

Titre général : L'Électricité à l'exposition de 1902

Auteur : Hospitalier, E.

Titre du volume : L'Électricité à l'Exposition de 1900. 7. Les moteurs électriques et leurs applications

Mots-clés : Exposition internationale (1900 ; Paris) ; Électricité ; Moteurs électriques

Description : 1 vol. (78 p.) ; 32 cm

Adresse : Paris : Vve Ch. Dunod, 1902

Cote de l'exemplaire : 4 XAE 68.7

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?4XAE68.7>



40Xae68 fasc 7-11

# L'Électricité à l'Exposition de 1900

Publiée avec le concours et sous la direction technique de MM.

E. HOSPITALIER

Rédacteur en chef de *l'Industrie électrique*

J.-A. MONTPELLIER

Rédacteur en chef de *l'Électricien*

AVEC LA COLLABORATION

D'INGÉNIEURS ET D'INDUSTRIELS ÉLECTRICIENS

---

7<sup>e</sup> FASCICULE

LES MOTEURS ÉLECTRIQUES ET LEURS APPLICATIONS

PAR

E. HOSPITALIER

---

PARIS

4<sup>e</sup> Rée 21,

31 X<sup>e</sup> 1902.

V<sup>ve</sup> CH. DUNOD, ÉDITEUR

49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 49

TÉLÉPHONE 147-82

---

1902



# L'ÉLECTRICITÉ

A

## L'EXPOSITION DE 1900

---

### SEPTIÈME PARTIE

#### LES MOTEURS ÉLECTRIQUES ET LEURS APPLICATIONS

---

Ce fascicule se divise tout naturellement en deux parties : la première consacrée aux *moteurs* eux-mêmes, l'autre aux principales *applications* qu'ils reçoivent, en dehors de la *locomotion*, à laquelle un fascicule spécial est consacré, et des *applications diverses* qui font l'objet d'un autre fascicule.

1

#### MOTEURS ÉLECTRIQUES

Les moteurs électriques peuvent se diviser en deux groupes, suivant la nature du courant qui les alimente : A. *Moteurs à courants continus*; — B. *Moteurs à courants alternatifs*.

##### A. — MOTEURS A COURANT CONTINU

Les moteurs à courant continu actuellement employés dans l'industrie sont tous ou peuvent tous être considérés comme des dynamos reversibles. Les moteurs non reversibles, tels que ceux fondés sur les attractions d'une palette de fer doux par un électro-aimant, ont aujourd'hui complètement disparu, sauf dans quelques goniets. Il en est de même des moteurs à bobines en double **T** de Siemens. On construit aujourd'hui, sur le principe de l'induit en anneau ou en tambour, des moteurs dont la puissance varie entre moins de 1 watt (servo-moteur des enregistreurs de M. Jules Richard) jusqu'à 1 000 kw, et même davantage, si les applications rendaient cette construction nécessaire.

**Dispositions générales.** — Les moteurs électriques à courant continu sont identiques comme principes, conditions de construction et conditions de fonctionnement aux dynamos à courant continu. Ils n'en diffèrent, dans certains cas, que par leurs proportions et les dispositions spéciales qui leur sont données, en vue d'applications particulières, telles que les tramways et les automobiles, par exemple, et l'emploi presque exclusif de balais en charbon.

**Porte-balais.** — Les moteurs électriques ne sont plus établis aujourd'hui qu'avec des balais en charbon qui donnent moins d'étincelles au démarrage et permettent la rotation dans les deux sens. Les porte-balais sont établis en aluminium, et leur pression réglable par un ressort. Les charbons sont cuivrés à la base pour augmenter leur conductivité et faire un bon contact avec le porte-balais. Les dispositions de ces porte-balais sont nettement mises en évidence dans la figure 1, qui représente le type léger des porte-balais de la SOCIÉTÉ GRAMME. Des dispositions analogues sont employées par les différents constructeurs.

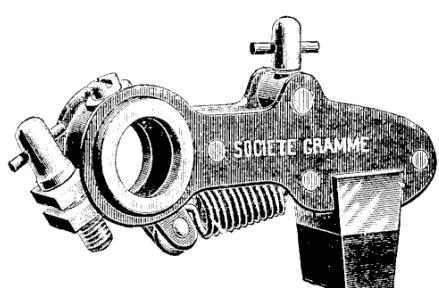


Fig. 1. — Porte-balai pour balais en charbon.  
Type de la Société Gramme.

Les moteurs électriques sont généralement alimentés par des générateurs à potentiel constant. Leurs propriétés dépendent alors de leur mode d'excitation.

