un millimètre carré pour un maximum de 5 ampères, et on compte un mètre de longueur de fil pour un volt de tension. Si la bobine reçoit 20 mètres de fil, la force électromotrice développée sera d'environ 18 à 20 volts avec une vitesse de rotation de 40 tours par seconde ou 2.400 par minute, et l'intensité sera en rapport

avec la quantité de travail absorbée. Le fil passe alternativement au-dessus et au-dessous des portées de support ; si, au lieu de fil recouvert de soie, on prend simplement du fil ordinaire recouvert d'un guipage de coton, on badigeonnera l'enroulement terminé d'une ou deux couches de vernis gomme-laque, puis on laissera bien sécher.

Les deux bouts du fil ainsi enroulé (commencement et fin), sont soudés à des demi-bagues ou demi-cylindres en laiton que l'on fixe sur l'extrémité de l'arbre, en deçà ou au delà du coussinet et du palier de support, à l'aide de petites vis noyées dans l'épaisseur du métal, de manière à ne pas dépasser la surface du laiton. Sur ces deux sec-teurs s'appuient les frotteurs, qui peuvent être constitués simplement par des lames élastiques de cuivre faisant légèrement ressort et s'appliquant ainsi à droite et à gauche de la bobine.

Avec cette disposition on recueille, aux bornes mises en relation avec les lames, des courants alternatifs, c'est-à-dire changeant de sens dans le circuit extérieur deux fois par tour. A l'allure de 2.400 tours par minute, on recueille donc 2.400 courants induits circulant dans un sens donné et 2.400 circulant en sens inverse ; autrement dit, la fréquence est de 40 périodes par seconde.

Si, au lieu de courants alternatifs, on voulait obtenir du courant continu avec ce genre d'induit, il faudrait alors agencer sur la portée de l'arbre, au lieu des deux bagues ou demi-cylindres dont nous venons de parler, un *commutateur-redresseur* composé de deux demi-viroles découpées dans du laiton et fixées sur un anneau tubulaire d'ébonite recouvrant l'arbre. Lorsqu'en vertu du mouvement de rotation, les lames fixes passeront d'une

virole à l'autre, ce passage s'effectuera juste au moment où le courant s'annule dans le fil, par suite de la position de la bobine par rapport aux inducteurs qui l'influencent et, par conséquent, le courant ne changera pas de sens dans le circuit extérieur.

Telle est la disposition générale de l'induit le plus simple et qui peut être appliquée pour constituer l'organe mobile d'une magnéto ou d'une dynamo. On pourrait encore lui donner l'agencement combiné en 1880 par l'électricien Cloris Baudet et remplacer l'âme centrale réunissant les deux portions de cylindre par deux séries de petits électro-aimants, reliés les uns aux autres, mais, en réalité, le rendement n'est pas plus grand qu'avec l'enroulement d'une seule pièce et le travail est plus compliqué.

CONSTRUCTION D'UN INDUIT EN TAMBOUR

La bobine Siemens est donc caractérisée par la présence de deux entailles longitudinales dans lesquelles est logé le fil soumis au phénomène de l'induction. En multipliant le nombre de ces entailles, on obtient l'enroulement dit en *tambour* qui est le plus employé aujourd'hui pour les dynamos et alternateurs de toute puissance, la construction à deux encoches étant réservée aux machines de très faibles dimensions jusqu'à 250 ou 300 watts.

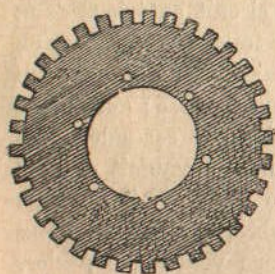


Fig. 120. — Coupe d'un induit dit *denté*.

Pour fabriquer un induit en tambour, on prend un

arbre en fer doux, comme précédemment, et on creuse sur une machine-outil, une raboteuse de préférence, une série d'encoches parallèles et équidistantes sur toute la longueur du cylindre (fig. 120). La profondeur de ces encoches est calculée selon la quantité de fil qui doit y trouver place et qui y est disposée sur une ou plusieurs

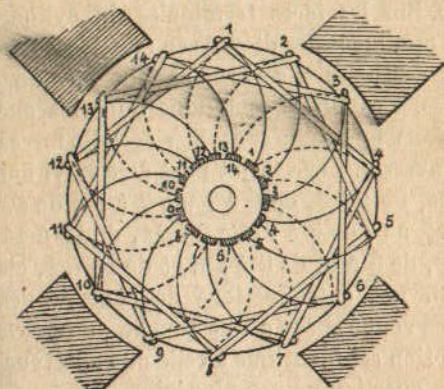


Fig. 120 bis. — Bobinage d'un induit en tambour pour dynamo multipolaire.

épaisseurs superposées. Selon le diamètre du rouleau, le nombre d'encoches est plus ou moins grand.

La force électromotrice du courant fourni par une machine est d'autant plus élevée que le nombre de spires soumises à l'induction est plus grand, et c'est pourquoi on divise celles-ci en un plus ou moins grand nombre de sections distinctes et que, toutes proportions gardées, on fait usage de fil plus fin. Dans cette disposition, le flux électrique variable qui passe à travers les spires est coupé par les portions de fil extérieures, mais comme chaque boucle de fil comporte quatre parties, trois d'entre

elles sont inutiles au point de vue de l'induction et augmentent sans profit la résistance, et c'est là le principal inconvénient de ce système et qui compense la facilité du bobinage.

Si l'on se reporte au schéma de la figure 120 *bis*, on voit que la portion inutile dans l'induit *en anneau* se trouve supprimée. Sur les faces terminales du cylindre de fer doux sont appliqués des disques en matière isolante munis de saillies destinées à séparer chaque portion de fil de ses voisines. Les fils sont tendus dans les encoches et deux sections opposées sont le siège de forces électromotrices inverses. Leur trajet peut être suivi dans l'ordre des chiffres, de 1 à 4, de 4 à 7, de 7 à 10, de 10 à 13, de 13 à 2, de 2 à 5, de 5 à 8, de 8 à 11, de 11 à 14, de 14 à 3, de 3 à 6, de 6 à 9, de 9 à 12, et de 12 à 1, c'est-à-dire de 3 en 3. Les entre-sections de chacune des bobines juxtaposées sont reliées à une touche du *collecteur*, dont la construction est identique à celle du collecteur Gramme dont il sera question un peu plus loin.

Le fil conducteur est isolé par un double guipage de coton enduit de vernis gomme-laque. Pour réunir les bobines *en série*, au lieu de les associer l'une à l'autre et leur point de jonction à une lame du collecteur, on préfère, dans les machines multipolaires, associer toutes celles qui passent sous les mêmes pôles, de manière à additionner leur tension individuelle. En procédant ainsi, on compose deux circuits parcourus par des courants égaux, mais de sens inverse, et deux frotteurs suffisent pour les recueillir. L'enroulement achevé, on le badigeonne d'une ou deux couches de vernis épais à base de gomme-laque qui imbibe les fils de coton du guipage et assure l'isolement.

CONSTRUCTION D'UN ANNEAU GRAMME
ET DE SON COLLECTEUR

L'induit en anneau, inventé par Gramme, est complètement différent de l'induit en tambour de Siemens. Au lieu que les bobines de fil soient disposées longitudinalement, de manière à s'entrecroiser les unes les autres, elles sont disposées côte à côte tout autour d'un cercle ou anneau, non en fer plein, mais formé d'un faisceau de fils de fer recuit, afin d'éviter la production, pendant le fonctionnement de la machine, de courants nuisibles, qui causent une élévation de température fâcheuse des fils et sont connus sous le nom de *courants de Foucault*. Le nombre des bobines est très variable : il dépend de la force électromotrice et de l'intensité que l'on veut obtenir ; il en résulte que si l'on veut obtenir une tension élevée, il faut employer du fil long et fin, réparti en un aussi grand nombre de bobines séparées que le diamètre de l'anneau le permet. Si l'on préfère avoir un courant plus intense, il faut un fil de section proportionnellement plus grande et, par suite, moins long et réparti en un plus petit nombre de bobines.

Lorsqu'on veut entreprendre la construction d'une petite dynamo de démonstration à induit Gramme, un anneau de huit centimètres de diamètre sera déjà très suffisant. Pour le fabriquer, on prendra un rouleau de bois de 65 millimètres de diamètre et on roulera autour de ce mandrin, sur une longueur de 4 centimètres, du fil de fer recuit de 5 dixièmes. On roule ainsi plusieurs couches de fil que l'on superpose, jusqu'à ce que l'on ait obtenu une épaisseur de 5 millimètres, puis on solidarise

ce faisceau circulaire par de nombreux points de soudure à l'étain et au chlorure de zinc. Lorsque la solidité est parfaite, on retire l'anneau du mandrin, on le lave, pour débarrasser les soudures des dernières traces de chlorure, et on procède au bobinage après avoir entouré l'anneau d'un ruban chattertonné. (fig. 121 à 123).

En donnant à chaque bobine une épaisseur de 13 millimètres, on pourra en loger exactement 16 sur la péri-

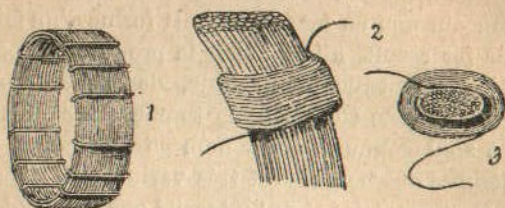


Fig. 121, 122, 123. — Construction d'un anneau Gramme.

phérie de l'anneau de fil de fer. On se procure du fil de cuivre recouvert de deux couches de coton blanc et on commence par enrouler ce fil autour de l'anneau sur une longueur de 15 millimètres et une épaisseur de 5, en conservant deux bouts libres de 10 à 15 centimètres de long. Cette première bobine faite, on la déroule, on mesure la longueur de fil qu'elle nécessite et l'on coupe douze bouts de cette même longueur, puis on recommence à l'enrouler une seconde fois, qui sera définitive. Avant de rouler la deuxième bobine, on s'assure que la précédente est solidement assujettie, et on l'isole de celle qui va la suivre par une épaisseur de 1 millimètre de feuilles de mica, puis, lorsqu'elle est à son tour mise en place et bien serrée, on passe à la suivante et on roule ainsi successi-

vement les seize bobines l'une après l'autre, jusqu'à ce que l'anneau de fer soit entièrement recouvert.

Les bobines terminées sont ensuite recouvertes de deux couches de vernis gomme-laque à l'alcool. Pour préparer ce vernis, on met dans un flacon à large tubulure de la gomme-laque en feuilles et on remplit avec de l'alcool à 90°. Au bout de quelques heures, la gomme-laque commence à se dissoudre ; on agite de temps en temps et, si l'on a soin de mettre un excès de gomme-laque, on ne tarde pas à avoir un vernis épais excellent pour l'usage auquel on le destine.

La pratique a montré que la présence de ce vernis protège bien le métal du conducteur, comme le ruban chattonné protège le fer de l'anneau central. La gomme-laque prolonge la durée d'un enroulement et s'oppose à la désagrégation de l'isolant sous l'effet de l'échauffement auquel les petites dynamos tournant à très grande vitesse sont fréquemment sujettes. Appliqué en couche épaisse, le vernis garantit également, dans une certaine mesure, l'induit contre les accidents susceptibles de se produire lorsque des gouttes d'eau ou d'huile viennent à tomber sur cette pièce pendant le fonctionnement. Si la tension du courant n'est pas très élevée et si l'enroulement

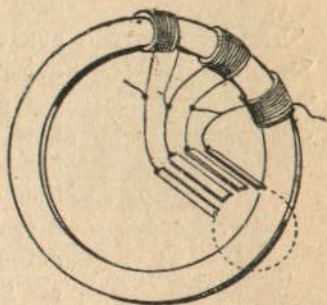


Fig. 124. — Schéma de l'agencement des connexions dans un induit Gramme (trois bobines seulement ont été figurées, pour faciliter la compréhension du fonctionnement).

est soigneusement verni, les gouttes de liquide rouleront à la surface de la pièce et ne pénétreront pas dans les interstices des fils où elles amèneraient des courts-circuits et, par suite, la détérioration sinon la mise hors de service complète de la machine.

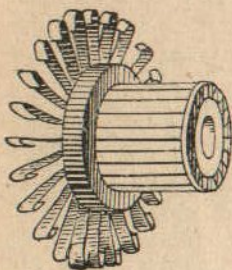


Fig. 125.
Collecteur Gramme.

L'anneau une fois terminé, on le *frette*, de manière à le consolider et lui permettre de résister aux effets de la force centrifuge qui pourrait disjoindre les fils des enroulements et les écarter. Pour cela, on découpe deux bandes de mica de un demi-centimètre de large et on les applique, à égale distance l'une de l'autre, autour de l'induit, et on maintient ces bandes isolantes en place en serrant fortement par dessus un

fil de laiton étamé de 3 dixièmes, faisant cinq ou six tours pour recouvrir le mica et constituer une bague de 5 millimètres de large que l'on soude.

Il s'agit ensuite de confectionner le *collecteur* (fig. 125) recueillant le courant produit par les bobines. Pour cela, on se procure d'abord un morceau de fibre vulcanisée isolante, de 6 centimètres de diamètre, avec un vide central de 2 et de 10 centimètres de longueur, puis du mica en feuilles, du cuivre rouge de 3 millimètres d'épaisseur, découpé en bandelettes de 6 centimètres de long et 8 millimètres de large. En possession de ces matériaux, on commence par mettre le tube de fibre sur le tour et à le dégrossir, de manière à ce qu'il soit divisé en deux parties cylindriques se succédant, dont l'une mesurant 45 milli-

mètres de diamètre et de longueur. Les bandelettes de cuivre, au nombre de 16 (une par bobine), sont toutes pliées à angle droit, à 15 millimètres de l'une de leurs extrémités, et cette partie soudée est elle-même repliée en deux, de manière à former une espèce de boucle.

On enduit de vernis gomme-laque très épais, ou de colle forte bouillante, la partie du tube de fibre sur laquelle doivent s'appliquer les lamelles de cuivre que l'on met aussitôt en place en les écartant de 3 millimètres l'une de l'autre, vide que l'on comble ensuite avec du mica que l'on tasse avec une pince. Il faut procéder rapidement avant que la colle forte ait le temps de refroidir, puis on serre le tout avec une ficelle solide ou un fil de fer que l'on soude et on laisse sécher en place. Mais ce procédé d'association n'aurait pas une solidité suffisante, et il faut baguer le collecteur à ses deux bouts, avec quelques tours de fil de fer placé par dessus un anneau d'ébonite ou de micanite isolant, car il faut éviter, on le comprend, que ce fil de fer ne touche aux lames du collecteur qu'il mettrait en court-circuit.

Il ne reste plus qu'à procéder au montage. La partie renforcée du tube de fibre est d'abord perforée de six ou huit trous longitudinaux pour assurer la ventilation en marche ; elle est ensuite profilée suivant la demande, de manière à ce que l'anneau puisse s'y emmancher à frottement dur. Au besoin, on consolide l'assemblage en introduisant des coins en ébonite entre l'enroulement et

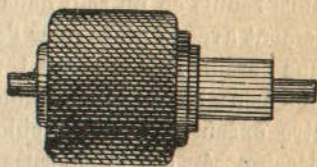


Fig. 126. — Induit terminé avec son collecteur et son arbre.

le tube de manière à ce que ces pièces fassent corps ensemble. On peut alors passer à la pose des connexions.

Tous les fils entrants et sortants des bobines sont coupés à une longueur régulière et égale ; leur extrémité est dénudée, grattée, polie et introduite dans la boucle formée par le coude de la lame du collecteur. Chaque lame recoit le bout sortant d'une bobine et le bout commençant de la bobine suivante, ces deux fils se trouvant ainsi réunis en un seul dans la boucle que l'on serre fortement avec la pince pour l'aplatir et serrer les fils. Mais une pareille liaison serait tout à fait insuffisante et il est indispensable de la consolider par une soudure, qui doit être exécutée, non au chlorure de zinc (esprit de sel décomposé), car le chlorure étant déliquescent ne sèche pas, et amènerait au bout de peu de temps la rupture du cuivre qu'il ronge peu à peu. Toutes les soudures électriques doivent être opérées à l'aide de la résine, ce qui demande un certain tour de main s'acquérant heureusement assez vite : en prenant cette précaution, les ruptures de fils aux points de soudure seront beaucoup moins à redouter.

L'anneau ainsi recouvert de ses enroulements, et muni d'un collecteur et de son mandrin isolant, est terminé et il ne reste plus qu'à l'enfiler sur un axe parfaitement centré, où il se trouve maintenu, d'un côté par un épaulement fixe, de l'autre côté par un disque vissé et dont le serrage peut être, par suite, réglé à volonté. L'arbre mis en place, on vérifie si l'induit ne présente aucun *balourd*, c'est-à-dire s'il tourne bien rond et ne présente aucun endroit plus pesant que le reste de sa périphérie. S'il présentait un tel défaut, même très léger, il faudrait absolument lui apporter le remède convenable, car en raison

de la force centrifuge développée par l'excessive vitesse de rotation, l'induit défectueux pourrait venir au contact des faces polaires des électro-aimants inducteurs et se détériorer, ou tourner irrégulièrement en donnant des à-coups fâcheux pour la conservation de l'organe. Un induit, quel qu'il soit, doit donc former un bloc rigide, ayant un bon isolement électrique, et convenablement établi au point de vue mécanique.

LES INDUCTEURS

Pour utiliser le mieux possible les lignes de force du champ magnétique, on est dans l'usage de loger l'induit mobile entre les branches de l'aimant ou de l'électro-aimant en U qui produit ce champ magnétique. Les deux branches de l'inducteur s'épanouissent donc largement, et c'est dans cet évidement qu'est disposé l'anneau du tambour tournant.

Les inducteurs peuvent être massifs, coulés d'un seul bloc en fonte d'acier, ou composés, au contraire, de feuilles de tôle extrêmement minces, séparées les unes des autres par des feuilles de papier, disposition qui évite la production des courants de Foucault. Nous allons décrire rapidement la construction des induits d'après ces deux méthodes.

S'il s'agit d'établir par exemple les inducteurs convenant à l'anneau Gramme de 8 centimètres de diamètre, dont le mode de construction a été décrit un peu plus haut, on adoptera la forme dite « Type Manchester » (fig. 127 à 129), dont le montage est facile, et on préparera le modèle en bois du chapeau et de la semelle, lesquels mesureront 26 centimètres de long sur 4 de large, avec deux

épanouissements polaires en regard l'un de l'autre profilés en demi-cercle. Des embases et des trous de 38 millimètres sont ménagés aux extrémités de la semelle et du chapeau et bien dans le prolongement les uns des autres.

On se procure un morceau de fer plein de 5 centimètres

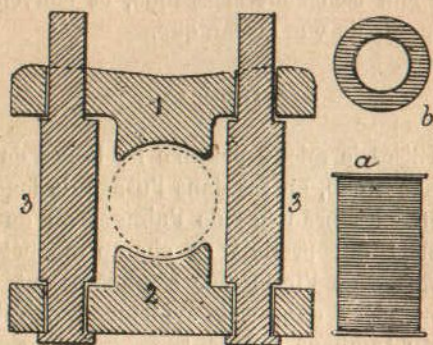


Fig. 127 à 129. — Pièces constitutives d'une dynamo type Manchester : 1, chapeau ; 2, culasse ; 3, 3, noyaux des inducteurs ; a, b, bobine de l'inducteur vue en plan et en élévation.

de diamètre et de 40 centimètres de long, que l'on coupe en deux fragments de longueur, et que l'on travaille sur le tour pour les rendre parfaitement cylindriques et pratiquer à leurs extrémités des portées de 38 millimètres de diamètre et de 5 centimètres de long. En possession de la semelle et du chapeau, que l'on a fait fondre d'après un modèle en bois, on réunit d'abord les montants cylindriques à la semelle, en introduisant la portée dans le trou ménagé dans le métal et en assurant la liaison soit par une clavette transversale, soit par un anneau vissé

sous la face inférieure de la semelle. On prépare d'autre part deux bobines cylindriques en laiton de 4 dixièmes d'épaisseur, pouvant entrer à frottement doux sur les montants, et soudées à recouvrement. On prend du fil de 15 dixièmes recouvert de deux couches de coton et on le roule autour de la bobine. Avant de rouler une deuxième couche superposée, on badigeonne le tout de vernis gomme-laque. Quatre couches de fil sont suffisantes, mais il faut avoir bien soin de mettre autant de tours sur une bobine que sur l'autre, car si l'une d'elles comportait davantage de conducteurs, on produirait un plus grand nombre de lignes de force dans le champ magnétique propre à cette bobine ; comme la bobine la plus faible ne pourrait lui en opposer autant, l'excédent des lignes de force venant de la première bobine traverserait le fer de la deuxième sans passer par l'induit, et elles seraient donc perdues pour lui.

Lorsque ces deux bobines sont achevées et sèches, on les met en place en les glissant le long des branches cylindriques de l'électro, puis on réunit par une torsade soudée, recouverte de rubans chatterton croisés, le fil entrant d'une bobine au fil sortant de l'autre. On applique ensuite le chapeau, et l'on serre le tout au moyen d'écrous se vissant sur les portées des axes des électros, lesquelles sont filetées au pas de ces écrous.