#### EXCITATION DES MOTEURS À COURANT CONTINU

Suivant la nature des applications, les moteurs reçoivent une excitation shunt, série ou compound, dont les propriétés sont rapidement résumées ci-dessous :

**Excitation shunt ou en dérivation.** — Cette excitation est la plus employée pour actionner des arbres de transmission et autres opérateurs à charge à peu près constante. Avec cette excitation, les moteurs tournent à vitesse sensiblement constante, quelle que soit la grandeur de la charge. Dans des machines de dimensions ordinaires, la vitesse ne diminue que de 4 ou 5 pour 100 lorsque la charge varie de zéro à sa pleine charge. Dans les moteurs de très grandes dimensions, la régulation est même plus parfaite, tandis que, dans de très petits moteurs, la réduction de la vitesse est plus grande. L'enroulement en dérivation présente aussi l'avantage d'une plus grande simplicité des connexions du système de réglage que les autres enroulements.

**Excitation série.** — Les moteurs avec enroulement en série sont d'un emploi général pour de lourds travaux dans lesquels il faut pouvoir renverser le sens de rotation, et ils sont particulièrement utilisés pour actionner des grues, treuils, laminoirs, etc. Le couple et la vitesse du moteur varient avec la charge. Pour les dimensions ordinaires, les vitesses des moteurs avec enroulement en série sont à peu près les mêmes que pour ceux excités en dérivation lorsque ceux-ci marchent à demi-charge. A quart de charge, les moteurs en série marcheront à une vitesse supérieure de 40 pour 100 à celle des moteurs en dérivation, et à pleine charge la vitesse sera réduite à 30 pour 100 au-dessous de celle des moteurs en dérivation.

Tous les moteurs de traction, chemins de fer, tramways et automobiles sont excités en série.

Plus la charge augmente, plus le champ magnétique est renforcé, et par conséquent le moteur sera dans les meilleures conditions pour supporter de fortes charges, et comme la vitesse du moteur décroît lorsque la charge augmente, ces moteurs sont caractérisés par une tendance à empêcher la charge de s'écartez de sa valeur normale. Par exemple, si un moteur en série marche à pleine charge et reçoit une surcharge, la vitesse tombera et par conséquent la puissance du moteur n'augmentera pas même approximativement dans la même proportion qu'elle s'accroîtrait avec un moteur en dérivation. Les désavantages de l'emploi de moteurs avec enroulement en série proviennent du fait que leur vitesse varie avec la charge; et même, lorsque la charge est constante, la valeur exacte de la charge doit être déterminée d'avance, ou il est impossible d'indiquer exactement la vitesse du moteur. En dehors de cette tendance caractéristique à se protéger automatiquement contre des surcharges, les moteurs en série possèdent

l'avantage que l'accroissement de l'intensité du champ magnétique, en raison directe de la charge, leur assure un fonctionnement sans étincelles, même pour des surcharges considérables.

**Excitation compound.** — Cet enroulement résulte d'une combinaison des types en dérivation et en série, et combine dans une grande mesure les avantages des deux. L'enroulement en dérivation des inducteurs empêche le moteur d'acquérir une vitesse trop élevée lorsque la charge est enlevée, et l'enroulement en série des inducteurs donne au moteur un plus grand couple de démarrage pour la mise en marche. Les spires de l'inducteur enroulées en série aident aussi le moteur à supporter des charges considérables et empêchent les crachements aux balais pour de grandes surcharges.

Les moteurs à enroulement mixte sont d'un emploi général lorsqu'un moteur unique est installé pour actionner une machine individuelle, telle qu'une presse d'imprimerie, ou toute autre machine dans laquelle la charge varie. L'avantage d'un moteur à enroulement mixte consiste en ce que les spires en dérivation de l'inducteur maintiennent la vitesse du moteur suffisamment constante, tandis que les spires en série de l'inducteur augmentent le couple moteur et réduisent l'augmentation subite du courant qui aurait lieu autrement, par exemple lorsqu'un emporte-pièce passe avec un grand effort à travers une matière résistante.

Les moteurs à enroulement mixte sont aussi très utiles pour actionner des machines-outils ordinaires qu'il faut pouvoir mettre en marche, arrêter et renverser de sens : l'enroulement série réduit la consommation d'énergie pendant les périodes de démarrage et de renversement.

*Proportions de l'excitation compound.* — Suivant l'importance relative des deux enroulements d'excitation, série et dérivation, on peut modifier les propriétés des moteurs à courant continu au point de vue des variations du couple moteur et de la vitesse en fonction de la charge.

La *Western Electric Co.*, de Chicago, emploie deux types réguliers d'enroulement mixte de l'inducteur. Dans l'un des types les spires en série ne forment qu'une petite partie de l'ensemble de l'excitation; ce type est particulièrement propre à actionner des machines-outils et à d'autres travaux légers, comme la vitesse ne varie que de 15 pour 100 environ en passant de la marche à vide à pleine charge, et comme, en général, il y a toujours quelque charge lorsque le moteur est en marche, la vitesse variera en moyenne de moins de 10 pour 100. Cette variation est généralement acceptable en considération des autres avantages atteints par le double enroulement. Cet enroulement mixte régulier est désigné sous le nom de *mixte au quart*.

Un autre enroulement mixte régulier, désigné sous le nom de *mixte à moitié*, et l'excitation série forment à peu près 30 pour 100 de l'ensemble des spires. La vitesse de ces moteurs est réduite de 40 pour 100 environ en passant de la marche à vide à la marche à pleine charge. Cette proportion convient particulièrement pour actionner des machines dont le mouvement doit être renversé, ou des machines dont la charge reste à peu près constante, ou lorsque la vitesse du moteur est réglée par un combinateur.

#### PRINCIPAUX TYPES DE MOTEURS A COURANT CONTINU

**Moteurs de faible puissance.** — Nous signalons, à titre d'exemple, un moteur type mural de 2 ampères 110 volts avec flexible petit modèle pour médecins, dentistes ou chirurgiens exposé par la *Société Gramme* (fig. 2). Ce moteur peut être posé sur une table ou accroché à un mur; il peut être muni d'une fraise, d'une scie ou d'un petit outil quelconque, et permet d'effectuer les opérations chirurgicales, la souplesse du flexible laissant toute liberté à

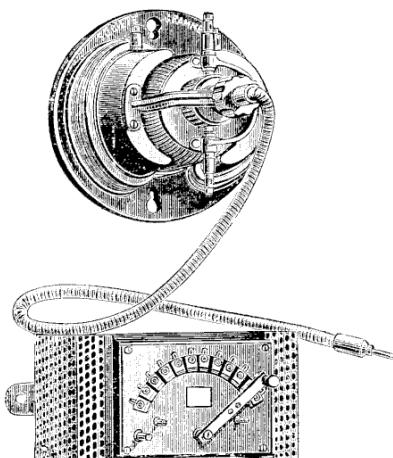


FIG. 2. — Moteur Gramme,  
type mural avec flexible.

la main de l'opérateur; il peut également être employé à actionner de petites machines ou être muni d'ailettes et servir de ventilateur.

**MOTEURS DE M. CUÉNOD, DE GENÈVE.** — Ces petits moteurs, qui peuvent également fonctionner comme dynamos, sont à anneau Gramme et bobine d'excitation unique, balais en charbon; grainage automatique à bagues; pièces interchangeables.

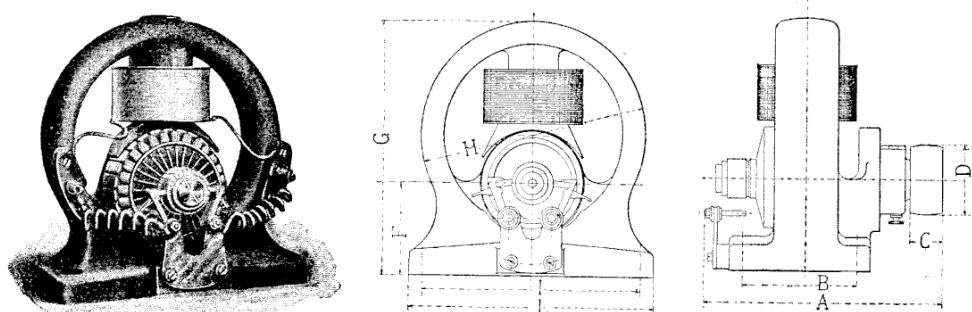


FIG. 3. — Petits moteurs à courant continu, de M. H. Cuénod, de Genève.