Il est bon de remarquer que, dans ce dispositif d'inducteur, les deux bobines doivent produire des lignes de force allant à la rencontre les unes des autres. En d'autres termes, il faut que l'on ait par exemple deux pôles nord en haut et deux pôles sud en bas. Dans ces conditions, les deux courants ou les deux flux de lignes de force qui cheminent l'un vers l'autre se réunissent dans l'induit,

reviennent ensuite vers leur bobine respective. S'il en était autrement, si l'on avait par exemple un pôle sud en haut de l'une des bobines et un pôle sud en haut de l'autre, le flux des lignes irait du pôle nord de la première au pôle sud de l'autre, sans traverser l'induit, et la machine ne saurait, par suite, aucunement fonctionner. On devra donc, au moment du montage de la dynamo terminée, essayer séparément les deux bobines en s'aidant d'une petite boussole et en intervertissant au besoin les jonctions des fils jusqu'à ce que l'on ait bien deux pôles du même nom en haut, et deux pôles du même nom, et de nom contraire aux premiers, en bas. On sait que le sens de circulation du courant dans les bobines suffit à déterminer la production de deux pôles, dont on peut régler à volonté la place selon le sens où l'on fera circuler le courant dans les bobines. Pour compléter ensuite la machine, on met l'induit en place, l'arbre reposant dans les coussinets, puis on monte les balais. On voit de suite combien est nécessaire l'existence d'un socle ou *semelle* sur laquelle les différents supports seront agencés à l'aide de boulons et d'écrous.

Il est bien préférable, dans le but d'éviter l'échauffement résultant de la production de courants de Foucault dans le fer, de faire les inducteurs *feuilletés*, au lieu de les former de blocs massifs. On préparera donc ces pièces en découpant dans des feuilles de tôle d'acier doux de 2 dixièmes d'épaisseur, des plaques présentant le contour des dessins (fig. 130 à 134), dont on établit un patron en carton mince. Pour composer l'inducteur, on superpose d'abord 250 plaques de la forme figure 130 B, en intercalant entre chaque feuille de tôle une feuille de papier écolier mince ayant exactement le même contour. On

ajoute, à droite et à gauche du bloc obtenu, 60 plaques (avec feuilles de papier intercalées), comme en A (fig. 131), de manière à avoir à la partie inférieure une épaisseur d'environ 9 centimètres, alors que le noyau des inducteurs n'a qu'une section (ou épaisseur) de 6 centimètres. L'assemblage est consolidé par deux boulons enfilés dans

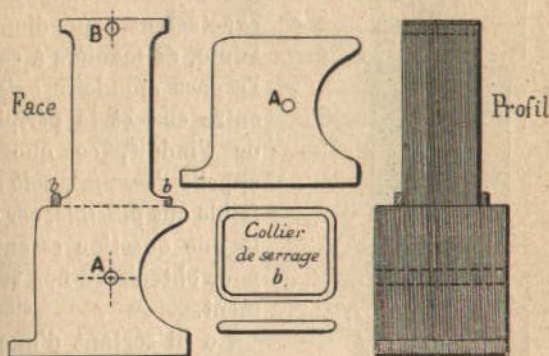


Fig. 130 à 134. — Pièces de l'inducteur : A, culasse ; B, inducteur.

les trous A et B et dont on serre à bloc les écrous. On répète ce travail deux fois, pour les deux inducteurs, puis on entoure la partie C, sur ses quatre faces, d'un ruban chattertonné roulé en spires serrées, ruban qui a pour but d'éviter que l'oxydation du fer ne se transmette au fil conducteur que l'on roule en nappe continue autour du noyau des électros. Il faudra environ 450 mètres de fil de 6 dixièmes pour recouvrir le noyau de chaque bobine, qui sera limitée en haut et en bas par des joues rectangulaires en carton faites de deux morceaux découpés en forme de cadre et collés ensuite à la colle forte. La résis-

tance totale, c'est-à-dire la résistance des deux bobines atteindra 75 ohms, près de 300 fois la résistance de l'induit en forme de bobine Siemens, décrit au commencement de ce chapitre. C'est la proportion normale pour les dynamos devant être excitées en dérivation.

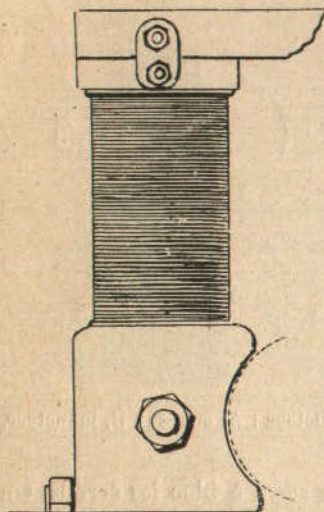


Fig. 135. — Inducteur monté.

Ces épanouissements polaires seront alésés très exactement au diamètre voulu, de manière à ce que l'espace annulaire existant entre eux et la périphérie de l'induit, ce que l'on appelle l'*entrefer*, soit aussi faible que possible, car c'est là une question essentielle pour obtenir un bon rendement.

Le fil sortant d'une bobine devra être relié par une torsade soudée et recouverte d'isolant, avec le fil entrant de l'autre bobine. Le circuit magnétique des deux électros est complété par un chapeau formé

de 270 plaques rectangulaires, identiques à celles composant les noyaux et isolées entre elles par des feuilles de papier comme ceux-ci. Pour réunir les trois pièces l'une à l'autre d'une façon inébranlable, un trou circulaire de 8 millimètres de diamètre est ménagé dans le rebord supérieur des noyaux verticaux, ainsi que dans les plaques du chapeau. On découpe dans du feuillard quatre petites plaques,

dont deux côtés sont parallèles, et deux autres taillées en demi-cercle ; ces plaques sont percées de deux ouvertures situées à la même distance l'une de l'autre que les trous du chapeau et du noyau. Pour le montage, on prend deux boulons dont la tige mesure 10 centimètres et on les enfle d'abord dans les trous de la plaque de liaison, puis un boulon dans le trou du noyau et l'autre dans celui du chapeau. Les tiges filetées dépassant de l'autre côté, on les coiffe d'une seconde plaque de liaison puis on visse les écrous et on les serre à bloc. On fait de même pour l'autre noyau, et, l'opération une fois terminée, l'inducteur ne forme plus qu'un bloc d'une grande solidité.

CONSTRUCTION D'UNE MAGNÉTO

Une magnéto diffère d'une dynamo en ce que son excitation est obtenue, non pas par des électro-aimants jouant le rôle d'inducteurs dans le genre de ceux qui viennent d'être décrits, mais par des aimants permanents. L'amateur peut entreprendre la construction de ce genre de machines avec toutes chances de succès, à la condition de se procurer des aimants dans les maisons spéciales fabriquant ce genre de pièces.

Il faut trois aimants en fer à cheval, que l'on associe ensemble à l'aide d'armatures réunissant les branches de cet U renversé. Ces armatures présentent intérieurement une échancrure concave dans laquelle vient se loger l'induit, qui peut être un anneau Gramme ou une bobine de Siemens du genre de celle décrite un peu plus haut.

On trouve dans le commerce divers types de magnétos destinées à fournir l'étincelle nécessaire à l'allumage du mélange gazeux à l'intérieur des cylindres de moteurs à

pétrole. Il en existe trois systèmes distincts. Dans le premier, la bobine induite tourne rapidement à l'aide d'une petite transmission *ad hoc*, et des frotteurs recueillent l'énergie dégagée ; dans la deuxième, la bobine n'effectue qu'une demi-révolution, puis est brusquement rappelée à sa position primitive par la détente d'un ressort ; enfin, dans le troisième et dernier, l'induit est fixe, de même que les inducteurs, et un *volet* en métal électro-magnétique, disposé dans l'entrefer, est seul animé d'un mouvement alternatif permettant les phénomènes d'induction de se produire juste à l'instant où l'étincelle doit jaillir dans le moteur. Suivant l'application à réaliser, on adopte l'une ou l'autre de ces solutions, mais il ne faut pas perdre de vue que, de toute manière, on ne recueillera avec une magnéto que du courant alternatif. Pour obtenir du courant continu, une dynamo avec collecteur est bien préférable, et son agencement en va être indiqué ici.

MONTAGE D'UNE DYNAMO

En possession des pièces inductrices et de la bobine induite, qu'il s'agisse d'un anneau Gramme ou d'un tambour Siemens, la besogne n'est pas encore terminée. Il faut fixer les inducteurs dans leur position définitive et mettre en place l'induit sur ses coussinets, enfin le munir des balais pour recueillir le courant.

Pour les raisons qui viennent d'être énumérées, la machine doit donc être montée sur un socle de grandeur et de hauteur convenables, en fonte coulée d'après modèle.

Ce socle est creux et assez peu épais pour pouvoir être

aisément percé de trous au travers desquels passeront les tiges des boulons devant maintenir les pièces.

Dans un inducteur Manchester, la semelle est munie de quatre embases percées de trous de 6 millimètres dont on marque l'emplacement sur le socle. Quatre boulons permettent de fixer solidement cet inducteur à son sup-

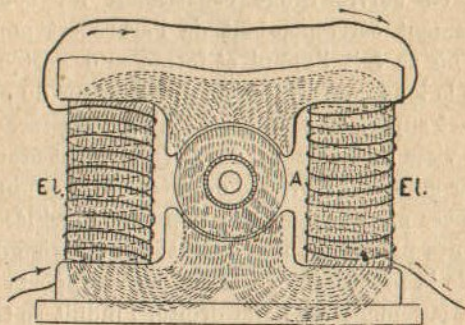


Fig. 136. — Circuit magnétique dans une dynamo bipolaire. type Manchester.

port. Dans le cas d'électros feuilletés, tels que ceux qui viennent d'être décrits, on prépare quatre équerres en cuivre percées chacune de deux trous. On passe la tige du boulon d'abord dans une équerre, puis à travers le bloc, formant un épanouissement polaire, puis dans une seconde équerre, et enfin on met l'écrou que l'on serre à bloc. On fait de même pour l'autre bloc, et on relie l'inducteur au socle de fonte par des boulons à tige courte passant à travers un trou percé dans la fonte, puis à travers la patte horizontale de chaque équerre. Les écrous serrés, la liaison est solide.

Dans de petits modèles, tels que ceux que nous étudions ici, les paliers destinés à supporter l'arbre seront en fonte avec une semelle assez large pour recevoir à droite et à gauche de l'axe des écrous fixant la pièce au socle. Le trou par où doit passer l'arbre est alésé au diamètre de celui-ci, puis revêtu sur toute la longueur de deux demicylindres en cuivre rouge constituant les coussinets. L'emplacement correspondant de l'arbre est amaigri à l'endroit où se fait l'appui et forme une portée cylindrique de la longueur du coussinet. Le dessus du palier et le coussinet supérieur sont percés d'un trou taraudé sur lequel on visse un graisseur, car le frottement étant assez grand, par suite de la vitesse de rotation, il est indispensable que ces pièces soient constamment lubrifiées. L'alignement des paliers est une opération qui exige du coup d'œil et de la précision, car, si ces deux supports ne sont pas rigoureusement en ligne droite, l'induit se trouvera coincé et ne pourra pas tourner.

Le courant produit par le mouvement de rotation de l'induit est recueilli sur les lames du collecteur, à l'aide de balais frotteurs. Le meilleur système est incontestablement le balai formé d'un prisme de charbon dont une face est appliquée, perpendiculairement à l'axe, sur le collecteur, mais pour des machines de faible puissance, on peut se contenter de balais métalliques appliqués tangentiellement de chaque côté du cylindre collecteur.

Comme il peut être utile de faire varier l'angle de calage des balais, ceux-ci doivent être montés sur des pinces mobiles permettant de les faire tourner autour du collecteur. On découpe donc, dans un morceau de fibre épais de 5 millimètres, une pièce ovale que l'on perce de trois trous équidistants. On prend, d'autre part, deux *serre-*

lames, que l'on fixe perpendiculairement à la plaque de fibre par leur vis qui passe à travers le trou. Dans la fente, large de 5 à 6 millimètres, du serre-lame, se place un balai métallique de 10 centimètres de long que maintient en place une vis de pression. Les balais ainsi ajustés, on enlève momentanément le palier d'avant et l'on glisse la plaque de fibre sur l'arbre, qui pénètre dans le trou du milieu resté libre. Une rondelle d'ébonite ou de fibre maintient le porte-balai à distance de la face avant du collecteur. La pièce ajustée, on remet l'arbre en place dans son coussinet et on ajuste de nouveau le palier de support sur le socle (fig. 137 à 141).

Il ne reste plus qu'à effectuer les connexions établissant le circuit électrique de la machine. Si la dynamo doit être excitée en *série*

on attache au serre-lame d'un porte-balai l'extrémité de l'un des fils de l'inducteur, et l'autre fil libre de ce même inducteur vient s'attacher sous le pied d'une des bornes d'attache du circuit extérieur. Un troisième fil, assez court, réunit l'autre serre-lame à la borne restant libre. Il est utile de faire remarquer que ces bornes doivent être isolées électriquement du socle ; pour cela,

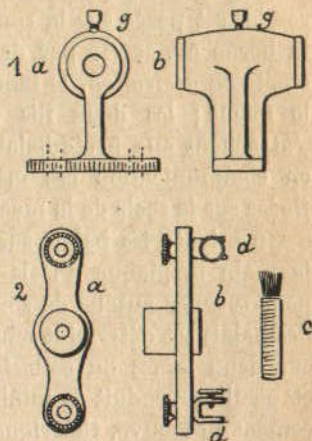


Fig. 137 à 141. — Pièces des supports : 1 a, palier, vu en bout ; b, vu de côté ; g, graisseur ; 2 a, support des porte-balais ; b, vu de côté ; dd, pince-lames, c, balai feuilleté.

la tête de la vis est éloignée du métal par deux rondelles d'ébonite placées, l'une au-dessus, l'autre au-dessous du socle ; la vis elle-même est isolée, sur son trajet, par de la fibre, du mica ou du mastic chatterton. L'extrémité dénudée du fil, roulée en boucle à l'aide d'une pince ronde, est posée sur la rondelle d'ébonite supérieure, et la borne est serrée par dessus. Si la machine doit être excitée *en dérivation*, le mode d'attache des fils n'est pas le même ; les deux fils venant des deux inducteurs s'attachent aux porte-balais et deux autres fils mettent en communication ces mêmes porte-balais aux bornes fixées sur le socle de la machine.

On oriente les balais sur le collecteur en déplaçant à la main la plaque d'isolant qui les maintient ; celle-ci peut tourner autour de son axe. L'emplacement normal des balais est déterminé empiriquement lorsqu'ils frottent sur deux lames du collecteur diamétralement opposées et où il se produit le minimum d'étincelles. Cet emplacement se trouve, théoriquement, un peu en avant de la ligne neutre.

Au cas où, lors de la première mise en marche de la machine, celle-ci ne s'*amorcerait* pas et que l'on constaterait qu'elle ne fournit aucun courant en tournant à sa vitesse normale, il faudrait envoyer pendant quelques minutes, dans l'enroulement inducteur *seul*, le courant provenant de trois ou quatre éléments de piles ou d'accumulateurs couplés en tension. Cette opération suffit une fois pour toutes ; par la suite, le fer des électros conserve suffisamment de magnétisme rémanent pour assurer l'amorçage et par suite la création du champ magnétique indispensable au fonctionnement de la machine.

Tous les magasins d'articles d'électricité vendent des

modèles de magnétos et de dynamos de dimensions réduites (jusqu'à un tiers de cheval, soit 8 ampères de débit sous une tension de 25 volts). Beaucoup de ces objets, avant la guerre, nous arrivaient d'Allemagne et cette camelote boche se distinguait du premier coup par son aspect disgracieux que compensait mal son bon marché. Espérons que nous serons à jamais débarrassés de cette quincaillerie de mauvais aloi et que nos constructeurs nationaux sauront donner à la jeunesse française et aux amateurs des modèles de bon goût, d'un fonctionnement parfait et d'un prix raisonnable... malgré la vie chère.

CHAPITRE VI

CONSTRUCTION DES BOBINES D'INDUCTION

PRINCIPE DE LA BOBINE D'INDUCTION

Lorsqu'on approche d'un conducteur parcouru par un courant électrique un autre conducteur isolé, on remarque qu'il se développe dans ce second conducteur un courant secondaire instantané correspondant au mouvement de rapprochement dont il est animé. Un second courant, de sens inverse du premier, prend naissance lorsque le conducteur s'éloigne ensuite du fil traversé par le courant primaire. Ces phénomènes sont ceux de l'induction : c'est sur leur utilisation qu'est basée la construction des dynamos, alternateurs et autres machines industrielles auxquels on demande l'énergie indispensable pour alimenter les réseaux d'éclairage et les moteurs pour la traction des véhicules mécaniques. C'est également sur ce même principe que repose un autre genre d'appareil permettant de réaliser les expériences les plus curieuses, et qu'on appelle, en raison de sa forme, la *bobine d'induction*.

Ayant remarqué que les courants induits, direct et inverse, pouvaient également prendre naissance sans le moindre déplacement de conducteurs, au moment où

le courant principal *inducteur* commençait à passer et où il s'arrêtait, on songea à rendre les deux conducteurs : le *primaire* et le *secondaire*, fixes et, au lieu de faire circuler un courant continu dans le primaire, à interrompre et rétablir le plus grand nombre de fois possible par seconde, la circulation de ce courant. A chaque interruption du courant primaire correspondait un courant induit de tension beaucoup plus élevée que celle du courant inducteur et il en était de même au moment de la fermeture du circuit. En résumé, en faisant passer dans un circuit un courant continu de faible voltage, interrompu très fréquemment, on pouvait recueillir dans un circuit entourant le premier, une série de courants alternatifs de tension élevée, mais d'intensité réduite en proportion. La tension de ces courants étant proportionnelle à la longueur et à la résistance des circuits, on composa donc le circuit inducteur d'un conducteur gros et court, et l'induit d'un fil long et fin entourant un très grand nombre de fois et concentriquement l'enroulement inducteur primaire.

Pour interrompre et rétablir le plus rapidement possible la circulation du courant, le professeur Masson, en 1841, proposa d'employer une roue dentée dont chaque dent formait un contact électrique fermant le circuit, au moment où cette dent venait toucher une lame fixe. On tournait cette roue à la main au moyen d'une manivelle. C'était là un procédé plutôt rudimentaire, et qu'un mécanicien allemand installé en France, Ruhmkorff, perfectionna et rendit automatique, ce qui facilita la vulgarisation de la bobine d'induction qui conserva depuis lors le nom de son ingénieur constructeur.

L'interrupteur automatique de Ruhmkorff consistait

(fig. 142 à 144) en un marteau de fer disposé à l'extrémité d'une lame de ressort maintenue dans une position fixe par la pointe d'une vis de réglage. La bobine étant munie d'un noyau central en fer, l'enroulement primaire

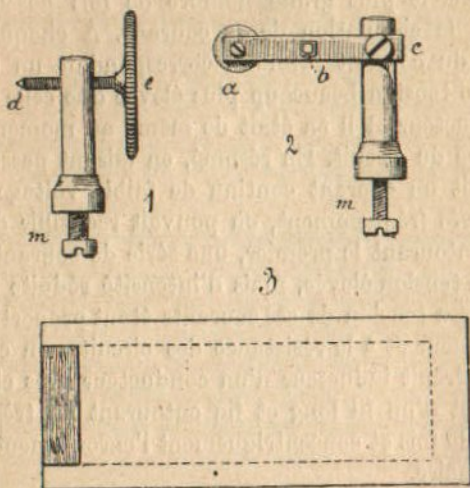


Fig. 142 à 144. — Pièces d'une bobine : 1, vis de réglage ; e, tête moletée ; d, pointe platinée ; m, vis de serrage. — 2a, marteau ; b, contact en platine de la vis d ; c, lame du trembleur. — 3, feuille du condensateur.

créait un champ magnétique et aimantait ce noyau qui attirait alors le fer du marteau. Celui-ci, en cédant à cette impulsion, entraînait la lame qui s'écartait du contact de la vis de réglage par où arrivait le courant, et par suite interrompait celui-ci. Le champ magnétique se trouvant brusquement supprimé, le noyau de fer se désaimantait, et son influence ne se faisant plus sentir, le marteau revenait à sa première position, ramenant la

lame au contact de la vis rétablissant le passage du courant dans le circuit primaire. Ces effets se reproduisent très rapidement, des centaines de fois par seconde, aussi les courants induits paraissent-ils se suivre presque sans interruption. Cependant, ce système si simple a paru encore insuffisant, surtout pour les grosses bobines, et de nombreux systèmes de vibreurs, rupteurs rapides, à mouvement mécanique alternatif ou circulaire, ont été proposés par divers constructeurs et adjoints à leurs appareils d'induction. Citons notamment l'interrupteur électrolytique Wehnelt, qui peut fournir jusqu'à 2.000 interruptions par seconde et se trouve basé sur le principe suivant :

Quand on fait passer un courant de tension élevée dans une cuve dont l'électrode positive est constituée par un fil de platine soudé dans un tube de verre ne laissant pénétrer dans le liquide conducteur qu'une faible partie de sa surface, et la négative par un corps conducteur inattaquable aux acides et aux alcalis, mais d'une surface active assez étendue par rapport à l'autre électrode, on remarque aussitôt que la décomposition de l'eau se produit immédiatement avec dégagement de lumière du côté du platine. La série de bulles d'oxygène qui prennent naissance forme une gaine très résistante au passage du courant et il résulte de ce phénomène un tel échauffement du platine que ce métal se trouve porté à l'incandescence. La caléfaction qui se produit amène l'interruption du courant; la bulle de gaz disparue, le contact du fil avec le liquide se reproduit, et les mêmes effets se succèdent un très grand nombre de fois par seconde, tant que circule l'électricité. Ce phénomène s'observe aussi bien avec les courants alternatifs simples ou polyphasés qu'avec

le courant continu. Sur celui-ci, le positif est pris directement à la borne de la source primaire et se rend à l'une des bornes de l'enroulement inducteur de la bobine ; l'autre borne de cet enroulement est reliée à l'électrode de platine. Le négatif de la source passe à travers un

rhéostat de réglage et va ensuite s'attacher à l'électrode de plomb. L'électrolyte est ordinairement une solution saturée d'alun, de potasse ou de sulfate de magnésie ; l'échauffement est ainsi contenu entre des limites raisonnables.