La figure 3 montre les dispositions de ces moteurs, et le tableau ci-dessous en résume les principales conditions de fonctionnement ainsi que les dimensions :

| TYPE           | TENSION<br>normale<br>EN VOLTS | PUISSEANCE<br>EN WATTS<br>comme Moteurs | PUISSEANCE<br>absorbée<br>EN WATTS | VITESSE<br>angulaire<br>EN TOURS<br>par minute | POIDS<br>EN KG | DIMENSIONS EN CM |      |                   |     |      |      |      |      |    |    |
|----------------|--------------------------------|---|------------------------------------|--|----------------|------------------|------|-------------------|-----|------|------|------|------|----|----|
|                |                                |   |                                    |  |                | A                | B    | C                 | D   | E    | F    | G    | H    | I  | J  |
| C <sup>1</sup> | 110-220                        | 38                                      | 75                                 | 2400   | 9              | 19,5             | 8    | poulie à 2 gorges | 11  | 7    | 19,3 | 17,4 | 45   | 48 |    |
| C <sup>2</sup> | 110-220                        | 75                                      | 150                                | 2100   | 13             | 19,5             | 9    | poulie à 2 gorges | 12  | 8    | 22,3 | 21,0 | 48   | 21 |    |
| C <sup>3</sup> | 110-500                        | 150                                     | 300                                | 1800   | 22             | 23               | 10,5 | poulie à 3 gorges | 14  | 9    | 26   | 25,0 | 22   | 26 |    |
| C <sup>4</sup> | 110-500                        | 375                                     | 600                                | 1650   | 37             | 29               | 13,5 | 3                 | 8,2 | 17,5 | 11   | 30,8 | 29,3 | 26 | 30 |

**MOTEURS LECOCQ ET C<sup>ie</sup>, DE GENÈVE.** — Ces moteurs, dont la puissance varie entre 40 et 4500 watts, sont à enroulement en anneau, excités en série ou en dérivation et établis pour 110 volts. Longs paliers et balais en charbon. Le tableau ci-dessous résume leurs principales conditions de construction et de fonctionnement.

| N° | PUISSEANCE<br>en<br>WATTS | POIDS<br>en Kg | DIMENSIONS EN CM |         |         |                  | RENDEMENT<br>INDUSTRIEL<br>en pour 100 | POULIE     |               | VITESSE<br>angulaire<br>EN TOURS<br>par minute |
|----|---------------------------|----------------|------------------|---------|---------|------------------|--|------------|---------------|--|
|    |                           |                | LONGUEUR         | LARGEUR | HAUTEUR | HAUTEUR<br>d'axe |  | DIA. en mm | LARGEUR en mm |  |
| 4  | 40                        | 6              | 19,5             | 10,5    | 14,0    | 7,3              | 60                                     | 35         | (Gorge)       | 2800   |
| 2  | 80                        | 9              | 21,5             | 15,0    | 14,5    | 7,5              | 63                                     | 40         | »             | 2500   |
| 3  | 150                       | 17             | 27,0             | 17,0    | 18,0    | 9,7              | 65                                     | 50         | 30            | 2100   |
| 4  | 250                       | 32             | 33,5             | 21,0    | 22,0    | 11,5             | 73                                     | 60         | 40            | 1800   |
| 5  | 500                       | 35             | 38,5             | 28,0    | 26,5    | 14,0             | 77                                     | 80         | 30            | 1500   |
| 6  | 750                       | 75             | 46,5             | 33,0    | 31,5    | 16,5             | 80                                     | 100        | 60            | 1300   |
| 7  | 1500                      | 140            | 50,0             | 43,0    | 35,5    | 18,0             | 83                                     | 120        | 80            | 1100   |

**Moteurs à induit en anneau.** — Ce type, à peu près abandonné aujourd'hui, était cependant présenté par la SOCIÉTÉ GRAMME, qui le construit depuis un grand nombre d'années, avec balais métalliques. La collection de ces moteurs comprend 14 types variant de puissance entre 100 watts et 35 000 watts. Ces moteurs (fig. 3) comportent des balais métalliques lorsque la rotation est toujours de même sens, et des balais en charbon, lorsqu'ils doivent pouvoir tourner dans les deux sens. Ils sont, d'ailleurs identiques, comme construction, aux dynamos Gramme de même puissance.

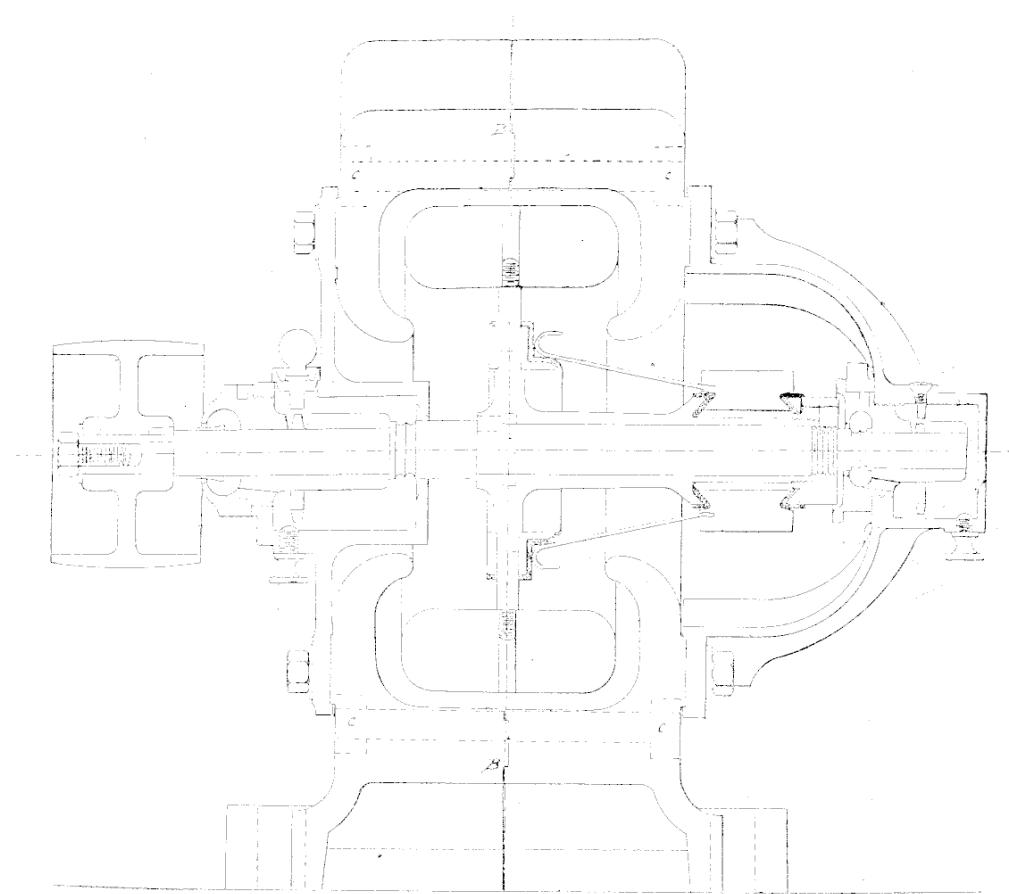


Fig. 4. — Moteur Lecocq et C<sup>ie</sup>, de Genève.

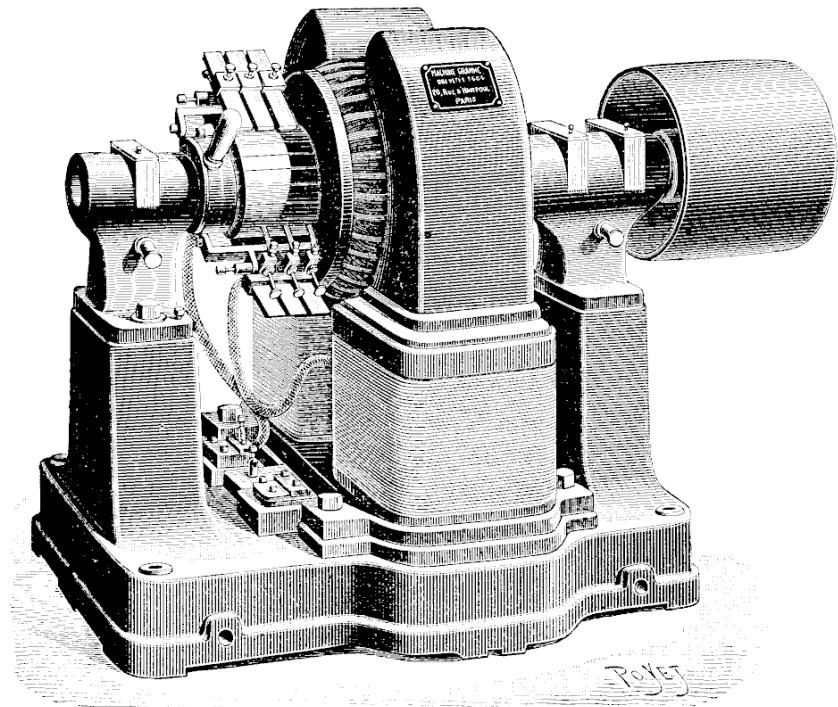


Fig. 5. — Moteur à induit en anneau de la Société Gramme.

**Moteurs à rotation irréversible.** — Certaines machines, tels que les treuils, cabestans monte-charges, fonctionnent à faible vitesse angulaire et doivent s'arrêter automatiquement si

la puissance vient à faire défaut. On emploie à cet effet un moteur électrique à grande vitesse commandant l'arbre à petite vitesse par vis sans fin qui joint à sa propriété de réduire considérablement le rapport des vitesses, celui de constituer une commande irréversible. Voici, à titre d'exemple (fig. 6), un moteur de la SOCIÉTÉ GRAMME, établi dans ces conditions. Sa puissance est de 750 watts et la vitesse réduite ne dépasse pas 60 tours par minute.