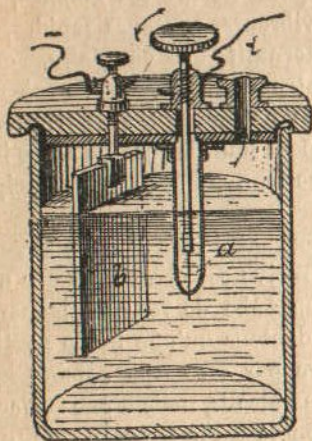


Fig. 145.
Interrupteur électrolytique (coupe.)

Pour constituer un interrupteur électrolytique, on prend, un bocal ou mieux une cuve rectangulaire en verre, de deux à quatre litres de capacité, que l'on ferme

avec un couvercle en ébonite épaisse ou en bois paraffiné doublé d'une plaque d'ébonite. Ce couvercle est percé de trois trous donnant passage, l'un à l'électrode négative en plomb, le deuxième au tube de verre que traverse, par une ouverture très petite, le fil de platine constituant l'électrode positive réglable, et le troisième à l'évacuation des gaz provenant de la décomposition de l'eau.

Le fil de platine est fixé à l'extrémité d'une tige de laiton dont la partie supérieure glisse à frottement doux

à l'intérieur d'un petit tube fixé sur le couvercle. Cette tige est solidement implantée dans un petit disque d'ébène permettant de la manœuvrer facilement et de faire plus ou moins pénétrer la tige dans le liquide, selon le besoin. La figure 145 montre en coupe l'appareil terminé

CONSTRUCTION D'UN CLAPET OU SOUPAPE ÉLECTROLYTIQUE

Lorsqu'on n'a, pour alimenter une bobine d'induction, au lieu de courant continu tel que celui fourni par quelques éléments d'accumulateurs ou de piles, que du courant alternatif, provenant d'un secteur de distribution, on peut transformer ce dernier courant en continu à l'aide d'un appareil dit *clapet* ou *soupape électrolytique* dont il existe plusieurs types, dus à Pollak, Nodon, Faria entre autres. Cet appareil permet de redresser la phase inverse du courant alternatif et d'obtenir alors un courant dont la sinusoïde est à peine sensible.

On établit une soupape électrolytique en disposant à l'intérieur d'une cuve de verre, comme dans le Wehnelt, deux électrodes : l'une en aluminium, l'autre en plomb. On a remarqué que, quand l'aluminium est *cathode*, c'est-à-dire électrode négative, le courant alternatif traverse facilement le bain, alors qu'il est interrompu quand ce métal est *anode* ou positif. Une couche d'alumine se forme, en effet, sur l'aluminium et oppose une très grande résistance à la propagation du courant. L'électrolyte liquide remplissant la cuve est une solution neutre et saturée de phosphate d'ammoniaque. L'échauffement qui se produit pendant le fonctionnement amène la circulation du liquide tout autour de cette lame. Le rendement d'un

appareil de ce genre est de 65 p. 100 des watts fournis par le réseau de distribution. Lorsqu'il s'agit, non de courant alternatif monophasé, mais de courants à deux ou trois phases, on accouple ensemble deux ou trois cuves identiques ; on peut alors utiliser l'énergie pendant toute la durée de la période de ces courants successifs.

CONSTRUCTION D'UN PETIT APPAREIL D'INDUCTION

Pour construire ce que l'on appelle une *torpille*, ou *électro-médical*, qui produit des effets physiologiques dont

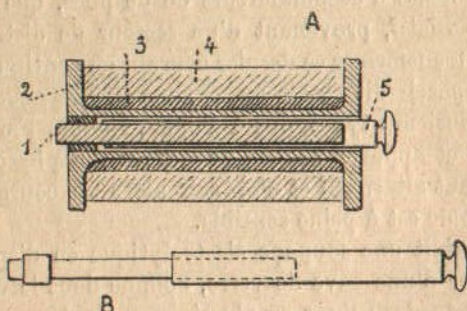


Fig. 146 et 147. — Electro-médical. A, coupe et noyau avec le graduateur B en cuivre : 1, noyau ; 2, bobine en bois ; 3, inducteur ; 4, enroulement induit.

on peut régler à volonté l'intensité, on fabrique sur le tour ou on se procure une bobine en bois de 10 centimètres de longueur avec des joues creuses de 5 centimètres de diamètre et épaisses de 5 à 8 millimètres. La partie cylindrique réunissant les joues est un tuyau dont le vide intérieur mesure 12 millimètres de diamètre, l'épaisseur du bois étant de 3 millimètres. Cette pièce est trempée

dans de la paraffine bouillante et les joues sont polies au papier de verre puis recouvertes d'une couche de vernis au pinceau.

Le noyau magnétique est une barre de fer doux ou un faisceau de fil de fer recuit occupant le vide central, tout en laissant autour de lui un espace annulaire suffisant pour glisser un tube de cuivre appelé *graduateur* et servant d'écran magnétique réglant, par conséquent,

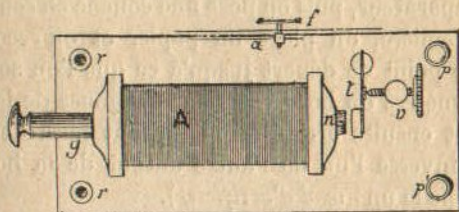


Fig. 148. — Electro-médical terminé (vu en plan) : *pp*, attaches des fils de pile ; *r, r*, rhéophores ; *g*, graduateur ; *n*, noyau magnétique, *t*, trembleur ; *v*, vis platinée.

l'intensité du courant inducteur. Le barreau est maintenu en place par une bague de laiton de un demi-centimètre de long, disposée à une de ses extrémités, et le tube graduateur se termine par un bouton métallique ou de bois verni facilitant sa manœuvre de glissement ou de tirage. Lorsque le noyau magnétique et le graduateur ont été ajustés dans la bobine, on peut procéder à la pose des enroulements primaire (inducteur) et secondaire (induit) (fig. 146 et 147).

L'enroulement primaire est constitué par deux épaisseurs superposées de fil de 15 dixièmes (1 mm. 5) recouvert d'un guipage de coton ; il est enroulé directement sur le tuyau de la bobine et entouré d'une double épaisseur de

ruban chattertonné en hélices se superposant à moitié l'une l'autre. Par dessus ce ruban, on roule un fil de 4 dixièmes à couverture de soie, chaque couche de fil étant isolée de celle qui la précède par une épaisseur de papier paraffiné. Pour l'exécution de ce travail, le bobinoir à main, décrit dans le chapitre relatif à l'outillage, rendra les plus grands services et est même indispensable. On roule du fil d'un bout à l'autre de la bobine, on place un papier séparateur, puis on pose une couche en sens inverse de la première, on place un papier et on recommence depuis le point de départ jusqu'à ce que l'on soit arrivé à 2 millimètres du bord extérieur des joues de la bobine. Le fil est ensuite arrêté en lui faisant faire deux tours en sens inverse l'un de l'autre autour de la bobine (ce qu'on appelle un *nœud d'artificier*).

Il faudra avoir soin de recouvrir le commencement du fil induit avant de commencer l'enroulement, en l'enfermant dans un bout de tube de caoutchouc, semblable à celui employé par les fleuristes pour entourer les queues des fleurs artificielles. Ce tube est maintenu en place par quelques tours de ruban chatterton ; de cette façon, le fil sera isolé dans son trajet du centre à l'extérieur de la bobine, contre les élévations progressives de tension du courant d'une couche de fil à l'autre, et qui seraient susceptibles d'amener la production d'étincelles interne détruisant l'isolant et mettant l'appareil hors service.

Le bobinage terminé, la bobine est montée, bien dans l'axe d'une planchette d'acajou verni, mesurant 12 centimètres de long sur 8 de large. La jonction est assurée par deux vis traversant la face inférieure de la planchette et s'enfonçant dans les joues de la bobine. On pose ensuite le trembleur, dont on peut se procurer les pièces dans les

maisons d'accessoires pour électricité. La vis platinée, avec son support et le support du trembleur, sont vissés sur la planchette, la vis pénétrant au-dessous de celle-ci. Enfin, on monte de la même façon, du côté du trembleur, deux bornes d'amenée de courant et deux autres bornes plus petites devant servir de rhéophores.

Les connexions électriques sont ensuite établies dans l'ordre suivant :

L'une des extrémités du fil inducteur sous une borne.

L'autre extrémité libre de ce même fil au pilier de support du trembleur.

La borne restant libre, au pilier de support de la vis de réglage du trembleur.

Les deux bouts de circuit induit aux deux petites bornes faisant fonctions de rhéophores.

L'appareil doit être complété par deux poignées de laiton, que l'on réunit, par des fils souples, aux rhéophores de la bobine. Ces poignées se feront très simplement avec deux morceaux de tube de 2 centimètres de diamètre et de 8 centimètres de long que l'on bouche à une extrémité par un disque de même métal, entré à force et que l'on soude ensuite pour plus de sûreté. On pratique ensuite un trou au centre du disque et on y visse un petit piton en laiton auquel s'attachera le cordon souple, lequel sera muni à son autre extrémité, d'un piton identique, dont la tige sera amenuisée à la lime afin de pouvoir pénétrer sans difficulté dans le trou du rhéophore communiquant avec le circuit induit.

L'électro-médical sera actionné par le courant d'un ou deux éléments de pile au bichromate ou au bisulfate de mercure. On règle l'intensité du courant traversant le corps du patient qui tient les poignées de chaque main,

en tirant plus ou moins à soi le tube de laiton du graduateur. Plus on tire, plus le courant est intense, un plus grand nombre de spires se trouvant soumises à l'induction.

L'action physiologique des courants induits est minimum lorsque le graduateur est entièrement enfoncé à l'intérieur de la bobine ; elle est maximum quand ce tube est tiré à bout de course.

Pour montrer d'une façon frappante aux personnes se soumettant à l'action de l'appareil la puissance du courant, on peut compléter l'électro-médical par un cadran gradué, devant lequel se meut une aiguille indicatrice dont le mouvement est commandé par un fil de tirage en rapport avec le graduateur mobile. Un ressort à boudin qui se tend lorsqu'on sort le tube hors de la bobine, sert de rappel et ramène l'aiguille au zéro lorsque le graduateur est renfoncé à sa position primitive. L'indication donnée par le mouvement de l'aiguille n'a rien de scientifique, la graduation du cadran étant absolument arbitraire et établie selon la fantaisie du constructeur. Cette addition n'a donc pour but que de frapper beaucoup plus l'esprit des personnes que l'on électrise que ne le ferait la lecture du milliampèremètre ou de tout autre appareil de mesure de précision.

CONSTRUCTION D'UNE BOBINE D'INDUCTION DE DÉMONSTRATION

Pour bien se rendre compte des phénomènes auxquels donne lieu la bobine d'induction, on peut scinder les enroulements en deux parties mobiles : l'*inducteur* avec son noyau magnétique qui reste fixe et l'*induit* qui peut

se déplacer et coiffer une plus ou moins grande longueur du premier. Les figures 149 à 151 représentent ces pièces.

Le socle, en ébénisterie, acajou ou noyer verni, ayant été fabriqué, on prépare séparément les deux enroulements après avoir déterminé le diamètre et la longueur de fil à employer, et par suite les dimensions de la bobine.

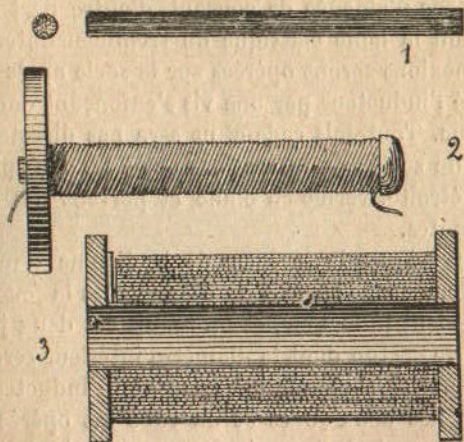


Fig. 149 à 151. — Pièces constitutives d'une bobine de démonstration à inducteur mobile : 1, faisceau magnétique ; 2, inducteur ; 3, bobine induite.

Le noyau est constitué par un faisceau de fils de fer *recuits* de un demi-millimètre, que l'on dresse et coupe tous à la même longueur pour constituer une botte cylindrique que l'on entoure d'une triple épaisseur de ruban chattertonné dont les spires se superposent les unes les autres à moitié. Cela fait, on encastre ce noyau au centre d'un disque de bois verni de même diamètre que les joues

de la bobine induite, puis on bague son extrémité opposée à l'aide d'un anneau d'ébonite serti à force et collé.

Le circuit inducteur est alors mis en place. Il se compose d'un fil de 5 à 6 mètres de long et de 10 dixièmes de diamètre, recouvert d'un guipage de soie. Ce fil fera donc trois ou quatre épaisseurs tout au plus autour du noyau de fils de fer. Ses deux bouts seront attachés, d'une part à une borne d'amenée de courant, d'autre part au pilier supportant la lame élastique du trembleur-interrupteur. Ces connexions seront opérées sur le socle après que l'on aura fixé l'inducteur par une vis s'enfonçant dans le bois de la joue. Toutefois celle-ci ne sera pas directement au contact du socle ; on intercalera entre les deux pièces une réglette étroite, vernie en blanc, et portant des divisions équidistantes.

Pour fabriquer la carcasse de la bobine d'induit, on tourne deux joues en bois du diamètre de la joue portant l'enroulement inducteur, et on réunit ces deux joues par un tube de carton dont le diamètre intérieur sera tel que ce tube puisse coulisser aisément sur l'inducteur. L'association des deux joues et du tube est opérée par un collage à la colle forte, puis, lorsque la liaison est solide, le carton est enduit de deux couches successives de vernis gomme-laque qu'on laisse bien sécher avant d'appliquer l'enroulement.

Le commencement du fil est enfilé dans un tube de verre pour le protéger contre les décharges internes, puis la bobine est montée sur le bobinoir et le fil (du 15 centièmes) est enroulé sur le tube de carton, d'une joue à l'autre, d'abord de gauche à droite, puis de droite à gauche en revenant au point de départ, et ainsi de suite. Chaque couche de fil superposée est séparée de celle qui la pré-

cède et de celle qui la suit par deux épaisseurs de papier paraffiné que l'on roule autour et qui se colle à lui-même simplement en passant à la surface, tout le long des bords, un fer modérément chaud. L'enroulement s'arrête lorsqu'on est parvenu à 5 millimètres du bord extrême des joues.

Par dessus la dernière couche de fil, on place deux tours de papier verni assez épais, et on recouvre le tout

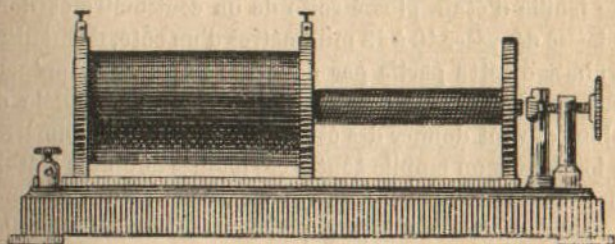


Fig. 152. — Bobine de démonstration terminée.

d'une ficelle fine enroulée à spires serrées et que l'on vernit en noir avec du vernis japonais. La bobine terminée, on colle sur chaque joue, et exactement dans le prolongement l'un de l'autre, un petit tenon devant s'engager à frottement doux dans l'encoche centrale de la réglette divisée, collée sur le socle exactement au-dessous du noyau magnétique recouvert de l'inducteur. Ensuite, et dans une direction diamétralement opposée aux tenons, on fixe dans la tranche de la joue les petites vis des bornes constituant les rhéophores et l'enroulement secondaire. Les deux extrémités du fil induit (commencement et fin) viennent s'attacher sous chacune de ces bornes.

Le montage se termine par la fabrication et la mise en place du *condensateur*, dont le but est d'augmenter dans de grandes proportions le rendement de l'appareil. Cet accessoire, qui se loge à l'intérieur du socle de la bobine, se compose d'un certain nombre de feuilles d'étain séparées les unes des autres par un papier mince tel que du papier à lettre verni à la gomme-laque claire, de largeur telle qu'il puisse facilement entrer à l'intérieur du socle. On prend chaque feuille de papier et on place au-dessus une feuille d'étain plus étroite de un centimètre et dont on laisse dépasser 10 à 12 millimètres d'un côté, de manière à rabattre cette partie par dessus le papier. On prépare ainsi de 30 à 40 feuilles semblables pour un modèle de bobine devant donner des étincelles de 10 à 15 millimètres de long, puis on empile toutes ces feuilles doublées d'étain les unes par dessus les autres en ayant soin d'alterner leurs extrémités de façon que toutes les deux feuilles d'étain se trouvent en contact par leur partie rabattue. L'opération terminée, on a le même nombre de feuilles d'un côté que de l'autre, et communiquant, toutes les lames impaires ensemble et toutes les lames paires de même. Chaque série constitue l'une des armatures du condensateur, que l'on introduit alors dans la boîte-socle et serre fortement sur le fond au moyen de cales en bois. On prend le contact avec chaque série de feuilles d'étain à l'aide d'une pince en cuivre mince sur laquelle on a soudé un fil de cuivre. Ces fils sont conduits et fixés, l'une à la vis du pilier supportant la lame du trembleur, l'autre à la vis platinée de l'interrupteur. Le condensateur se trouve donc placé en dérivation sur le circuit inducteur.

Une bobine de démonstration, du genre de celle que nous décrivons, doit être munie d'un *inverseur* permet-

tant de renverser à volonté le sens de circulation du courant primaire dans le fil inducteur et, par suite, dans l'enroulement induit. L'inverseur le plus simple est celui dit à *trois plots*, composé de deux lames formant ressort, et réunis par une traverse portant un bouton en os. Ces lames peuvent frotter à la fois sur deux plots contigus,

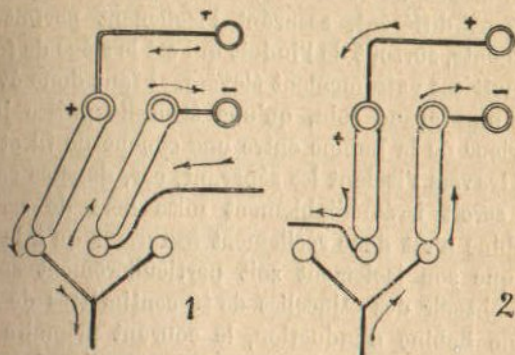


Fig. 153 et 154. — Inverseur dans ses deux positions.

rangés en une série de trois à côté l'un de l'autre, c'est-à-dire que ces lames peuvent simultanément les plots 1 et 2 ou les plots 2 et 3. Les plots extrêmes, 1 et 3, sont réunis l'un à l'autre par un petit arc de cercle métallique et ils communiquent avec l'entrée du fil inducteur. Le plot central 2, isolé, est en rapport avec l'interrupteur. L'une des lames de l'inverseur est reliée à la borne positive +, l'autre à la borne négative. — Le sens des flèches, sur les figures 153 et 154, montre le trajet du courant venant des bornes. Le fonctionnement des commutateurs-inverseurs de Ruhmkorff et de Bertin est analogue et fournit les mêmes résultats.

CONSTRUCTION D'UNE GROSSE BOBINE EN BOÎTE

Les dispositions que nous venons d'indiquer sont très suffisantes pour les modèles de démonstration fournissant jusqu'à 30 ou 40 millimètres de longueur d'étincelle, mais, au-dessus de ce chiffre, il convient d'adopter un agencement différent, assurant l'isolement parfait des enroulements, surtout de l'induit qui est le siège de forces électromotrices extrêmement élevées. Il faut donc éviter, avec le plus grand soin, qu'une étincelle puisse jaillir à l'intérieur de la bobine entre une couche de fil et une autre à travers l'isolant les séparant, car, dans ce cas, la bobine serait irrémédiablement mise hors de service. Une bobine n'est donc réellement *incroyable* qu'à la condition que son isolement soit particulièrement soigné.

Pour obtenir des étincelles de 10 centimètres de long, avec une bobine d'induction, le courant primaire doit avoir une intensité de 4,2 ampères et une tension de 8 volts ce qui peut être demandé à quatre accumulateurs de 2 kgr. 500 d'électrodes couplés en tension. Le noyau de fer devant créer le champ magnétique devra mesurer une longueur de 32 centimètres, dont 29 d'utile, et 28 millimètres de diamètre. Il sera constitué par la réunion en faisceau d'un certain nombre de fils de fer recuits qu'on logera à l'intérieur d'un tuyau de carton, préalablement imprégné dans sa masse de vernis gomme-laque, et qu'on aura laissé sécher. Le faisceau de fil de fer, entouré d'une couche de ruban chattertonné, est entré à frottement doux à l'intérieur de ce tube de carton enduit d'isolant.

L'enroulement inducteur est effectué avec du fil recouvert de coton de 2 millimètres de diamètre qui, avec

une densité de courant de 2 ampères par millimètre carré de section, peut laisser passer une intensité de 6,4 ampères, ce qui fournit une marge assez grande et permet de ne pas redouter d'échauffement sensible du conducteur par la résistance offerte au passage du courant. Cet enroulement, qui emploie 28 mètres de fil, occupe trois couches superposées : lorsqu'on l'a achevé, on l'enferme comme on a déjà fait du noyau magnétique, dans un rouleau de carton mince préalablement imbibé de vernis gomme-laque.