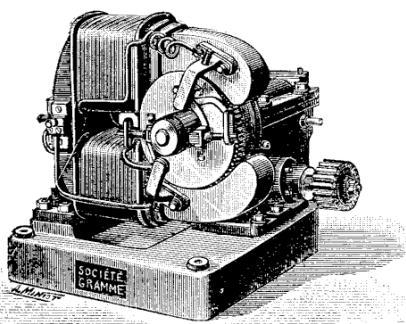
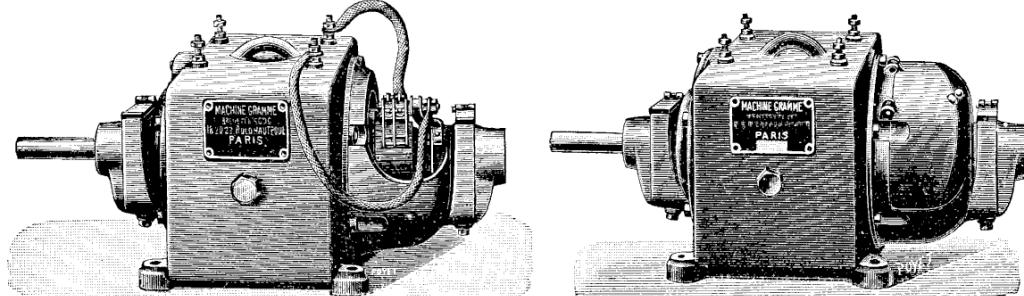


Fig. 6. — Moteur à rotation irréversible de la Société Gramme.

que les étincelles développées aux balais du moteur ne puissent provoquer l'inflammation du mélange explosif. Dans ce but, la SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES place le moteur dans un espace hermétiquement clos dans lequel on peut introduire de l'air comprimé pris naturellement au dehors sur une canalisation spéciale. On établit ainsi dans l'intérieur du moteur une pression supérieure à la pression atmosphérique, et l'on empêche ainsi une entrée éventuelle d'air chargé de grisou. Une locomotive munie de ce dispositif figurait dans la Classe 63, aux MINES DE VICOIGNE ET NŒUX.

**Moteurs type léger de la Société Gramme.** — Les types légers à encombrement réduit construits par la SOCIÉTÉ GRAMME pour automobiles, tracteurs, machines-outils, appareils de



Moteur léger, type ouvert.

Fig. 7. — Moteurs légers à courant continu de la Société Gramme.

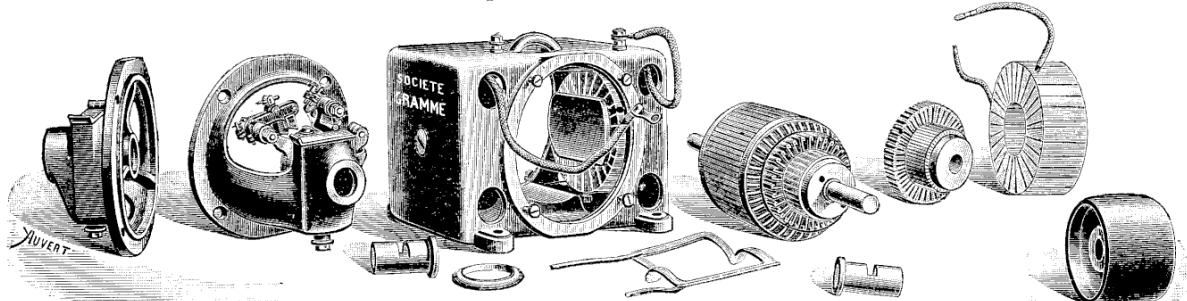


Fig. 8. — Pièces démontées des moteurs type léger à encombrement réduit de la Société Gramme.

levage, etc., pour des puissances comprises entre 1 et 12 kilowatts, présentent les dispositions représentées (fig. 7). Ces moteurs comportent des balais en charbon, un graissage à bagues,