Le fil constituant l'enroulement secondaire a un diamètre de 15 centièmes de millimètre, et comme il serait fastidieux de rouler les 55 à 60.000 mètres dont se compose le circuit, en suivant la méthode *par nappe continue* indiquée pour le modèle de démonstration dont il a été question plus haut, et qui ne comportait guère plus de 1.800 mètres de long, comme un pareil travail serait par trop long et exposerait à de fréquentes ruptures de fil, nécessitant des jonctions soudées, nous indiquerons la méthode de fabrication dite *par galettes accolées* ou *par cloisonnement*. Cette méthode, qui a été préconisée au début par le physicien Poggendorf, partage le circuit secondaire en une série de disques plats, séparés les uns des autres par des cloisons isolantes. Toutes ces bobines juxtaposées sont ensuite couplées en tension, et l'on peut ainsi réaliser un isolement beaucoup plus parfait que par tout autre procédé. Il n'est plus à redouter, comme avec les bobines enroulées en nappe continue, de décharges intérieures perçant l'isolant et mettant les fils en court-circuit, car il n'y a plus superposition directe de fils à des potentiels très différents, et l'incrévabilité peut être pratiquement obtenue. D'autre part, le fil

étant noyé dans la matière isolante, au lieu de 55.000 mètres on n'en logera pas plus de 26 à 28.000 mètres et le travail d'enroulement s'exécutera bien plus rapidement qu'en nappe continue (fig. 155).

Une bobine dont le noyau magnétique mesure 32 cen-

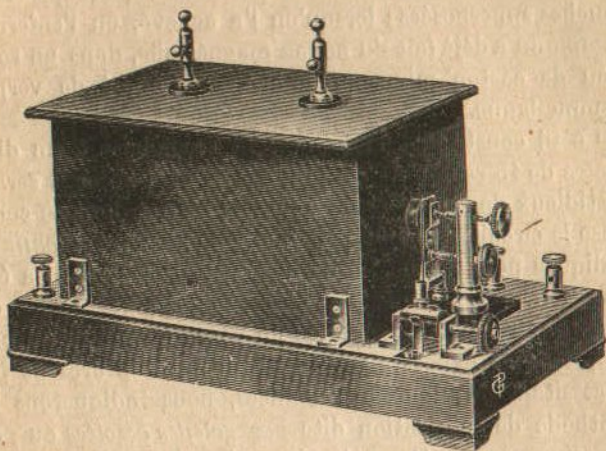


Fig. 155. — Grande bobine avec vibreur rapide et inverseur pour T. S. F. (modèle Péricaud).

timètres de longueur doit avoir, une fois son enroulement secondaire mis en place, de 16 à 18 centimètres de diamètre. L'épaisseur de l'isolant séparant cet enroulement du primaire n'est pas partout le même : elle est maximum aux deux extrémités et réduite au minimum au milieu. Si l'épaisseur est de 4 à 5 millimètres dans la partie médiane, elle pourra atteindre graduellement une valeur dix fois plus forte : de 4 à 5 centimètres aux extrémités.

Pour l'exécution du travail, on divisera la bobine en huit sections de 4 centimètres de large. Les cloisons seront faites avec des cartons minces, découpés en forme de disques annulaires. Du bristol convient très bien, à la condition d'être imprégné de gomme-laque et d'être bien sec. Douze disques identiques, de 18 centimètres de diamètre, sont ainsi préparés d'avance. On commence par les associer deux à deux sur un tube central en carton dont le diamètre est tel qu'il puisse pénétrer et glisser le long du cylindre en carton contenant l'enroulement inducteur et le noyau magnétique. Ce tube, d'une longueur de 5 centimètres, est réuni aux disques par de la colle forte, et on laisse bien sécher pour que la liaison ainsi effectuée ait le temps de se consolider.

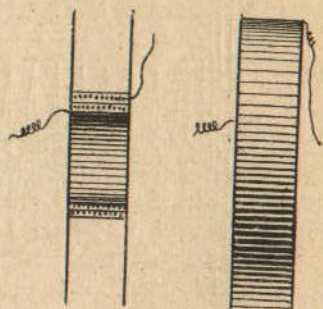


Fig. 156 et 157.
Galette commencée
et après son achèvement

En possession de ces six portions, on les numérote de 1 à 6, puis on les enduit de l'épaisseur convenable d'isolant, tel que l'*arcanson*, formé de deux parties en poids de résine pour une de cire jaune. Ce mélange, fondu dans une casserole en fer, est appliqué avec une spatule de bois sur la partie cylindrique centrale, et on laisse refroidir avant d'enrouler le fil. Cette dernière opération s'exécute beaucoup plus vite que lorsqu'il s'agit d'une nappe continue, dans laquelle il faut avoir soin d'éviter le chevauchement d'une spire de fil sur l'autre ainsi que la rupture du métal, qui nécessiterait une suture

et un supplément d'isolement de ce point. Le fil pénètre à l'intérieur de la cloison de carton par un petit trou ; lorsqu'on a roulé cinq ou six couches superposées, on badigeonne ces couches de vernis ou d'arcanson, et l'on répète ce badigeonnage toutes les quatre couches environ jusqu'à ce que l'intervalle séparant les deux

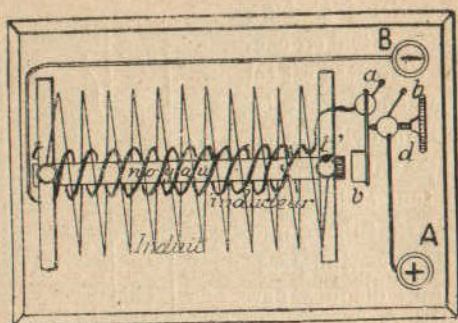


Fig. 158. — Schéma des connexions d'une bobine : A, B, bornes d'attache des fils de pile ; t, t', rhéophores ; a, trembleur, b, vis platinée ; c, marteau.

disques de carton soit rempli de fil. On répète alors cette même opération avec la section suivante.

Une précaution qu'on peut prendre pour obtenir des galettes bien plates avec des joues de bristol, consiste à doubler ces joues extérieurement avec des disques en bois mince ou en ébonite, contre lesquels le carton s'appuie pendant le travail d'enroulement. Celui-ci terminé on enlève les deux disques qui n'ont servi qu'à donner de la rigidité aux cloisons et permis d'obtenir une rondelle bien régulière.

Lorsque les six galettes de fil sont terminées, on peut les mettre en place par dessus l'inducteur et le noyau en effectuant à mesure les connexions du fil sortant d'une galette au fil commençant de l'autre. Cette portion de fil doit être soigneusement isolée, après que la jonction a été opérée, et le mieux est de l'enfermer à l'intérieur d'un petit tuyau de caoutchouc enfilé avant l'exécution de la jonction ; celle-ci ayant été soudée à la lampe ou au chalumeau, est recouverte d'un double ruban chattertonné, caoutchouté ou ciré.

Les enroulements achevés et mis en place, on n'a plus qu'un gros rouleau mesurant 30 centimètres de long sur 16 ou 18 centimètres de diamètre, d'où sortent deux gros fils (l'inducteur) et deux fins (induit), ainsi qu'un faisceau central formé d'une quantité de fils de fer accolés. Il s'agit de mettre ce rouleau à sa place définitive et d'exécuter les connexions électriques des divers circuits.

On fabrique, en bois d'ébénisterie, le socle, en forme de boîte, dont les dimensions seront : longueur, 42 centimètres ; largeur, 24 centimètres ; hauteur, 7 cm. $1/2$; le fond en bois blanc mince, sera pourvu aux quatre angles de dés, hauts de 15 millimètres. On prépare d'autre part, pour loger la bobine, une autre boîte qui sera fixée au socle par des vis. Les grands côtés de cette boîte mesureront 0 m. 31 $\times$ 0 m. 185 et les petits côtés carrés 0 m. 185. On assemble d'abord les deux longs côtés avec un petit (celui du fond), par des assemblages d'onglets, puis ces trois côtés sont mis en place et vissés à l'aide de vis de laiton au couvercle de la boîte-socle. Le petit côté, correspondant à l'une des faces de la bobine, est percé au centre d'une ouverture circulaire de 28 millimètres de diamètre, fermée du côté extérieur par un disque

de laiton à collerette, maintenu par quatre petites vis de même métal.

Avant de mettre la bobine en boîte, on monte les bornes, les supports de l'interrupteur ou vibreur rapide, qui doit être d'un modèle spécial, le commutateur-inverseur, et on fabrique le condensateur à feuilles d'étain, qui doit comporter au moins 180 feuilles de 0 m. 32 sur 0 m. 20, soit près de 11 mètres carrés de surface totale.

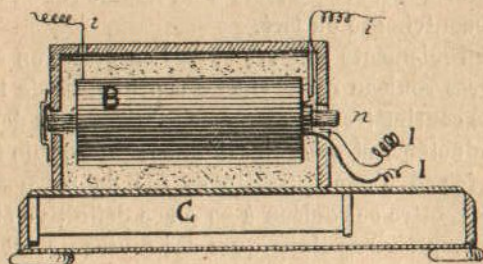


Fig. 159. — Bobine en boîte (coupe).

On pratique enfin les trous devant donner passage aux deux bouts du fil inducteur à l'intérieur du socle, ainsi que le couvercle de la boîte, qui sera intérieurement doublé d'une feuille d'ébonite ou de fibre, et muni de deux rhéophores montés sur rondelles d'ébonite. Tous ces préparatifs achevés, on prend la bobine et on la pose entre les trois côtés de la boîte, le faisceau central logé dans l'évidement qu'on a réservé. Le quatrième côté, celui faisant face à l'interrupteur, est alors ajusté et le faisceau doit faire une saillie de 4 ou 5 millimètres hors de l'ouverture centrale de ce côté. On fait également passer, à travers deux trous percés dans ce côté, au-dessous de

l'ouverture donnant issue au noyau magnétique, les deux extrémités du fil inducteur qui vont s'attacher, sous le couvercle du socle, l'une à la borne négative d'amenée de courant, l'autre à la vis de l'interrupteur.

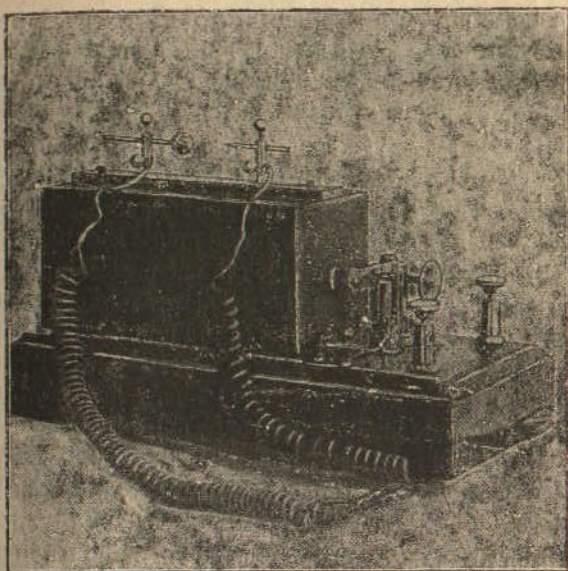


Fig. 160. — Bobine terminée (construction de l'auteur).

Pour terminer l'isolement parfait des circuits, on fait chauffer de la paraffine dans un récipient en fer. Lorsque cette substance est en ébullition, on puise avec une cuiller de fer et on remplit tous les vides de la boîte contenant le rouleau, en s'appliquant à bien laisser se dégager toutes

les bulles d'air pouvant se trouver dans la pâte. Celle-ci s'insinue, en raison de sa fluidité, dans les moindres interstices séparant les galettes ou les fils et assure l'isolement parfait une fois qu'elle est figée et durcie, ce qui ne tarde pas (fig. 159 et 160).

La boîte est ainsi remplie jusqu'au niveau des bords, et la paraffine ne forme bientôt plus qu'un bloc compact d'où sortent les deux extrémités de l'induit. Le couvercle est enfin appliqué et maintenu en place par huit vis, dont la tête est noyée dans le bois. Les fils induits, dénudés et roulés en boucle, sont serrés sous le pied des rhéophores, entre ceux-ci et une rondelle d'ébonite. L'un de ces rhéophores est pourvu d'une pointe mobile, l'autre d'un disque de laiton poli ; c'est entre cette pointe et cette surface que jaillissent les décharges à haute tension. Il est aisé de se rendre compte qu'une bobine de ce genre, comportant de 26 à 28.000 mètres de fil fin, et donnant des étincelles chaudes et bien nourries de 10 à 12 centimètres de longueur moyenne entre les rhéophores, entraîne, pour l'achat du fil de cuivre, des feuilles d'étain du condensateur, des isolants, des bornes, du trembleur, du bois, des accessoires divers, une dépense d'environ 200 francs. Or, dans le commerce, une bobine Ruhmkorff de cette puissance et fournissant les mêmes résultats, est cataloguée actuellement près de 500 francs. On voit de suite quelle économie on réalise — en même temps que l'on peut obtenir des résultats supérieurs — en construisant par soi-même les appareils électriques dont on a besoin.

CHAPITRE VII

CONSTRUCTION D'APPAREILS DIVERS

Lampes à arc. — Rhéostats. — Voltamètres.
Tableaux de distribution. Moteurs à champ tournant.

LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

Il existe différents procédés permettant de produire la lumière au moyen du courant électrique : en volatilissant à haute température le carbone, en portant à l'incandescence, par suite de sa résistance, un filament ténu de carbone, ou de métal réfractaire, enfin en faisant circuler le courant dans un milieu formé d'un gaz excessivement raréfié (tubes de Geissler et de Tesla, arc de mercure Cooper Hewitt). Tous ces procédés ont reçu de très nombreuses applications, mais la plus belle lumière, la plus vive tout au moins, est celle qui résulte de la vaporisation du carbone par l'*arc voltaïque* jaillissant entre les pointes de deux baguettes de charbon, ou une baguette de charbon et une tige de métal.

L'amateur qui dispose d'une source de courant d'un potentiel d'au moins 37 à 38 volts et d'un débit minimum de 3 à 4 ampères, c'est-à-dire d'une batterie de 18 à 20 éléments d'accumulateurs ou de piles, ou d'une petite

dynamo, peut donc produire l'arc lumineux, mais le résultat sera d'autant meilleur que la source aura un voltage et un débit plus élevés. Sur un réseau de distribution urbaine à 110 volts, se peuvent brancher en série jusqu'à trois lampes à arc, mais si l'on veut se borner à des expériences de courte durée, exécuter par exemple

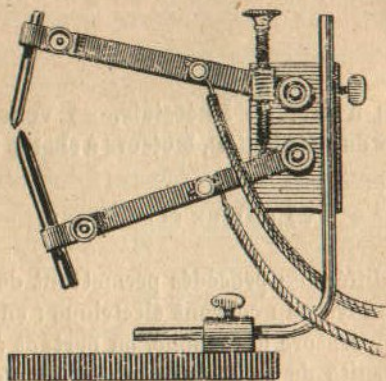


Fig. 161. — Lampe à arc dite compas (modèle très simplifié).

des projections, on pourra se contenter d'un seul appareil alimenté par le réseau, que celui-ci distribue du courant continu ou des courants alternatifs simples ou à plusieurs phases. Toutefois la conduite amenant le courant devra pouvoir débiter au moins 4 ou 5 ampères.

On peut, sans grandes difficultés, construire soi-même une lampe à arc à main ou même un régulateur automatique donnant toute satisfaction en procédant comme suit.

Pour modèle à main, on découpe d'abord, dans un laiton de 3 millimètres d'épaisseur, deux bandelettes de

15 centimètres de long et 15 millimètres de large, dont on arrondit l'une des extrémités, que l'on perce ensuite d'un trou suffisant pour donner passage à la tige d'un boulon. On pratique un autre trou à 6 centimètres de celui-ci, et on le taraude pour recevoir une vis à tête moletée. Enfin, l'extrémité de la lame opposée au trou est courbée en demi-cylindre ; un autre demi-cylindre lui est opposé, et ces pièces, qui peuvent être plus ou moins rapprochées l'une de l'autre à l'aide de deux vis, constituent une pince réglable, permettant de serrer un crayon de charbon de diamètre variant entre 4 et 8 millimètres (fig. 161).

On se procure un bloc de fibre mesurant 0 m. 05 sur 0 m. 09 et 15 millimètres d'épaisseur. On pratique dans l'épaisseur de ce bloc, près d'un de ses côtés, un trou dans le sens de sa plus grande longueur et ayant un demi-centimètre de diamètre, puis deux autres trous de 4 millimètres à quelque distance des angles opposés et perpendiculaires au premiers. Tous ces trous traversent le bloc d'outre en outre. Le bloc ainsi perforé, on passe à l'agencement du pied de la lampe, que l'on fera d'un bloc massif de fer ou, à défaut, d'une planchette que l'on alourdira avec une plaque de plomb épaisse de 2 millimètres, clouée sous sa face inférieure. Cette planchette-socle est pourvue d'une borne vissée à peu de distance de l'un des bords, borne dont le trou mesure 7 millimètres. On engage dans ce trou une tige de fer de 5 millimètres de diamètre, coudée à angle droit, et on serre la vis de pression de manière à maintenir le coude dans une position verticale. Les deux parties coudées de la tige mesurent chacune 10 centimètres.

Pour monter les deux lames des pinces porte-charbons,

on pratique d'abord une entaille de 4 millimètres de large et 15 de profondeur dans le bloc de fibre, de manière à amener le trou de la lame dans l'axe des trous percés à travers le bloc. On passe la tige d'un boulon à travers le bloc et la lame, puis on serre le tout avec un petit écrou à molette, s'appuyant sur une rondelle.

Afin d'obliger les charbons à venir au contact l'un de l'autre et de régler à tout moment l'écartement normal devant exister entre les pointes, les deux branches de compas, constituant les pinces porte-charbons, sont réunies, à un centimètre en avant du bloc de fibre, par une tige filetée à pas très fin tournant dans un écrou d'ébonite fixé à la branche supérieure du compas. La tige se termine par un étranglement et un épaulement venant s'appuyer sous un anneau qui reste fixe, tandis que l'on fait tourner la vis. Cet anneau peut être relié à son tour à la branche inférieure du compas. Par ce dispositif, les branches se rapprochent ou s'éloignent l'une de l'autre quand on manœuvre le bouton moleté, et on peut ainsi régler la distance des pointes.

L'ensemble du compas, avec ses deux crayons de charbon s'appuyant l'un sur l'autre suivant un certain angle, de la vis de réglage et du bloc de fibre, est monté sur la tige coudée qui pénètre à travers ce bloc isolant et le maintient à hauteur fixe par une vis de pression. Le courant est amené aux branches des pinces par des conducteurs bien isolés en caoutchouc, ou des fils souples sur lesquels on a enfilé une suite de perles de verre. L'extrémité de ces fils, arrondie en boucle à l'aide de la pince, est serrée sous des vis moletées, pénétrant dans les lames à une petite distance de la vis de réglage à crapaudine.

Le réglage de la longueur de l'arc lumineux peut, au lieu d'exiger la présence continuelle d'un surveillant, s'opérer automatiquement, en employant un solénoïde dont l'attraction est contrebalancée par un ressort ou un contrepoids quelconque. Un amateur pourra parfaitement réussir la construction d'un appareil de ce genre.

Voici comment il convient d'agir :

On prend ou on fabrique un tube de carton de un centimètre de diamètre, de 12 centimètres de long, et on le complète par deux *joues* de même matière, ou mieux tournées en bois et collées. L'un de ces disques mesure 3 centimètres de diamètre, l'autre 6. La bobine ainsi conditionnée est imprégnée de vernis gomme-laque, puis entourée, en commençant du côté de la joue la plus étroite, d'une couche de fil de 16 dixièmes recouvert de soie. Arrivé au bas du tube, près de la joue la plus large, on continue l'enroulement en remontant, mais on s'arrête à un centimètre de la joue étroite. Une troisième couche est posée, puis une quatrième qui n'a plus que 9 centimètres de haut, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'on arrive à une hauteur de 5 centimètres. On double cette couche, et l'on possède alors une bobine ou solénoïde qui n'a qu'une couche de fil à un bout et douze à l'autre, ce qui conduit à avoir, en cet endroit qui est le pied de la bobine, une attraction douze fois plus forte qu'à la partie supérieure. Si l'on vient à introduire un noyau magnétique

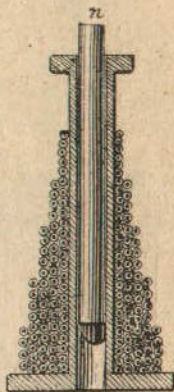


Fig. 162. — Solénoïde
(coupe.)

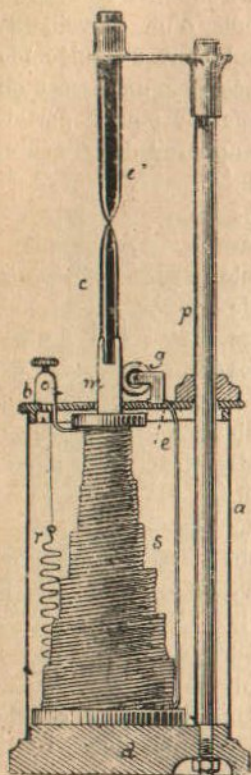


Fig. 163. — Lampe à arc d'amatateur (coupe) : *a*, enveloppe cylindrique ; *b*, borne d'attache ; *c*, *c'*, charbons ; *d*, socle ; *o*, fil positif ; *g*, gâlet de contact ; *s*, solénoïde ; *r*, ressort antagoniste.

dans l'axe de cette bobine, ce noyau sera donc de plus en plus fortement attiré vers le bas à mesure qu'il descendra dans la bobine (fig. 162).

Les deux bouts de l'enroulement sont arrêtés après avoir traversé l'épaisseur des joues de bois ; on fait deux bouclins de 6 à 8 centimètres de long en les roulant autour d'un crayon.

Le noyau magnétique est formé d'une série de fils de fer recuit de 5 dixièmes, dressés et coupés à longueur, de manière à former un faisceau de 8 centimètres de long et 9 millimètres de diamètre, c'est-à-dire capable de glisser sans frottement à l'intérieur du tube central de la bobine. Ce faisceau est freiné en deux ou trois points de sa longueur à l'aide de fil de fer très fin traçant quelques spires autour du paquet, et arrêté ensuite par un grain de soudure, puis il est coiffé d'un tube de laiton à l'intérieur duquel il est serti et soudé. Ce tube, qui mesure 2 centimètres de lon-

gueur, reçoit une bague dont l'épaisseur est telle que le crayon de charbon ne pourra y pénétrer qu'à frottement dur, c'est-à-dire de façon à être solidement encastré. Enfin on fixe à la partie opposée, représentant l'extrémité inférieure du noyau magnétique, un fil de chanvre, à la fois souple et solide, et qui remonte dans l'espace annulaire séparant ce noyau du tube central de la bobine pour venir s'attacher à l'accessoire destiné à contrebalancer l'attraction du solénoïde, et qui peut être à volonté un poids, un ressort, un brin de caoutchouc, etc. Ce dernier est le plus simple ; le poids permet un réglage plus précis, et le ressort est une solution plus mécanique ; on a donc le choix entre ces divers moyens, et encore peut-on préférer au ressort à boudin, auquel il faut demander un allongement excessif, le ressort d'horlogerie roulé sur lui-même en spirale (fig. 164).

La bobine est enfermée à l'intérieur d'une boîte cylindrique (une boîte de conserves dont on a retiré le fond peut suffire). La hauteur est de 13 centimètres et le diamètre de 8. Cette boîte sans fond, que l'on peut vernir en noir brillant à l'aide de vernis japonais, est solidement sertie sur un plateau circulaire en bois de 2 centimètres d'épaisseur, pénétrant de 1 centimètre à l'intérieur et débordant de 1 centimètre tout autour, de manière à former un socle de 10 centimètres de diamètre. On chanfreine le bord pour produire un biseau et on vernit. La bobine est ensuite placée à l'intérieur, la joue la plus large touchant la paroi, et fixée en cette position par des vis.

Le couvercle de la boîte qui doit, comme le fond, pénétrer à frottement dur dans celle-ci, est doublé d'un disque d'ébonite fixé par des vis de laiton. On l'évide d'un trou

de 1 centimètre de diamètre correspondant exactement au trou central de la bobine, et on fixe sous sa face intérieure le ressort antagoniste, auquel viendra s'attacher un peu plus tard le fil de chanvre venant du bas du noyau. Sur la face supérieure se fixe, par deux vis, une petite équerre de laiton soutenant l'axe d'une poulie à

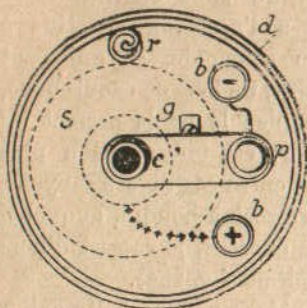


Fig. 164. — Plan du régulateur ;
b, b, bornes d'attache des fils ;
d, enveloppe ; *r*, ressort ; *p*, porte-charbon ; *c*, charbon positif ;
s, solénoïde.

gorge dans laquelle viendra glisser le crayon de charbon inférieur. Un peu plus loin, en arrière de l'équerre, se fixe, par une embase, une tige taraudée traversant le couvercle pour recevoir en dessous un écrou à six pans, la tige du port -charbon supérieur, qui mesure 28 centimètres de long et se termine à sa partie supérieure par un taraudage sur lequel vient s'appliquer un bras horizontal de 42 milli-

mètres de longueur, et terminé par une bague soudée, munie d'une vis de pression devant maintenir en place le charbon supérieur.

Le couvercle étant mis en place, on met un crayon de 6 millimètres de diamètre et 7 centimètres de long, taillé en pointe, dans le tube de laiton constituant le porte-charbon inférieur qui affleure l'ébonite, puis un crayon de 12 centimètres de long dans le porte-charbon supérieur, et on amène les deux pointes au contact. Les connexions sont alors établies avec les deux bornes d'amenée de courant vissées sur le couvercle, à droite et à gauche

des porte-charbons (fig. 164). L'une de ces bornes est

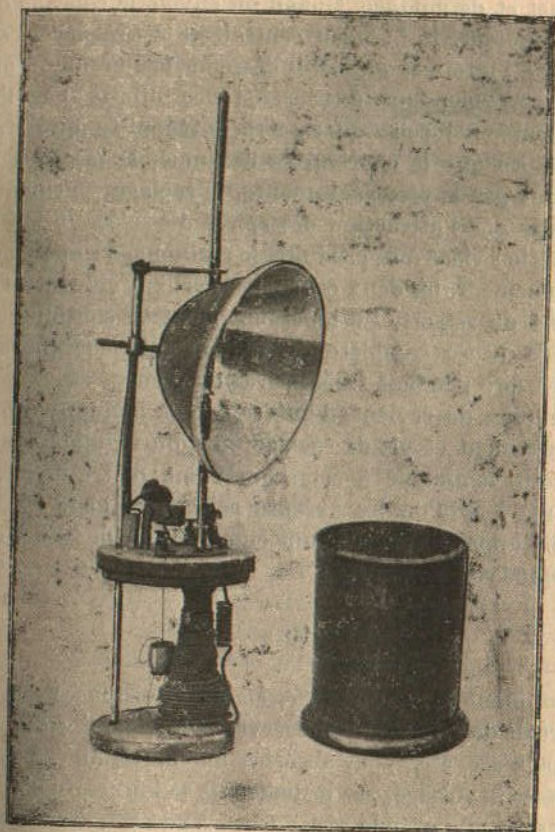


Fig. 165. — Régulateur à arc (construction de l'auteur).

en rapport avec le porte-charbon supérieur, l'autre avec le fil de sortie du bas de la bobine. Le fil d'entrée de

celle-ci va s'attacher à l'équerre portant le galet de contact et de guidage. Quand on envoie le courant dans ce régulateur, le faisceau central est attiré par le solénoïde, à l'intérieur duquel il descend jusqu'à une profondeur correspondant à la résistance offerte par l'arc, augmentée de celle du ressort antagoniste qu'il tend. A mesure que le charbon se consume, le faisceau, tiré en haut par le ressort, remonte, le réglage continuant à s'opérer par l'attraction des spires du solénoïde. Si une extinction vient à se produire, le réallumage s'opère automatiquement, les deux charbons revenant au contact par l'effort du ressort. Le fonctionnement se continue ainsi jusqu'à usure complète du crayon inférieur (négatif); c'est-à-dire pendant trois heures environ.

Le prix de revient d'une lampe à main, à compas d'écartement et vis de réglage ou d'un régulateur automatique semblable à celui qui vient d'être décrit, est minime lorsqu'on les exécute soi-même, alors que ces mêmes appareils coûtent une cinquantaine de francs dans le commerce.

LES RHÉOSTATS

On donne le nom de *rhéostats* aux résistances que l'on intercale dans le circuit desservant un appareil : dynamo, lampe à arc, etc., pour absorber une partie du courant et abaisser le voltage. Ces instruments se font en fil d'alliage opposant une grande résistance au passage du courant : du ferro-nickel ou du maillechort. On donne à ce fil une longueur et une section telles que leur température ne s'élève pas de plus de 50 ou 60° au-dessus de la température ambiante. Un fil de 1 millimètre de diamètre peut

recevoir une intensité de 3 ampères, et sa résistance kilométrique atteint 1.060 ohms à 70° centigrades.

Les rhéostats peuvent présenter de nombreuses formes. La plus simple consiste à rouler le fil en spires éloignées de quelques millimètres l'une de l'autre autour d'un mandrin en matière incombustible, ordinairement en porcelaine, serré entre deux équerres métalliques vissées sur une planchette. Les deux équerres sont réunies par une réglette carrée en cuivre sur laquelle peut glisser un curseur à poignée, muni d'une lame de ressort pouvant toucher l'une ou l'autre des spires de fil. Deux bornes complètent l'appareil et permettent d'attacher les fils du circuit. L'une d'elles est en rapport avec le fil résistant, la sortie du courant s'opère par la lame du ressort, la réglette, l'équerre et l'autre borne.

On donne encore une forme circulaire au socle des petits rhéostats composés d'une seule spire. Après avoir roulé la longueur de fil voulue autour d'un mandrin cylindrique, on dispose la résistance en rond sur la périphérie du socle, et on l'y maintient par de minuscules cavaliers. Une manette montée sur un axe central peut toucher successivement, en lui faisant effectuer une révolution complète, toutes les spires l'une après l'autre. Le commencement du fil étant en communication avec la borne d'entrée, et la sortie avec le pivot de support de la manette, on peut encore intercaler dans le circuit un nombre plus ou moins grand de spires, du commencement à la fin de la résistance.

Pour les lampes à arc, les rhéostats sont composés de deux colliers métalliques boulonnés sur une plaque de marbre, et réunis par des barreaux incombustibles sur lesquels le fil est enroulé en spires rapprochées. Un cur-

seur mobile à frotteur permet de régler la résistance que l'on introduit dans le circuit. Enfin quand il s'agit de réaliser une forte perte de charge, comme c'est le cas

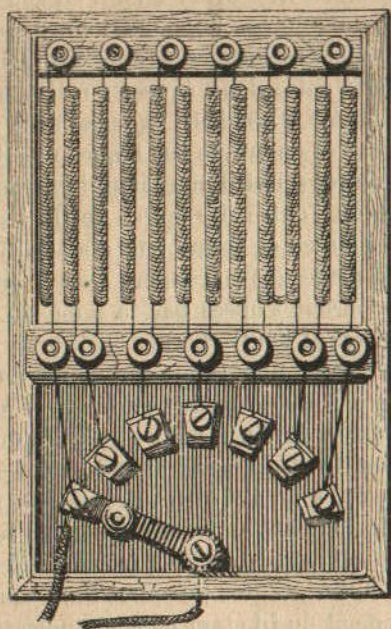


Fig. 166. — Rhéostat à cadre.

pour les *rhéostats d'excitation* des dynamos, on assemble les quatre côtés d'un cadre en chêne que l'on ferme en partie par une planchette, puis on fixe aux deux traverses horizontales du cadre un certain nombre de poulies en porcelaine, reliées deux à deux par des lamelles métal-

liques. Si le cadre comporte huit poulies à la traverse supérieure, les poulies seront associées 1 et 2, 3 et 4, ainsi de suite, alors qu'à la traverse inférieure ce seront les poulies 2 et 3, 4 et 5, etc., de manière que la première et la dernière poulies soient indépendantes. Le fil, roulé comme précédemment, comme un ressort à boudin, est alors tendu entre les poulies 1 inférieure, 1 supérieure, 2 supérieure, 2 inférieure et ainsi de suite jusqu'à la dernière. Cette opération terminée, on fixe par deux vis, sur la tablette inférieure du cadre, un commutateur à plusieurs directions, et l'on réunit chaque plot à une des lamelles métalliques du bas du cadre. Si celui-ci comporte six résistances, tendues parallèlement dans le vide du cadre, comme cela est représenté sur la figure 166, le commutateur à manette comptera sept plots agencés en demi-cercle et dont chacun est mis en rapport avec l'extrémité de chaque résistance repliée en deux autour de poulies en porcelaine. Le pivot de la manette étant en connexion avec la borne de sortie, lorsque la lame de contact appuie sur le plot 1, aucune résistance n'est en circuit. Sur le plot 2, la résistance 1 est intercalée; sur le 3 la résistance 2 est ajoutée à la première, et ainsi de suite jusqu'au dernier plot qui met en circuit la totalité du rhéostat (fig. 166).

VOLTAMÈTRE

Le voltamètre est un appareil de démonstration permettant de réaliser la décomposition de l'eau au moyen du courant de quelques éléments de piles ou d'accumulateurs. On peut en construire un petit modèle à l'aide d'un verre sans pied, de forme tronconique, ou mieux d'un

verre à boire à pied, dont on retranche le pied à 5 centimètres du fond, le socle de l'appareil sera un disque de bois tourné, sur lequel est serti verticalement, bien au milieu, un tube de laiton de 7 ou 8 centimètres de haut. Le socle reçoit deux bornes d'attache, et de chacune de ces bornes part un fil conducteur qui pénètre à l'inté-

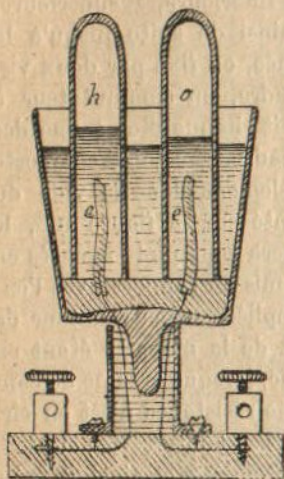


Fig. 167.—Voltamètre (coupe).

rieur du tube de laiton qu'on remplit de gomme-laque fondue après avoir fait pénétrer la queue du verre à pied. Le fond de ce verre est percé de deux petits trous situés à 25 millimètres l'un de l'autre, par lesquels on fait passer des fils de cuivre que l'on soude, à l'intérieur du verre, à deux petites lames très minces d'argent. Ces fils sont noyés dans de la gomme-laque fondue qui maintient en même temps le bas des lamelles métalliques (fig. 167).

L'appareil est complété par deux éprouvettes ou cloches en verre, fermées à un bout et dont on coiffe les lamelles. Pour réaliser l'expérience, on remplit d'eau légèrement acidulée ou alcalinisée le verre à pied et les éprouvettes que l'on remet en place. Si alors on fait passer le courant provenant d'une pile, on remarque aussitôt que de nombreuses bulles se produisent autour des lamelles d'argent, bulles qui se rassemblent au sommet de la cloche, laquelle ne tarde pas, si le courant est un peu

intense, à être remplie de gaz. L'éprouvette coiffant la lame positive contient de l'oxygène; l'autre recouvrant l'électrode négative est remplie d'hydrogène qui se dégage en proportion double de l'autre.

TABLEAUX DE DISTRIBUTION

On désigne sous le nom de *Tableau de distribution*, un panneau de chêne, d'ardoise, de marbre, etc., sur lequel on fixe tous les instruments de mesure, de sécurité et de manœuvre d'une installation électrique quelconque. Qu'il s'agisse d'éclairage par accumulateurs chargés par des piles, ou d'une dynamo, de transport de force pour la traction ou de l'alimentation de moteurs fixes, le tableau de distribution est indispensable, seulement il est plus ou moins compliqué et comporte un plus ou moins grand nombre d'appareils.

Le marbre est la matière qui convient le mieux pour faire les panneaux, mais il est difficile à percer. L'amateur pourra se contenter de bois de chêne bien veiné par exemple, que l'on entourera d'un cadre mouluré. Si la tension du courant reçu ou transmis était supérieure à 110 volts, on doublerait simplement les vis et boulons d'attache par des rondelles ou des bagues en ébonite, autrement, cette précaution est inutile, le bois étant suffisamment résistant et aucune dérivation sensible n'étant à redouter à travers sa masse.

On est dans l'usage d'exécuter toutes les connexions de fils *derrière* le tableau, la face antérieure ne présentant que la vue des appareils. Ceux-ci sont fixés au bois par des vis, et le tableau lui-même est fixé à son tour au mur, mais à une certaine distance, par quatre boulons scellés,

sur lesquels, par dessus le panneau, on serre des écrous à six pans.

Une petite installation particulière, comportant dynamo et accumulateurs, nécessite la présence d'un tableau comportant les instruments et appareils suivants :

Un voltmètre, branché en dérivation et complété par un commutateur à deux directions permettant de connaître soit le voltage de la dynamo, soit celui de la batterie d'accumulateurs.

Un ampèremètre, branché en circuit sur le fil positif et indiquant constamment l'intensité du courant débité et envoyé dans le circuit.

Un rhéostat d'excitation à curseur pour la dynamo.

Un disjoncteur automatique pour rompre la communication entre la dynamo et la batterie lorsque la charge de cette dernière est suffisante et son voltage supérieur à celui de la dynamo.

Un réducteur, permettant d'adjoindre un à un trois ou quatre éléments de réserve de la batterie vers la fin de la décharge lorsque le voltage s'abaisse dans le circuit. Le réducteur comporte donc autant de plots qu'il y a d'éléments de réserve.

Des coupe-circuits fusibles protégeant le circuit de la dynamo et de la batterie.

Un interrupteur général permettant d'envoyer à volonté le courant dans le réseau à desservir.

Un commutateur à deux directions pour la marche en parallèle, le courant de la dynamo pouvant être dirigé à volonté, soit dans le réseau, soit dans la batterie à charger.

Enfin une lampe-témoin, avec son raccord, son support, sa griffe, sa tulipe et son interrupteur particulier.

L'amateur peut entreprendre et mener à bonne fin l'exécution d'un tableau de ce genre, à la condition de se procurer les divers instruments qui viennent d'être énumérés, et de se borner à les mettre en place de manière à ce qu'aucun d'eux ne gêne son voisin et que l'aspect de l'ensemble ne soit pas disgracieux. Deux barres plates seront fixées par des boulons, isolées derrière le tableau et mises en relation permanente par des pinces avec les conducteurs principaux de distribution. Sur ces barres on soude les fils secondaires, bien isolés, se rendant aux bornes des divers appareils de l'autre côté du tableau. On suivra, pour ne pas risquer de se tromper dans l'ordre des attaches, un croquis que l'on aura préalablement dressé et qui déterminera les diverses connexions et le trajet suivi par chacun des fils.

LES CHAMPS MAGNÉTIQUES TOURNANTS

Les champs dont il va être question ici n'ont rien à voir avec ceux que les agriculteurs retournent, ensementent et préparent chaque année en vue de futures récoltes, ils n'ont rien de commun non plus avec les « champs opératoires » chers aux chirurgiens. Ils appartiennent au domaine de la physique et particulièrement à l'électricité industrielle. Ils ont été découverts presque simultanément par le professeur Ferraris et le savant américain Tesla en 1888. Depuis cette époque, où ils ne constituaient encore qu'une curiosité de laboratoire, ils sont entrés dans l'utilisation pratique, et c'est sur leur principe que sont basés les moteurs électriques alimentés de courants « triphasés ».

Ces termes techniques que nous venons d'employer

gardent encore, aux yeux de nombre de personnes, une apparence un peu mystérieuse, et à moins d'être comme on dit « du bâtiment » et au courant des progrès de l'électrotechnique, beaucoup ne conçoivent pas très nettement la différence séparant ces formes de l'énergie électrique des formes seules connues autrefois. Nous allons donc essayer d'expliquer à ces non initiés en quoi consistent

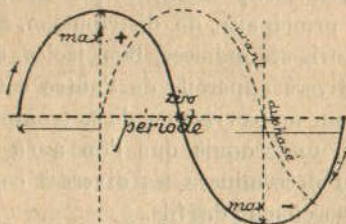


Fig. 168. — Courbe sinusoïdale représentant un courant alternatif simple. — En pointillé, courant décalé d'une demi-période (courant diphase).

ces fameux « champs tournants » si employés aujourd'hui et qui utilisent les courants polyphasés.

Si l'on peut comparer le courant électrique fourni par une dynamo ou une pile à un filet d'eau s'écoulant d'un réservoir, il n'en est pas de même du courant développé par un alternateur. Par le déplacement de l'organe mobile de la machine, devant les pôles d'électro-aimants créant un champ magnétique *fixe*, il se produit dans le fil conducteur entourant cet organe mobile ou *induit* un courant qui atteint son maximum lorsque l'induit arrive en face du pôle de l'électro, pour décroître et s'annuler à mesure que l'induit s'éloigne du pôle. Ces deux courants successifs parcourent les fils du circuit extérieur dans deux sens

différents, et c'est ce qui leur a fait donner le nom de *courants alternatifs*, pour les différencier de celui dégagé par une dynamo et qui est *continu*.

Dans un alternateur, tous les électros sont recouverts de fil et associés à la suite l'un de l'autre, de manière à ne former qu'un seul circuit que traverse le courant d'une petite dynamo appelée *excitatrice* et disposée en bout d'arbre. Les enroulements de l'induit sont en rapport avec deux bagues disposées l'une à côté de l'autre, et sur lesquelles des frotteurs recueillent les courants.

Pour obtenir des courants *polyphasés*, c'est-à-dire *décalés* les uns par rapport aux autres d'une certaine fraction, en raison de ce fait qu'ils ne prennent pas naissance juste au même moment, le couplage des bobines de l'induit est opéré de *trois en trois*, c'est-à-dire que le fil de la bobine 1 est relié à la bobine 4, celui de la bobine suivante ou 2 à la bobine 5, celui de la bobine 3 à la bobine 6 est ainsi de suite, de manière à constituer trois groupes de bobines, trois circuits distincts, reliés chacun à une bague collectrice.

Il est aisé de se rendre compte que les courants alternatifs ne se produiront pas tous au même instant comme dans l'alternateur simple précédent, mais à un très petit intervalle l'un de l'autre, intervalle d'un tiers de la période du courant de l'alternateur, puisqu'il y a deux bobines intercalées entre celles de l'alternateur simple. La courbe décrite par ces courants est donc formée de trois sinusoides parallèles, et on donne à ces courants successifs présentant trois phases dans la durée d'une période, le nom de courants *triphasés*.

Arrivons-en maintenant aux champs tournants qu'il est facile d'engendrer avec les courants triphasés.

Sur un anneau de fer, plaçons, à 120 degrés l'une de l'autre, trois bobines entourées de fil et reliées l'une à l'autre, ainsi que le montre la figure 169, puis plaçons au centre de cet anneau, sur un pivot, une aiguille aimantée.