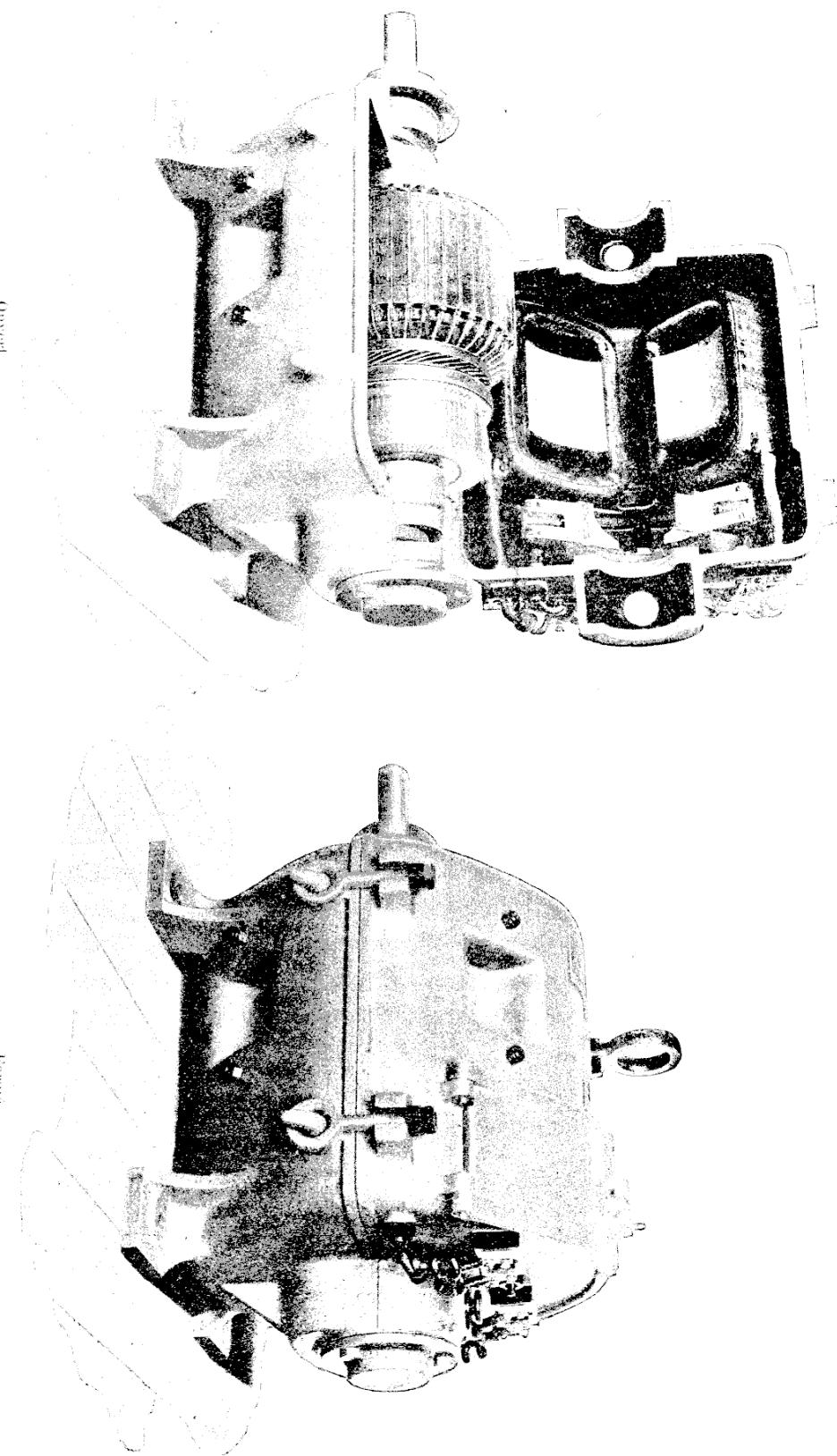


Fig. 9. — Moteur blindé, en deux parties, de la Société anonyme d'électricité (et devant Lathmeyer), de Francfort-sur-le-Main.

et une protection naturelle constituée par la carcasse formant blindage, et possibilité de les *poser* sur le sol, de les *appliquer* contre un mur, de les *suspendre* au plafond.

La figure 8, qui montre les diverses parties détachées de ce moteur, permet d'en saisir tous les détails de construction. Toutes les pièces construites en série et interchangeables rendent les réparations faciles, rapides et économiques.

**Moteurs blindés.** — Les moteurs blindés, généralement peu surveillés et soumis à des régimes sévères, ont besoin de visites périodiques et d'un examen rendu facile et rapide dans le type de moteur blindé avec inducteurs en deux pièces exposé par la SOCIÉTÉ ANONYME D'ÉLECTRICITÉ (ci-devant LAHMEYER), de Francfort-sur-le-Mein (fig. 9). L'entretien et le réglage des balais se font en ouvrant des trappillons ménagés au-dessus du collecteur. Pour visiter l'induit et les inducteurs, il suffit de démonter deux boulons et de soulever la partie supérieure qui s'ouvre comme le couvercle d'une boîte à charnières. Ces types s'établissent pour 110, 220 et 500 volts, et des puissances comprises entre 1,5 et 25 kilowatts.