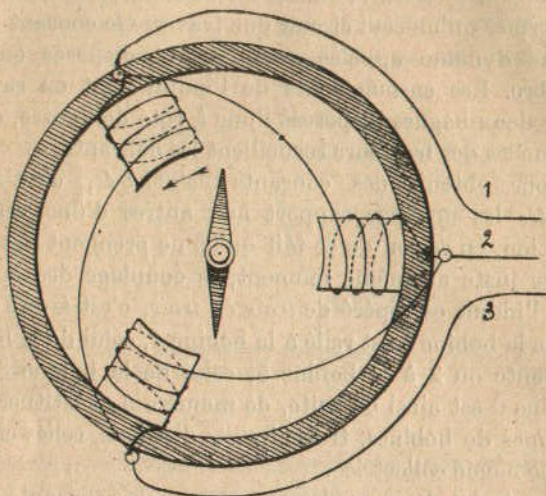


Fig. 169. — Principe des champs tournants.

Si les fils roulés autour de chacune des trois bobines sont réunis aux bagues collectrices d'un alternateur triphasé en mouvement, on verra l'aiguille tourner sur son axe avec une grande rapidité, et un raisonnement très simple permettra de s'expliquer les causes de cette rotation.

Les courants triphasés déterminent un pôle nord, par exemple, dans la bobine du haut, puis, un tiers de période après, le même pôle dans la bobine de droite, et encore un tiers de période après le même pôle dans la bobine de

gauche, ensuite les phénomènes recommencent dans le même ordre. L'aiguille suivra le déplacement circulaire de ce pôle en lui présentant constamment une de ses pointes ; cela l'obligera à tourner, et c'est là la cause du mouvement constaté. Le champ magnétique produit par les électro-aimants, au lieu d'être fixe comme dans les dynamos, se déplace et *tourne* à une vitesse angulaire égale à la fréquence du courant alternatif. L'aiguille aimantée peut être remplacée par un circuit fermé qui, placé dans la zone d'influence de ce champ magnétique tournant, suit le mouvement de ce champ, avec une vitesse angulaire un peu inférieure au synchronisme, mais qui tend vers cette valeur lorsque le couple résistant descend vers le zéro.

On peut concevoir la production des champs magnétiques tournants par l'expérience suivante : si l'on envoie dans deux bobines, disposées perpendiculairement l'une par rapport à l'autre, deux courants alternatifs décalés d'un quart de période l'un par rapport à l'autre, chaque bobine donnera naissance à un champ magnétique perpendiculaire à son plan. Il en résultera un champ dont la direction se déplacera avec une vitesse de un tour par période, et si l'on dispose dans ce champ un circuit fermé, celui-ci suivra le mouvement et sera entraîné dans le déplacement du champ magnétique.

On obtient donc, de cette façon, un moteur très simple sans balais ni collecteur, ainsi que les dynamos en exigent. Pour avoir un champ magnétique tournant régulièrement, au lieu de sauter par saccades brusques d'un pôle d'électro au pôle suivant, on multiplie les bobines fixes entourant la couronne extérieure, et au lieu d'une aiguille aimantée, on soumet à l'action de ce champ un noyau de fer

aimanté par l'influence des courants induits dans des barres de cuivre qui le traversent. Le moteur électrique ainsi constitué comporte donc simplement une série de bobines fixes, aussi faciles à surveiller qu'à fabriquer, et

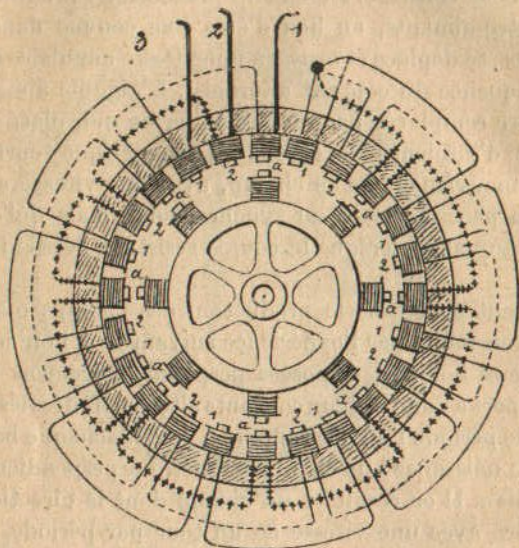


Fig. 170. — Connexions dans un moteur à courants triphasés et à champ tournant.

des paliers, car on ne fait qu'assez rarement usage d'induits bobinés.

L'amateur peut entreprendre la construction d'un petit modèle de moteur asynchrone à champ magnétique tournant avec induit en cage d'écureuil. La carcasse inductrice ou *stator* sera faite d'un anneau de fer assez étroit, sur toute la périphérie intérieure duquel on fixera

une série de petites bobines à noyau de fer portant un enroulement de fil de 10 dixièmes. On s'arrangera pour loger ainsi 24 bobines identiques équidistantes à l'intérieur de cet anneau. Ces connexions des bobines entre elles seront effectuées, non en *série*, à la suite l'une de l'autre, mais de trois en trois. En procédant de cette façon, il reste six fils libres : trois au commencement et trois à la fin. Les premiers sont reliés aux bornes d'amenée de courant et les autres réunis tous ensemble (fig. 170).

L'induit ou *rotor* sera composé de deux disques de cuivre, rivés sur un arbre d'acier, et réunis l'un à l'autre par une série de barreaux de même métal constituant une espèce de petit tambour à claire-voie. Ce tambour est disposé concentriquement à l'anneau intérieur de bobines, de manière à tourner à une très faible distance des faces polaires, et son arbre est supporté entre les coussinets de paliers formant partie intégrante de deux flasques circulaires fermant les deux faces de l'anneau du stator. Ces flasques sont des plateaux ajourés en tôle, réunis par des tirants et des écrous, et qui portent en leur centre un petit manchon soudé contenant les bagues du coussinet. L'une des extrémités de l'arbre du rotor porte une petite poulie plate ou à gorge pour transmettre le mouvement de rotation du moteur.

L'ensemble est monté sur une planche assez épaisse servant de socle, auquel le stator est réuni solidement par des pattes ou équerres rapportées, vissées d'une part sur l'anneau de fer et, d'autre part, à la planche qui reçoit enfin les trois bornes d'amenée.

Si l'on ne dispose pas de courants alternatifs triphasés pour alimenter ce petit moteur, on pourra produire des courants décalés d'un tiers de période l'un par rapport

à l'autre, en usant d'un artifice qui consiste à employer trois bobines Ruhmkorff dont on fait passer le courant de l'une dans l'autre. On peut alors alimenter les trois séries de bobines du stator et créer un champ magnétique tournant, dont le *rotor* suit fidèlement la variation et le mouvement, en tournant ainsi à une vitesse angulaire égale à la fréquence du courant qui le traverse.

CHAPITRE VIII

LES TÉLÉPHONES ET TÉLÉGRAPHES

FONCTIONNEMENT DES TÉLÉPHONES

Le modèle de téléphone le plus simple est celui qui a été inventé par Graham Bell. Il est basé sur les phénomènes électro-magnétiques, et il ne fait pas appel à une source étrangère de courant. Il se compose d'un barreau aimanté disposé dans l'axe d'une petite bobine entourée

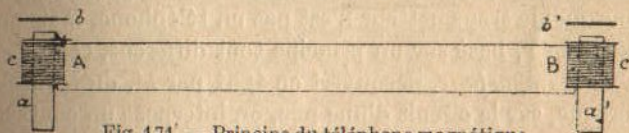


Fig. 171'. — Principe du téléphone magnétique.
AB bobines. *cc'* enroulements, *bb'* diaphragmes,
aa' barreaux aimantés.

de fil très fin. Devant la face polaire de ce barreau se trouve une rondelle de fer très mince, sertie par ses bords dans un cadre circulaire évasé en forme de pavillon. Les deux bouts du fil roulé autour de la bobine sont reliés aux deux bouts du fil d'un autre appareil identique au premier. Lorsqu'on parle devant la rondelle de l'un des téléphones, les déplacements de la rondelle influencent le champ magnétique, créé par le barreau, ces variations

d'aimantation donnent naissance dans la bobine à des courants induits qui sont transmis par le fil de ligne à la bobine de l'appareil correspondant (fig. 171). Celle-ci, à son tour, agit sur le champ magnétique, et sa rondelle vibre synchroniquement avec la première, reproduisant ainsi fidèlement les sons agissant sur la rondelle du transmetteur.

Ce dispositif est excellent, surtout pour la réception des sons, mais l'énergie mise en jeu au point de départ pour créer les courants induits étant faible, la portée de l'ap-



Fig. 172. — Microphone à crayon.

pareil ne dépasse pas une centaine de mètres. C'est pourquoi le transmetteur n'est pas un téléphone, mais un *microphone*, basé sur un principe tout différent, celui des *contacts imparfaits*, découvert en 1851 par M. du Moncel. Lorsque, sur le circuit d'une pile, on interpose un contact de ce genre, les variations de pression qu'il subit du fait des modifications apportées au courant de la pile par les vibrations sonores sont telles que ces vibrations agissent beaucoup plus énergiquement sur le barreau aimanté du téléphone d'arrivée que les courants d'induction d'un téléphone ordinaire (fig. 172).

Les postes téléphoniques universellement en service aujourd'hui sont donc composés d'un microphone transmetteur, auquel on adjoint une bobine d'induction dans le cas où, la distance à franchir étant considérable, il faut accroître la tension du courant de la pile, et d'un

téléphone récepteur du genre de celui de Bell, mais possédant un aimant plus puissant, ordinairement recourbé en cercle et constituant en même temps une poignée de manœuvre très commode. Un poste microtéléphonique avec ou sans bobine d'induction est complété par une sonnerie d'appel à trembleur, fonctionnant par le courant de la pile du microphone. Un commutateur automatique permet de substituer le téléphone à la sonnerie lorsqu'on décroche l'écouteur de son support pour le porter à l'oreille. Ce poste est mis en relation avec un autre poste identique par une ligne à deux conducteurs. Si le réseau comporte un certain nombre de postes, on fait ordinairement converger toutes les lignes à un endroit unique, ou *bureau central*, où un employé se trouve en permanence pour établir les jonctions de fils entre les postes demandant à entrer en communication l'un avec l'autre. Tels sont, sommairement exposés, les principes de la téléphonie électrique, qui a pris, comme on sait, une extraordinaire extension dans le monde entier depuis un quart de siècle.

CONSTRUCTION DE DEUX POSTES MICROTÉLÉPHONIQUES

Les circonstances de la vie usuelle sont nombreuses où le téléphone est susceptible de procurer de réels avantages, ne serait-ce que pour faire communiquer la salle à manger avec la cuisine, l'antichambre avec le bureau, deux corps de bâtiments plus ou moins éloignés, etc., et ce d'une façon beaucoup plus intelligible qu'avec des sonnettes électriques. L'amateur pourra parfaitement réussir la construction de petits postes microtéléphoniques domestiques, qui lui reviendront certainement à un prix

bien inférieur à celui auquel ces appareils sont vendus dans le commerce, et qui lui rendront les mêmes services.

La forme de poste dont l'usage est le plus commode est celle connue sous le nom de « porte-montre à console », et qui peut, soit se poser sur une table, soit s'accrocher au mur par deux agrafes en laiton découpé placées à chacun des angles supérieurs de la tablette.

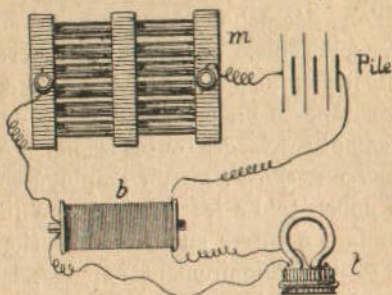


Fig. 173. — Schéma d'un poste microtéléphonique.

Le matériel nécessaire à la construction de deux postes et à leur installation est le suivant :

Trois éléments de pile Leclanché si la distance n'est pas supérieure à 250 mètres.

Deux sonneries électriques à trembleur avec grelot ou timbre.

Deux boîtes microphoniques à granules de charbon et deux plaques vibrantes.

2 mètres de cordon souple et deux conducteurs, et deux petits boutons d'appel.

200 mètres de fil à sonnerie, de 9 dixièmes, pour la ligne et isolateurs de support.

Planches de 10 millimètres et de 4 millimètres d'épaisseur. — 50 mètres de fil de cuivre recouvert de soie de 1 dixième. — Bornes, vis, accessoires divers.

On commence la construction des postes en découpant, dans une planche de 1 centimètre d'épaisseur, deux morceaux de 10 centimètres sur 12, deux de 9 cm. 1/2 sur 12 centimètres et deux de 12 centimètres sur 8. Les deux premiers serviront à constituer le socle, les deux autres la planche oblique, les deux derniers le fond vertical du poste ; ces derniers seront taillés en biseau sur leur côté supérieur, et les deux précédents découpés en demi-cercle se raccordant par un congé. La partie demi-circulaire portera en son centre une plaquette métallique portant en son milieu une fente verticale dans laquelle on fera pénétrer la tige d'un crochet monté sur pivot et dont le bras postérieur pourra venir au contact d'une équerre vissée dans la planchette du fond.

En raison de l'inclinaison donnée à la planchette oblique, il reste sur les côtés deux vides triangulaires que l'on ferme avec deux planchettes de cette forme, que l'on fixe avec de la colle-forte. Avant de fixer définitivement la tablette oblique, on la découpe de manière à ne plus laisser qu'un cadre, au milieu duquel est une ouverture carrée mesurant 7 centimètres sur 7, laissant un vide profond derrière elle.

On prend alors les planchettes vibrantes, on découpe dans un bouchon de liège un anneau de quelques millimètres d'épaisseur dont l'ouverture peut recevoir le tampon de la boîte microphonique à granules. On colle cet anneau et le tampon bien au centre de la planchette, sur sa face intérieure bien entendu, puis on attache l'un des fils du microphone sous la tête d'une vis, à l'intérieur

de la boîte, vis qui recevra également un des deux fils du cordon souple, allant au téléphone du poste. L'autre fil du microphone va s'attacher à une équerre isolée située



Fig. 174. — Transmetteur microphonique ouvert pour montrer l'agencement intérieur.

au-dessus du levier terminant le crochet de suspension de ce téléphone. On met alors en place et l'on tend légèrement un petit ressort à boudin entre la tablette du fond et le bras de levier du crochet de façon à obliger celui-ci à venir, lorsqu'on décroche le récepteur, au contact de

l'équerre inférieure servant de butoir et dont nous avons parlé. Cela fait, on pratique une rainure dans la tablette-socle, en avant du cadre, afin de loger les deux fils venant du bouton d'appel, qui sera ensuite collé à la colle forte au milieu de cette tablette. Ces fils seront en communication, l'un avec l'équerre supérieure, l'autre avec la ligne, et le fil restant libre du récepteur avec l'autre fil de ligne. De cette façon, lorsque le levier-crochet touchera l'équerre du haut, c'est la sonnerie du poste qui se trouvera en circuit, et ce sera le téléphone récepteur lorsque le levier touchera l'équerre-butoir du bas. On met ensuite en place, à droite et à gauche de la plaque à travers laquelle passe le levier, deux bornes qui seront reliées, l'une avec la vis d'attache maintenant l'un des fils du bouton d'appel, l'autre avec l'équerre du haut, puis une troisième borne au-dessus du crochet, et reliée à celui-ci. Toutes ces connexions une fois établies avec soin à l'intérieur de la boîte, la face antérieure de celle-ci est fermée hermétiquement en collant par ses bords la planchette vibrante au cadre resté béant jusque-là (fig. 173 et 174).

Les postes transmetteurs étant achevés, on s'occupe des téléphones récepteurs, et on fabrique d'abord la partie magnétique qui se composera de deux petits barreaux aimantés de 15 millimètres de long et 4 millimètres de diamètre, que l'on rive verticalement sur un aimant plat auquel on a donné une forme demi-circulaire. Les deux barreaux sont disposés à 12 millimètres l'un de l'autre d'axe en axe, sur les épanouissements des branches de l'aimant qui mesure un diamètre de 5 centimètres avec une largeur de 12 millimètres et une épaisseur de 3 millimètres. Cet aimant est ordinairement renforcé par une autre lame de même épaisseur, mais échancrée près de ses

extrémités pour donner place aux bobines entourant les barreaux. Ces bobines sont en bois paraffiné et mesurent 13 millimètres de long et 10 de diamètre. Elles sont recou-

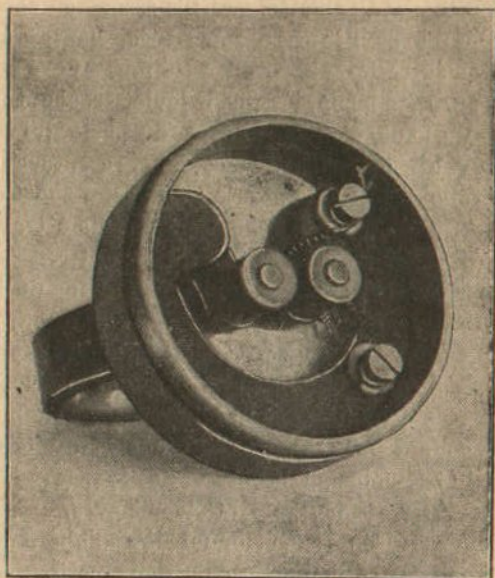


Fig. 175. — Récepteur microphonique (ouvert).

vertes d'un enroulement en nappe continue (comme les électro-aimants) en fil recouvert de soie de 2 dixièmes de millimètre. Les fils des deux bobines sont réunis par une ligature, et les deux fils restant libres sont fixés sous la tête d'une vis, isolée du contact du métal par une rondelle d'os, et sur laquelle est serrée de l'autre côté de la boîte,

à l'extérieur, une borne où vient s'attacher l'un des brins du cordon souple à deux conducteurs.

Le diaphragme vibrant du téléphone est un disque de tôle mince de 1 dixième de millimètre d'épaisseur et 55 millimètres de diamètre.

La boîte contenant l'aimant et ses bobines, à un demi-millimètre des faces polaires desquelles doit se trouver la rondelle, pourra être faite tout simplement avec une boîte à cirage (ou tout autre produit), de dimensions convenables, c'est-à-dire d'un diamètre supérieur à celui de la rondelle et une hauteur suffisante pour loger l'aimant et les bobines. Toutefois, dans le cas d'une boîte en métal magnétique, il faudra avoir soin de doubler intérieurement le fond de la boîte avec un disque de matière isolante : fibre ou ébonite, de 2 à 3 millimètres d'épaisseur, pour supporter l'aimant et l'isoler de la boîte.

Comme poignée, afin de permettre de saisir facilement le récepteur, on se servira d'un simple rond de serviette en bois, cuir bouilli, métal, etc., que l'on fixe à l'aide de bracelets rivés sur le fond de la boîte. Ce travail doit être exécuté avant la mise en place, à l'intérieur du récipient, de la rondelle isolante, de l'aimant et enfin de la rondelle-diaphragme.

L'aimant et les connexions des bobines sont maintenus par la tête de la vis de chaque borne, que l'on serre sur la boîte, en interposant entre le métal et le pied de la borne une mince rondelle isolante. La périphérie intérieure de la boîte est entourée intérieurement d'un anneau de carton, sur les rebords duquel repose le contour du diaphragme vibrant.

Le couvercle de la boîte est percé d'un vide central de 15 millimètres de diamètre que l'on entoure d'un anneau

de 45 millimètres de diamètre et 7 ou 8 millimètres de haut, collé avec de la seccotine. On enduit toute la surface



Fig. 176. — Poste microphonique complet
(construction de l'auteur).

du métal de vernis noir (peinture laquée ou vernis japonais) après que le couvercle a été serré sur la boîte.

Les deux récepteurs sont agencés de la même manière et suspendus au crochet du commutateur automatique de

chaque poste transmetteur, qui est mis alors à la place qu'il doit occuper. Les deux conducteurs aboutissant aux bobines du récepteur, et dont la réunion forme le cordon souple, sont attachés, ainsi qu'il a été dit, sous des vis à l'intérieur de la boîte du microphone, pour établir la communication voulue avec celui-ci d'une part et la ligne de l'autre (fig. 176).

INSTALLATION DES POSTES TÉLÉPHONIQUES PRIVÉS

Les postes microtéléphoniques ayant été apportés avec leurs accessoires : piles, sonnettes d'appel, etc., chacun dans la pièce où ils doivent être installés, on commence par fixer, au bout du mur de cette chambre, près d'une encoignure ou de la corniche, la sonnerie électrique, puis on dissimule la boîte contenant les éléments dans un emplacement où ils seront peu visibles, par exemple derrière un meuble, et il ne reste plus qu'à réunir ces différents appareils les uns aux autres par des conducteurs.

Les installations de téléphones privés se font, soit avec pile à chaque poste et deux fils de ligne, ou avec pile à un seul poste, mais alors avec trois fils. J'indiquerai ici la manière de procéder en employant la première de ces méthodes (fig. 177).

Pour ne pas risquer de se tromper, dans les attaches de fil, on marque d'une lettre distinctive chacune des bornes des postes. Dans le système de poste dont la construction vient d'être expliquée, la borne de gauche sera marquée d'un C, celle de droite d'un S et la borne centrale d'un L, correspondant, la première au pôle positif (charbon) de la pile du poste, l'autre à l'une des bornes

de la sonnerie d'appel de ce même poste, et la borne centrale à l'un des fils de la ligne. L'autre fil de la ligne, à l'arrivée, rejoindra le pôle négatif (zinc) de la pile du poste et recevra une dérivation se rendant à l'autre borne de la sonnerie d'appel, toujours du même poste. Les

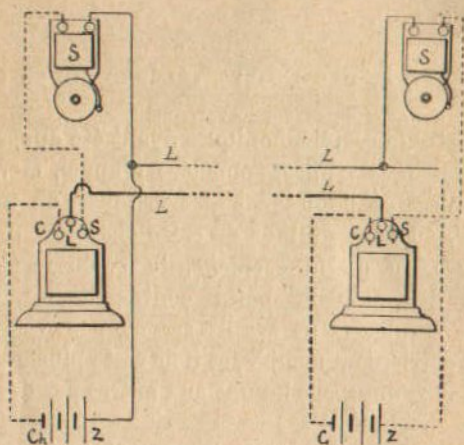


Fig. 177. — Schéma des connexions entre deux postes avec deux fils et piles à chaque poste.

connexions étant opérées pour un poste, on déroule les fils de ligne et on les fixe sur leurs supports. Le meilleur moyen consiste à prendre, pour cette ligne, du câble souple à deux conducteurs de 8 dixièmes et des isolateurs tubulaires en os pour fixer ce conducteur aux murs le long des corniches ; on écarte un peu les deux fils l'un de l'autre et on fait pénétrer l'isolateur entre eux.

Les percements de murs et de cloisons doivent être

effectués avant de commencer la pose des fils. En ces points, les conducteurs seront protégés contre l'humidité et les érailllements par un morceau de tube de caoutchouc ou de carton bitumé, dont on garnira le trou intérieurement. Les isolateurs seront placés à 30 ou 40 centimètres et dans chaque angle ou crochet décrit par le fil. Arrivé à destination, les connexions s'opéreront exactement de la même manière qu'il a été expliqué pour le premier poste, en ayant soin de ne pas intervertir le mode d'attache des fils aux bornes du poste d'arrivée.

Les piles Leclanché sont alors remplies d'une solution concentrée de sel ammoniac et mises en action sur le circuit. On essaie d'abord les sonnettes de chaque poste, puis on s'assure que les communications téléphoniques sont bonnes. Il est souvent nécessaire de régler avec soin, en premier lieu, les trembleurs des sonneries. Une fois celles-ci réglées, on vérifie les postes microphoniques. Si les transmissions ne s'opéraient pas, bien que les sonnettes fonctionnent en appuyant sur le bouton d'appel du poste, on pourrait craindre une erreur dans les connexions intérieures et il serait nécessaire de les revoir avec soin jusqu'à ce qu'on ait découvert le défaut. Enfin, au cas où la voix ne parviendrait pas absolument nette et intelligible, la faute pourrait être attribuée à un contact défectueux ou vicieux, et une visite attentive ne tarderait pas à révéler l'emplacement du point à corriger. Mais si l'on a procédé avec attention dans toute l'exécution du travail, un semblable ennui n'est que peu à redouter, et on obtiendra des communications nettes si les piles sont nouvellement chargées, la ligne posée sans un accident ayant pu mettre les fils en court-circuit ou créant une dérivation par le contact d'une partie dé-

nudée avec la muraille ou une partie conductrice, enfin si la distance séparant les postes n'est pas trop grande.

LES APPAREILS TÉLÉGRAPHIQUES JOUETS

On trouve dans le commerce, notamment au moment des étrennes, des boîtes contenant toute sorte d'appareils électriques de démonstration, entre autres des télégraphes de différents modèles, tels que le Bréguet à cadran et le Morse imprimeur. Le premier de ces appareils n'étant plus en service ne constitue guère qu'une curiosité rétrospective, tandis qu'il n'en est pas de même du Morse qui est toujours en usage et dont il peut être utile de connaître le maniement et les signaux. Ceux-ci, basés sur une combinaison de points et de traits, sont obtenus en envoyant pendant plus ou moins longtemps le courant dans la ligne. Un courant bref correspond à un point, un courant envoyé pendant la durée de trois points est un trait. L'*alphabet Morse* est donc formé d'une combinaison de points et de traits correspondant chacune à une lettre, un chiffre ou un mot déterminé d'avance.

Le transmetteur, pour frapper les points et les traits et expédier les signaux, est un manipulateur à levier (fig. 178) ; le récepteur est un électro-aimant agissant sur un levier soulevant une bande de papier pour l'appliquer contre une roulette imbibée d'encre grasse. Cette roulette, ainsi que le papier, ont leur déplacement déterminé par le jeu d'un mouvement d'horlogerie enfermé entre les platines d'une boîte à flasques de laiton, maintenues en place par des traverses.

La construction d'un manipulateur Morse est assez simple. Cet appareil se compose d'un levier en laiton,

muni d'une poignée en forme de sphéroïde aplati à l'une de ses extrémités, et à l'autre d'une vis le traversant et venant s'appuyer sur un plot inférieur. Ce levier est

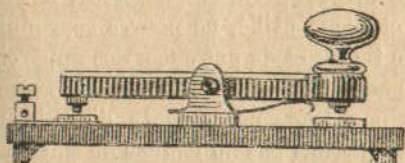


Fig. 178. — Manipulateur Morse.

supporté par un axe transversal, serré entre une pointe fixe et une contrepoinle réglable. Une lame de ressort est appliquée contre la face inférieure du levier de manière

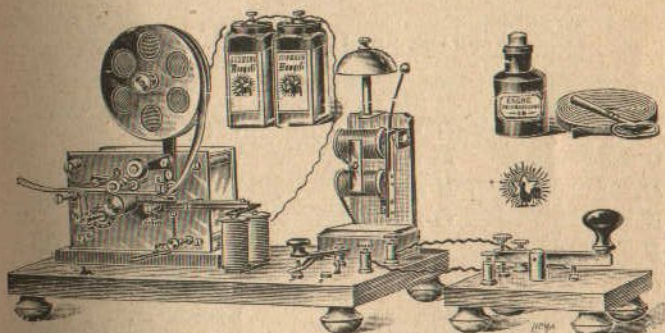


Fig. 179. — Poste télégraphique Morse de démonstration.

à tenir au repos, éloignée d'un plot fixe, la tête de la vis servant d'axe au bouton-poignée. Le socle, en bois verni, porte deux bornes en communication, l'une avec le support du levier, l'autre avec le plot fixe. Al'état ordinaire, le courant venant de la pile ne passe pas; le circuit ne se

trouve fermé qu'en appuyant sur le bouton et en amenant, par cette pression, la tête de la vis au contact du plot.

Le récepteur Morse est beaucoup plus compliqué ; c'est une pièce de mécanique que l'amateur, à moins d'être fort habile et bien outillé, ne pourra reproduire qu'avec beaucoup de temps et de patience. Cet appareil sort donc un peu du cadre que nous nous sommes imposé dans ce livre ; c'est pourquoi, par crainte d'un insuccès final, nous ne conseillerons pas au lecteur de s'atteler à ce long travail de précision. Le prix d'un Morse imprimeur est assez élevé et l'amateur devra se résigner à faire cette acquisition plutôt que de s'essayer à construire cet appareil assez compliqué et sur le mécanisme duquel il nous paraît inutile d'insister ici.

ALPHABET DES SIGNAUX MORSE

A . —	K — . —	U . . —
B — . . .	L . — . .	V . . . —
C — . — .	M — —	W . — —
D — . .	N — .	X — . . —
E .	O — — —	Y — . — —
F . . — .	P . — — .	Z — — . .
G — — .	Q — — . —	Fin . — . — .
H	R . — .	Erreur
I . .	S . . .	Appel — . — . — . —
J . — — —	T —	Attente . — . . .

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

On sait qu'on désigne sous ce nom un procédé nouveau d'intercommunication et d'échange de signaux Morse, entre deux postes que ne réunit aucun conducteur, basé

sur l'ébranlement intermoléculaire résultant d'un choc ou d'un rayonnement particulier émis par un appareil électrique pouvant fournir des décharges de tensions très élevées et donner ce que l'on appelle des *ondes électriques hertziennes*.

La télégraphie sans fil est plus que jamais à l'ordre du jour parmi les amateurs, et tout le monde veut avoir une antenne et un récepteur. Cet engouement ne saurait surprendre, étant donnés les merveilleux résultats qu'il est possible d'obtenir avec une installation simple et relativement peu coûteuse et les perfectionnements résultant d'une expérience déjà longue et mûrie par cinq années de guerre où la T. S. F. a dû faire des miracles.

Dans la très intéressante publication mensuelle, *T. S. F.* publiée par M. G. Flayelle, M. l'abbé Tauleigne a écrit ce qui suit :

« Quand l'amateur a réussi à entendre pour la première fois le léger tambour du poste de la Tour Eiffel, ou la petite flûte de Norddeich, ou le lointain clairon de Poldhu, tout d'abord il ne va pas plus loin. Pendant quelques jours il se contente d'écouter les notes diverses qui lui viennent de si loin à travers l'espace et par dessus tous les obstacles. Pourtant il se dit que ces petits bruits cadencés contiennent des lettres, des mots et de phrases. Ces phrases, il voudrait les comprendre, alors il se met à étudier l'alphabet Morse. Assez vite il arrive à déchiffrer les bulletins météorologiques qui sont transmis lentement. Mais le plus souvent tout s'arrête là. La transmission rapide est pour lui le fossé infranchissable. Pendant qu'il prête attention à un signal, un autre vient et le déroute. C'est la contention d'esprit, la fatigue et très vite le découragement.

« C'est alors qu'invariablement il se tourne vers la seule planche de salut : l'enregistrement automatique des signaux. D'abord un puissant intérêt s'attacherait pour lui à s'entendre appeler par une sonnerie comme au téléphone, à voir travailler un récepteur Morse, à montrer quelque chose de plus tangible et de plus vivant que

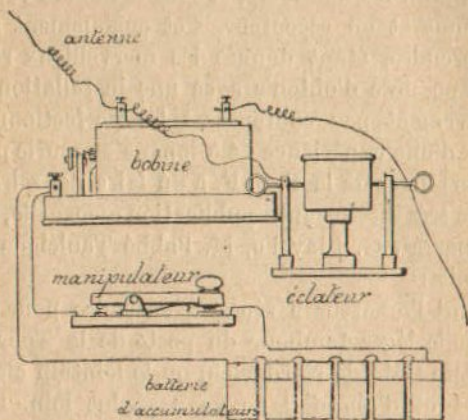


Fig. 180. — Ensemble d'un poste de transmission de T. S. F.

ce qui se perçoit dans un écouteur téléphonique. Mais, en outre, il rêve de la petite bande sur laquelle se fixeraient, sans pouvoir plus s'échapper, les signaux fugitifs qu'il n'a pas pu saisir au passage. »

Mais, avant d'en arriver là, il faut déjà s'être livré à un certain apprentissage pour lire les signaux Morse *au son*, d'abord à une cadence très lente, puis de plus en plus rapide. Voilà pour la réception, car il est plus rare que l'on ait à envoyer soi-même des signaux hertziens. Cependant,

dans le but de ne laisser aucun point dans l'obscurité, nous rappellerons rapidement quelle est l'organisation et de quels instruments se compose l'outillage d'un poste transmetteur de radiotélégraphie (fig. 180).

L'ébranlement de l'éther, dit *onde hertzienn*e, résulte de l'effet produit par une décharge *oscillante* à haute tension,

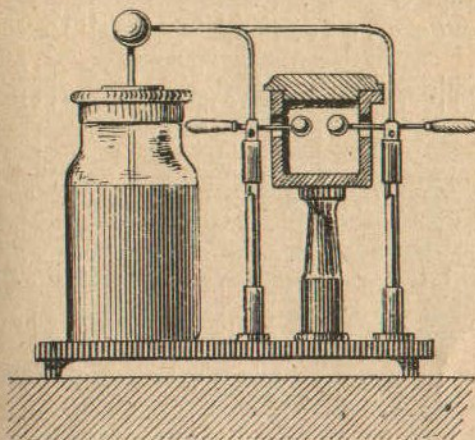


Fig. 181. — Eclateur.

décharge qui peut être reproduite à volonté et à des intervalles aussi rapprochés qu'on le désire, grâce à un appareillage particulier, composé des organes suivants :

1^o Une source d'électricité qui, pour les postes de démonstration, se compose d'une batterie d'accumulateurs, et pour les postes plus importants d'une dynamo ou d'un alternateur.

2^o Un *transformateur* ayant pour but d'élever considérablement la tension du courant fourni par la source

primaire. Dans le cas d'un poste de démonstration à faible portée, on se contente d'une bobine de Ruhmkorff pouvant donner au moins 25 centimètres d'étincelle. L'obligation d'augmenter la portée des ondes a conduit à abandonner la bobine d'induction et à adopter des alternateurs particuliers dans les grandes stations de radiotélégraphie.

3° Un oscillateur, dit aussi éclateur (fig. 181), constitué

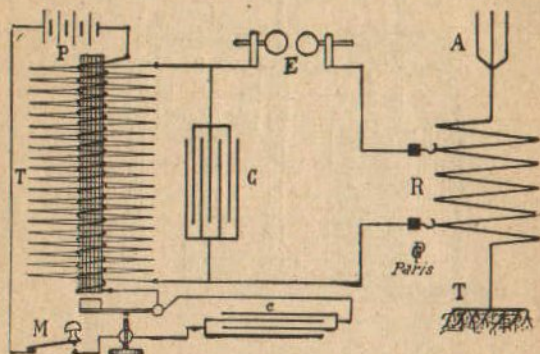


Fig. 183.— Schéma du montage d'un poste d'émission de T. S. F.

par deux boules métalliques maintenues par des supports isolants à une certaine distance l'une de l'autre, distance réglable à volonté à l'aide d'un bouton moleté.

4° Un condensateur destiné à augmenter la capacité électrique du circuit oscillant. Dans notre figure 183, ce condensateur, relié par des tiges métalliques à l'éclateur, est formé d'une bouteille de Leyde ordinaire. Dans les grandes installations, on se sert de condensateurs spéciaux de grande surface, à isolement par l'air, dont

les *tubes Mosciki* sont des modèles remarquablement puissants sous un petit volume.

5^e Un *résonateur*, ou bobine de self-induction, en rapport avec une prise de terre d'une part et l'antenne d'autre part.

6^e Un *manipulateur* ou interrupteur permettant d'envoyer ou d'interrompre le passage du courant primaire, et de former les *trains d'ondes* constituant les signaux dans ce moyen d'intercommunication.

7^e Une *antenne*, long fil de cuivre isolé recouvert de soie que l'on suspend dans l'air à une construction quelconque devant le soutenir et dont ce fil est soigneusement isolé. Dans les postes de grande portée, le fil n'est pas unique, mais formé d'un plus ou moins grand nombre de conducteurs accouplés et dont les efforts s'ajoutent les uns aux autres. L'antenne constitue l'organe essentiel d'un poste d'émission de signaux ; elle est également utile pour la réception, les fils la composant étant additionnés en nappe horizontale, verticale ou oblique ; cependant, dans ce dernier cas, elle n'est pas indispensable, car, même à plus de 100 kilomètres de distance d'un poste puissant tel que la Tour Eiffel, on peut intercepter les ondes au passage avec un balcon, un grillage ou même un clou enfoncé dans un arbre pour remplacer l'antenne.

On admet que les ondes électriques se propagent, avec une vitesse de trois cent mille kilomètres par seconde, tout autour de l'antenne d'émission s'irradiant concentriquement autour de cette antenne. La transmission n'est pas entravée par la courbure de la terre, celle-ci étant conductrice ; les ondes s'infléchissent parallèlement à la surface du globe et contournent les obstacles en vertu du phénomène connu sous le nom de *diffraction* en

optique. C'est grâce à cette déviation de la direction de l'onde que la transmission à grande distance est rendue possible, mais ce résultat ne peut être atteint qu'à la condition d'augmenter fortement la capacité du système oscillant par l'adjonction de condensateurs. C'est ainsi que l'on peut arriver, dans les stations d'émissions de grande puissance, à pouvoir produire des ondes de plusieurs milliers de mètres par seconde, les oscillations étant proportionnellement beaucoup plus lentes qu'avec des oscillateurs de faible capacité.

CONSTRUCTION DES CONDENSATEURS ÉLECTRIQUES

Le condensateur électrique est désigné sous le nom de *bouteille de Leyde*, depuis la sensationnelle expérience — bien involontaire d'ailleurs — faite à ce sujet par les savants hollandais Musschenbrock et Cunéus en 1784. En principe un condensateur qui permet de retenir les charges d'électricité statique, se compose de deux surfaces métalliques ou *armatures* superposées mais séparées l'une de l'autre par un isolant ou *diélectrique* de faible épaisseur. Quand on veut obtenir des effets puissants, il faut donner la plus grande surface possible à ces armatures et on agence ce que l'on appelle une batterie composée de quatre, six ou huit bouteilles ou *jarres*, et même davantage si c'est nécessaire.

Pour établir un appareil de ce genre, comportant par exemple quatre jarres, on se procure les matériaux suivants :

D'abord quatre flacons à large goulot en verre de Bohême autant que possible ou en verre blanc aussi mincé et d'égale épaisseur que possible, puis des feuilles

d'étain, des feuilles de clinquant ou d'or mussif (bisulfure d'étain), une caisse en bois mince assez grande pour contenir les quatre flacons, enfin un mètre de fil de laiton de 2 à 3 millimètres de diamètre.

On commence par recouvrir extérieurement chaque flacon d'une feuille d'étain jusqu'aux trois quarts de sa hauteur, sans oublier le fond, qui doit être plat et non bombé ou creux ; cette feuille constitue l'armature *externe*. On enfonce ensuite dans l'intérieur, sans les tasser, les feuilles de clinquant formant l'armature *interne*, puis on ferme les bouteilles avec un bouchon à travers lequel on enfonce une tige de laiton de 20 centimètres de long qui doit venir au contact des feuilles métalliques intérieures. On peut visser une petite sphère sur l'extrémité de cette tige que l'on contourne en forme de crochet et on termine en trempant le goulot et le bouchon dans de la cire à bouteilles bouillante, puis, ce scellement refroidi, en passant une couche de vernis gomme-laque léger sur la surface restant libre du verre.

La caisse est préparée ensuite ; on lui ajoute, si elle n'en possède pas, deux poignées sur les côtés pour faciliter sa manutention, on la vernit extérieurement et on la tapisse intérieurement de papier d'étain semblable à celui qui recouvre les parois des bouteilles, de façon à ce que toutes les armatures externes soient en communication. On établit de même la liaison entre toutes les armatures internes en reliant les tiges à crochet ensemble avec un fil métallique constituant comme un cadre entre les quatre tiges. Les jonctions par soudure sont les meilleures.

Si les flacons mesurent 28 centimètres de haut sur 18 de diamètre, la surface de chaque armature externe sera de 14 décimètres carrés, soit 56 décimètres carrés

pour la batterie, ou plus d'un demi-mètre carré, ce qui représente déjà une certaine capacité électrostatique. Cette batterie pourra être chargée soit avec une machine statique à plateau de verre ou à influence (machine Wimshurst) ou à l'aide d'une bobine d'induction. Il ne faudra pas omettre, pendant les expériences, de relier la batterie à la terre par une chaîne métallique souple qui fera communiquer les armatures externes avec le sol.

Au lieu de donner aux condensateurs la forme classique de flacons, on les agence aussi selon un autre procédé qui permet de les rendre beaucoup moins encombrants que sous forme de bouteilles de Leyde. On prend donc du verre mince, des plaques photographiques par exemple, aussi minces et homogènes que possible, que l'on enduit sur les deux faces, après les avoir parfaitement nettoyées, d'une couche de vernis gomme-laque très dilué. On laisse sécher, puis on colle, d'un seul côté du verre, une feuille d'étain très mince, comme pour les bouteilles précédemment décrites, feuille qui devra mesurer au moins 10 à 12 millimètres de moins, en largeur et en longueur, que le carreau de verre, sauf pour deux de ceux-ci, le premier et le dernier.

Ayant préparé, ainsi qu'il vient d'être indiqué, le nombre de plaques nécessaires, on les empile les unes sur les autres, la feuille d'étain en dessus, jusqu'à la dernière, de telle manière qu'une feuille métallique se trouve intercalée entre deux surfaces de verre. La première plaque est mise en relation avec la source d'électricité pour la charge et la dernière avec la terre par l'intermédiaire d'une chaînette.

Si l'on fait usage, dans l'agencement de ce condensateur, de plaques 13×18 et qu'on en empile ainsi trente ce qui

ne fait pas un volume de plus d'un décimètre cube, on n'en dispose pas moins d'une surface de plus d'un demi-mètre carré d'armature, ce qui montre la réduction d'encombrement réalisée par cette disposition.

LA RÉCEPTION DES ONDES ÉLECTRIQUES POUR LA T. S. F.

Les trains d'ondes émanant d'un poste d'émission qui rencontrent des antennes sur leur trajet y induisent des oscillations électriques de haute fréquence que des révélateurs particuliers permettent de déceler. On donne à ces appareils le noms de *cohéreurs* ou *détecteurs*.

Les cohéreurs à limailles métalliques dérivent des premiers essais du professeur Branly en 1890. Un contact imparfait (comme dans un microphone) formé d'une colonne de limaille est établi entre deux corps bons conducteurs, et il ne laisse pas passer le courant émis par un élément de pile. Le passage d'une onde diminue sensiblement la résistance de ce contact imparfait, si bien que le courant de la pile peut alors passer librement. La colonne de limaille est renfermée dans une ampoule tubulaire de cristal où le vide a été opéré et elle est maintenue entre deux petits pistons reliés aux pôles de la pile. Ces appareils présentent un inconvénient ; le contact imparfait ne revient pas à sa résistance primitive dès que les trains d'ondes ont cessé d'agir sur l'antenne réceptrice, et on est dans l'obligation d'intercaler dans le circuit du cohéreur un relais fermant un circuit spécial qui actionne un organe frappeur. Le choc du marteau sur le tube *décohère* la limaille qu'il contient et ramène les grains métalliques à leur état primitif, prêts à être de nouveau impressionnés.

Le *trépied* de Branly est également basé sur le phénomène du contact imparfait de trois aiguilles s'appuyant sur une surface plane.

Le détecteur magnétique de Marconi met à profit un phénomène physique complètement différent. Rutherford, puis lord Rayleigh ayant remarqué et signalé la propriété des oscillations électriques de diminuer au moment de leur passage l'intensité magnétique d'un barreau aimanté, Marconi a utilisé ce phénomène pour édifier un récepteur très sensible. On conçoit en effet que, si un noyau magnétique est recouvert d'un circuit inducteur en communication avec la terre d'une part, l'antenne d'une autre, et que si un secondaire enroulé autour de l'inducteur est en relation avec les bobines d'un téléphone, celui-ci décélèra les variations d'induction magnétique du noyau au moment du passage des ondes, par un son plus ou moins prolongé selon la durée du train d'ondes lancée par le poste transmetteur.

Le *détecteur électrolytique* du commandant Ferrié est une application ingénieuse de l'interrupteur Wehnelt que nous avons décrit page 148. Une pointe fine de platine, de 1 à 2 centièmes de millimètre de diamètre, soudée dans un tube de verre au ras duquel on l'a coupée à l'extérieur, plonge dans de l'eau acidulée contenue dans un petit bocal de verre. Cette électrode dite à la *Wollaston* et qui constitue l'*anode* aboutit à une borne de prise de courant fixée sur le bouchon en ébonite du flacon; elle forme le pôle positif. L'autre électrode, ou *cathode*, faite d'un fil de plomb roulé en spirale autour de la première, aboutit à l'autre borne et constitue le pôle négatif du détecteur.

Détecteurs à cristaux. — Le capitaine Brenot a étudié

et réalisé des détecteurs analogues au type créé par Pikard et basé sur le contact imparfait de deux cristaux dissemblables. L'ingéniosité des constructeurs et des amateurs s'est par suite donné libre carrière pour combiner des détecteurs de ce genre fournissant des résultats très supérieurs à ceux des détecteurs électrolytiques qui exigent la présence d'une pile. Le détecteur à cristal

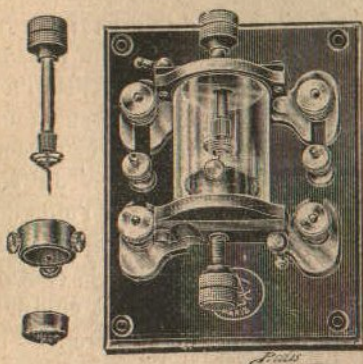


Fig. 184. — Détecteur à cristal avec ses pièces de rechange.

minéralogique peut être considéré comme un électrolytique dont la force électromotrice auxiliaire a pour cause un phénomène de polarisation et se trouve au point de contact même, ce qui explique sa grande sensibilité.

Il existe des détecteurs à contact de métal sur cristal fournissant de très bons résultats, mais il faut amener la pointe métallique ou *chercheur* sur la partie la plus sensible du cristal et assurer ensuite, ce qui n'est pas toujours des plus facile, sa stabilité parfaite. Les modèles sont assez variés : les uns sont à simple contact, d'autres

à double ou triple contact ou même à contacts simultanés.

Une cupule pouvant pivoter sur un axe contient le cristal et constitue la pastille détectrice ; la double manœuvre de la cupule et du levier donne le moyen d'explorer très

rapidement toute la surface du cristal. Pour trouver un point sensible, on promène au hasard le chercheur sur toute l'étendue du cristal en déplaçant le levier ou faisant tourner la cuvette, jusqu'au moment où le récepteur fournit un son très net et caractéristique. La puissance du son perçu est réglée à l'aide de la vis moletée qui appuie plus ou moins fort sur le cristal.

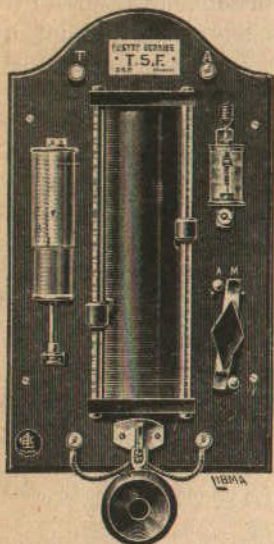


Fig. 185. — Poste de réception avec bobine d'accord (modèle Péricaud).

Il faut choisir des cristaux de différente nature selon qu'on veut recevoir des signaux provenant de postes plus ou moins éloignés et donnant ou non des étincelles musicales.

Pour les usages ordinaires, on lit les signaux *au son*,

c'est-à-dire que l'on traduit en lettres ou en chiffres les sons brefs ou prolongés perçus dans un écouteur téléphonique relié à un détecteur électrolytique ou à cristaux et intercalé dans le circuit oscillant. Ces écouteurs sont d'un type spécial de très grande résistance, les détecteurs nécessitant une résistance de plus de 2.000 ohms, et ils sont fixés aux deux extrémités d'un arceau flexible muni

de pattes à coulisse et de rotules pour pouvoir s'ajuster sur toutes les têtes. On a donc, avec cette espèce de casque, les deux mains libres pendant la réception.

MONTAGE D'UN POSTE RÉCEPTEUR

Un poste récepteur étant l'inverse d'un poste d'émission et agissant par réversibilité, on conçoit que pour utiliser les ondes avec leur maximum d'énergie, il faut adopter comme montage un procédé identique à celui employé au poste d'émission. On peut donc adopter soit le montage en direct, l'antenne en relation avec le téléphone, soit le montage en induction (ou de Tesla), ou en dérivation (en Oudin).

Pour recevoir dans un rayon de 150 kilomètres les ondes émises par le poste de la Tour Eiffel, le poste récepteur peut être réduit à un détecteur électrolytique ou à cristaux, avec ou sans condensateur fixe, un téléphone de 2.000 ohms de résistance, et un interrupteur. Telle est la disposition la plus simple qui puisse être donnée à un appareil d'amateur. L'antenne peut être soit un fil isolé, soit un balcon, soit un grillage de quelques mètres carrés de surface, voire même un sommier métallique, ce qui montre bien la vanité de toute réglementation ayant pour but d'empêcher des particuliers d'installer des postes de réception. Quand au rôle du condensateur, il varie selon la position qui lui est donnée dans le circuit. S'il est en dérivation sur le détecteur, grâce à sa propriété de se laisser traverser par les courants alternatifs et d'opposer un obstacle infranchissable aux courants continus, il s'opposera, en diminuant la résistance du détecteur, à l'amortissement des oscillations et la réception sera

plus claire. Placé dans le circuit antenne-terre, il réduira la longueur propre de l'antenne réceptrice au fur et mesure que diminuera sa capacité.

Quand on ne possède qu'une antenne de longueur réduite, il faut ajouter à cette antenne une certaine longueur de fil conducteur afin d'établir la résonance. Ce fil

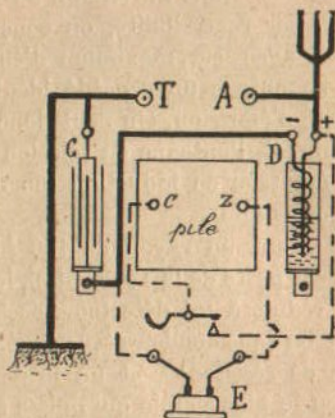


Fig. 186. — Montage d'un poste récepteur.

est roulé sur une bobine et un curseur permet d'en intercaler une plus ou moins grande longueur dans le circuit fig. 185 et 186. C'est ce que l'on appelle une bobine de self ou d'accord, la sélection s'opérant par induction. Avec deux curseurs, on peut réaliser le montage dit *en Oudin*, le circuit secondaire est sectionné en plusieurs fractions que l'on met à volonté en circuit à l'aide d'un second curseur.

Pour recevoir des signaux émanant de postes très

éloignés, la bobine d'accord est indispensable, et elle peut être montée en Oudin ou en Tesla ; elle est complétée par un condensateur variable à lames d'air permettant une très bonne syntonie et la réception d'ondes de longueur comprise entre 200 et 4.000 mètres. Il existe de nombreux modèles basées sur ces principes très rationnels, et il convient de citer avec éloges ceux étudiés et construits par MM. Péricaud, Ducretet et Roger, entre autres.

LES COURANTS DE HAUTE FRÉQUENCE

Les condensateurs électriques, dont nous avons parlé au cours du présent chapitre, permettent de réaliser diverses expériences des plus curieuses, et en premier lieu celles des courants de haute tension et de haute fréquence prenant naissance lorsque la décharge est *oscillante*, condition essentielle pour la production des ondes hertziennes et des signaux de télégraphie sans fil.

Les condensateurs ou *bouteilles de Leyde* ne sont pas difficiles à préparer. La seule condition à remplir est de prendre des flacons en verre aussi mince que possible (verre de Bohême). On les remplit à moitié de feuilles de clinquant ou d'or mussif (bisulfure d'étain), tandis que leur surface extérieure est revêtue, jusqu'aux deux tiers de la hauteur de la bouteille, d'une feuille d'étain. Le goulot est fermé par un bouchon et trempé dans la cire bouillante, puis traversé par une tige de laiton venant au contact du clinquant intérieur, tandis qu'à l'extérieur cette tige se recourbe en un crochet terminé par un bouton. On voit que cet agencement n'est pas très difficile à reproduire.

Lorsqu'on fait passer les décharges d'un appareil de

haute tension (bobine de Ruhmkorff), muni de condensateurs, par un conducteur n'ayant qu'une très faible résistance, disposé de manière à faciliter les effets de self-induction, on constate que des courants alternatifs de très grande fréquence prennent naissance dans ces conducteurs. Le phénomène le plus remarquable présenté par ces courants est leur absolue innocuité sur le système nerveux, et on en donne l'explication suivante, c'est que les nerfs, dont l'excitabilité est limitée à un nombre déterminé de vibrations, ne peuvent plus être influencés lorsque ce nombre est considérablement dépassé, comme c'est alors le cas.

La tension déjà très élevée de ces courants peut encore être augmentée dans de très grandes proportions par l'induction produite par un second solénoïde, lequel peut être constitué par un fil fin entourant le premier, le tout plongeant dans un bain d'huile lourde ayant pour but d'assurer l'isolement, suivant le dispositif imaginé par Tesla et devenu classique. Ce solénoïde peut être également constitué par un fil de fort diamètre et former une sorte de prolongement de fil primaire. Tel est le principe du « résonateur » du docteur Oudin. Dans ce dernier cas, il est nécessaire de pouvoir *accorder* ce solénoïde en prenant, pour le passage de ces courants, une longueur déterminée du fil, qui varie suivant la longueur d'étincelle à l'éclateur, longueur qui, elle-même, dépend du voltage et de l'ampérage de la source électrique alimentant le circuit primaire de la bobine de Ruhmkorff fournissant le courant aux condensateurs.

On connaît les expériences fort curieuses que l'on peut répéter à l'aide des courants de haute tension et de grande fréquence, d'abord en se servant du solénoïde transfor-

mateur de M. d'Arsonval. On constate que, si l'on place les extrémités des conducteurs d'une lampe à incandescence, à filament fin, en carbone et non en métal, de manière à prendre sur le solénoïde de gros fil une dérivation de quelques spires seulement, on voit cette lampe s'allumer et son filament porté au blanc éblouissant. De même, si deux personnes, tenant entre elles les rhéophores de cette lampe, placent la main restant libre et munie d'une tige métallique sur un nombre très restreint de spires, l'allumage se produit. Le courant traverse donc, dans ce cas, le corps des deux expérimentateurs qui ne ressentent cependant pas la plus légère commotion.

Il est également possible d'établir un gros solénoïde de fort diamètre et quelques spires seulement, dont les extrémités communiquent avec une lampe à incandescence. En introduisant le solénoïde dans le vide central, il se produit, si le fil est convenablement choisi comme longueur et comme grosseur, une induction suffisante pour porter le filament de charbon à l'incandescence. Ces expériences et bien d'autres du même genre peuvent être répétées au moyen des appareils que l'on trouve aujourd'hui chez les constructeurs d'instruments de physique.

En ce qui concerne l'appareil du docteur Oudin, il est à remarquer que le corps même du résonateur se compose d'un grand solénoïde dont une fraction seulement est parcourue par les courants oscillants, circulant d'une armature d'un condensateur à l'autre. Le reste des spires ne sert qu'à accroître la résonance par l'effet d'induction qu'elles exercent les unes sur les autres, grâce à la puissante self déterminée dans la partie fermée du circuit des condensateurs, et qui est telle que la tension atteint

un chiffre très élevé et se traduit par de belles aigrettes violettes en même temps qu'une odeur prononcée d'ozone indique un dégagement abondant de ce gaz.

Dans le but de réaliser un appareil permettant de répéter à volonté les expériences classiques de M. d'Ar-

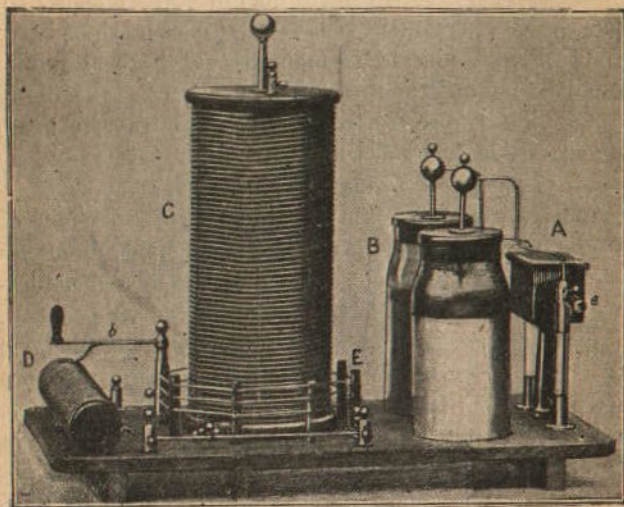


Fig. 187. — Appareil de haute fréquence avec surexcitateur Gourier.

sonval et celles du docteur Oudin, un habile mécanicien-électricien, feu M. J. Gourier, avait imaginé vers 1905 une combinaison très intéressante, grâce à laquelle il doublait le rendement du résonateur sans cependant augmenter dans la même proportion la consommation du courant primaire. Ce résultat était obtenu à l'aide de l'agencement suivant :

Dans l'appareil Gourier (fig. 187), les courants oscillatoires provenant des armatures externes des condensateurs passent dans un solénoïde d'Arsonval et forment un circuit fermé, avec cette différence que l'extrémité du fil du résonateur qui s'y trouve ajouté est simplement fixée à la suite. D'autre part, pour accorder l'ensemble, comme le mouvement de rotation autour de l'axe supportant les spires est supprimé, il est remplacé par un curseur à manette pouvant prendre d'une part le nombre de spires nécessaire sur le solénoïde et se greffer d'autre part sur la partie précédente, après avoir accompli deux tours complets autour de la base du résonateur; il est bon de remarquer que ces dernières spires doivent être de *même* sens que celles du résonateur et que leur nombre n'est pas indifférent. Un trop grand nombre de spires ne donne plus rien, alors que trop peu ne donne pas l'effet maximum. Il se passe un fait de double induction qui surexcite le résonateur et augmente fortement le flux d'aigrettes prenant naissance à son extrémité. C'est ce renforcement marqué du flux qui a incité l'inventeur à donner le nom de *surexcitateur* à cette partie de son appareil.

Le réglage s'opère, comme d'ordinaire, par la distance explosive de l'intincelle de décharge à l'éclateur et au moyen du curseur qui n'est, en somme, avec son circuit de surexcitation, qu'une dérivation prise dans le circuit des armatures externes des condensateurs. Il découle de ce fait que l'on peut, avec l'appareil Gourier, se servir non seulement du transformateur d'Arsonval et en tirer tous les effets connus, simplement en retirant le surexcitateur du circuit et en mettant la manette du curseur hors contact du solénoïde horizontal. En replaçant cette manette dans sa position primitive, l'appareil est prêt

à servir, soit pour les expériences, soit pour le traitement thérapeutique au moyen du résonateur.

Il faut également remarquer que si l'on dérive, sur une des bornes du circuit induit de la bobine allant aux bornes de l'éclateur, un fil allant à une prise de terre (une conduite d'eau de préférence), le flux d'aigrettes est encore très visiblement renforcé, sinon en longueur, tout au moins en intensité. Il est bon de porter son attention sur ce fait que si l'on veut mettre hors de circuit le surexcitateur, il faut supprimer le fil de terre pour ne pas recevoir de commotions.

FIN

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

CHAPITRE PREMIER

Organisation d'un Atelier d'amateur.

Petits travaux de menuiserie	5
Outils pour le travail du bois et des métaux.....	10
Travail du bois	12
Travail des métaux.....	16
Assemblages (soudure, rivure, vis, boulons, écrous, alésours).....	28
Construction d'un petit bobinoir à main.....	36
Construction d'un tour d'amateur. Taraudage et filetage .	38

CHAPITRE II

Les Piles électriques.

Piles à l'acide azotique	49
— au sulfate de cuivre.....	50
— au bichromate	51
— chlorochromique.....	60
— au sel ammoniac	61
Fabrication des piles sèches	65
Résumé.....	68

CHAPITRE III

Les Accumulateurs.

Accumulateurs genre Planté	74
Accumulateurs à oxydes rapportés	83
Construction d'un coupleur à main	88

CHAPITRE IV

Construction de petits moteurs électro-magnétiques.

Les électro-aimants	94
Construction d'un petit moteur	98
Montage du moteur	104
Connexions.....	112

CHAPITRE V

Construction des dynamos.

Principe de la dynamo	117
Construction d'une bobine Siemens	119
— d'un induit en tambour	122
— d'un anneau Gramme et de son collecteur.	125
Les inducteurs	131
Construction d'une magnéto	137
Montage d'une dynamo	138

CHAPITRE VI

Construction des bobines d'induction.

Principe de la bobine d'induction	144
Interrupteur Ruhmkorff	146
Interrupteur électrolytique	147

Construction d'un clapet ou soupape électrolytique	149
— d'un petit appareil d'induction.....	150
— d'une bobine de démonstration	154
— d'une grosse bobine en boîte.....	160

CHAPITRE VII

Construction d'appareils divers.

La lumière électrique	169
Construction d'une lampe à arc	171
Les rhéostats.....	178
Voltamètres	181
Tableaux de distribution	183
Les champs magnétiques tournants	185
Construction d'un petit moteur à champ tournant	190

CHAPITRE VIII

Les Téléphones et les Télégraphes.

Fonctionnement des téléphones.....	193
Construction de deux postes microtéléphoniques	195
Installation des postes téléphoniques privés.....	203
Les appareils télégraphiques jouets.....	206
Alphabet des signaux Morse	208
La télégraphie sans fil	208
Construction des condensateurs électriques	214
Postes récepteurs de T. S. F.	217
Montage d'un poste récepteur.....	221
Les courants de haute fréquence	223

A LA MÊME LIBRAIRIE :

La Magnéto à la portée de tout le Monde

FONCTIONNEMENT, DIVERS TYPÉS, RÉGLAGE, PANNES

Par R. BARDIN, *Ingénieur-Électricien*

Diplômé de l'Ecole supérieure d'Aéronautique

5^e édition revue et augmentée, 1 volume in-8° de 80 pages,
avec 44 figures, 1919 2 fr. 50

Manuel de la Fabrication des Accumulateurs

Par F. GRUNWALD

Première édition française traduite sur la troisième édition allemande
par Paul GRÉGOIRE, Ingénieur

1 vol. in-12 br. avec 94 fig., 1906 5 fr. »

Notions sur les Compteurs Électriques

A L'USAGE DES MONTEURS ÉLECTRICIENS

Par P. LAJUGIE

Conducteur électricien (I. E. T.)

In-16 br., 8 fig., 1914 0 fr. 75

L'ÉLECTRO-AIMANT

(sa construction, ses applications)

ET L'ÉLECTRO-MÉCANIQUE

Par S. THOMPSON

Traduit et adapté de l'anglais par E. BOISTEL

1 fort vol. in-12 br., avec 221 fig., 1895 10 fr. »

Majoration temporaire de 50 % sur les prix ci-dessus.

6

Instruments de Précision pour les Sciences



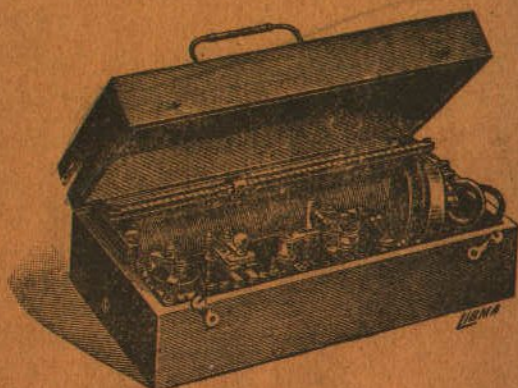
G. PÉRICAUD

CONSTRUCTEUR

85, Boulevard Voltaire, PARIS (XI^e)

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Postes récepteurs complets pour toutes distances



ACCESSOIRES — PIÈCES DÉTACHÉES — FOURNITURES

Manuel pratique de T. S. F.

6^e Édition, 40^e mille. Broch. de 72 pages, 51 grav. et schémas. Prix 1 fr. 75

Théorie de la T. S. F. par Analogies mécaniques

par PAUL DAPSENCE — 3^e Édition, 144 pages, 102 figures. Prix 2 fr. 75

« Envoi Franco contre valeur en timbres poste »

APPAREILS ÉLECTRIQUES

JOUETS SCIENTIFIQUES

DEMANDER LES CATALOGUES ILLUSTRÉS ENVOYÉS FRANCO :

T. 20 = T.S.F. — E. 20 = Electricité dans ses applications

M. 20 = Electricité Médicale — S. 20 = Sonneries et Accessoires

J. 20 = Jouets et appareils scientifiques