Les moteurs blindés réduisent les chances d'incendie et d'accident au moteur, mais leurs difficultés de refroidissement obligent à réduire leur puissance spécifique (watts par kilogramme), et les rendent par suite, à puissance égale, plus lourds, plus coûteux et plus encombrants que les moteurs ordinaires.

**Moteurs à vitesse variable.** — Les procédés de variation de vitesse angulaire d'un moteur à courant continu varient avec la nature de son excitation.

*Moteur shunt.* — Un moteur shunt spécialement étudié pour supporter des variations de vitesse peut varier de 20 à 25 dans le sens d'un accroissement, sans que le rendement soit sensiblement modifié, par la simple intercalation d'une résistance dans le circuit d'excitation.

Pour des variations plus grandes, on doit avoir recours à des artifices.

La maison SAUTTER-HARLÉ dispose sur la couronne des inducteurs, en regard des spires en commutation, des pièces polaires supplémentaires traversées par le courant même de l'induit. Le champ créé par ces pièces polaires permet des démarrages brusques et un affaiblissement du champ inducteur sans que des étincelles aux balais se manifestent.

La SOCIÉTÉ DES ÉTABLISSEMENTS POSTEL-VINAY emploie des inducteurs à pièces polaires fendues et enroulées d'un bobinage spécial traversé par le courant de l'induit, qui a pour effet d'annuler l'effet magnétisant de l'induit, et de permettre de diminuer considérablement l'excitation sans avoir d'étincelles.

*Moteurs série.* — Avec des moteurs série, on peut accroître momentanément la vitesse en shuntant les inducteurs, ce qui produit un effet équivalent à l'introduction d'une résistance dans le circuit d'excitation des moteurs shunt.

Lorsque les vitesses variables doivent être réalisées d'une façon continue, il est préférable d'avoir recours soit à des potentiels variables, obtenus par couplage d'accumulateurs, par exemple, sur les voitures électriques, soit des distributions à potentiels multiples, comme dans certaines usines utilisant des essoreuses, soit à des moteurs à double induit, ou un induit à deux enroulements distincts et deux collecteurs.

Si les deux induits sont égaux, les deux vitesses normales sont respectivement proportionnelles aux nombres 1 et 2, lorsque les induits sont respectivement groupés en tension ou en dérivation. MM. Bouquet, Garcin et Schirre, emploient deux enroulements dont les nombres de spires sont respectivement proportionnels aux nombres 3 et 5. Dans ces conditions, on obtient les vitesses angulaires relatives suivantes :

$$\omega = \frac{1}{8} \text{ pour les deux induits couplés en tension}$$

$$\omega = \frac{1}{5} \text{ pour l'induit } 5 \text{ seul}$$

$$\omega = \frac{1}{3} \text{ pour l'induit 3 seul}$$

$$\omega = \frac{1}{2} \text{ pour les deux induits couplés en opposition}$$

Ces combinaisons de couplages associées aux variations d'excitation permettent de faire varier la vitesse d'une façon presque continue dans le rapport de 1 à 4.

*Potentiels multiples.* — Lorsque l'on dispose, comme c'est le cas dans les distributions à trois et à cinq fils, de deux ou quatre potentiels différents, on peut obtenir de très grandes variations de vitesse en excitant le moteur sur une différence de potentiel constante, et en montant l'induit sur des potentiels graduellement croissants et décroissants.

C'est la méthode préconisée par M. WARD-LÉONARD, mais en employant des différences de potentiel *différentes* sur chacun des ponts. Ainsi, par exemple, avec *deux* potentiels égaux à 50 et 100, on peut obtenir *trois* vitesses respectivement proportionnelles à 50, 100 et 150. Les vitesses intermédiaires s'obtiennent par réglage de l'excitation, à l'aide d'un rhéostat.

#### MOTEURS POUR ÉLECTROMOBILES

Ces moteurs sont tous de construction récente, car les premières voitures électriques pratiques n'ont pas été réalisées avant 1893. Ces moteurs doivent remplir des conditions très spéciales et très sévères, car on exige d'eux, à la fois, une grande puissance spécifique, un rendement élevé, la possibilité de supporter des courants excessifs, des chocs et des à-coups, et de résister aux intempéries des saisons: poussière, pluie, arrosage intempestif, etc.

**La Société des établissements Postel-Vinay**, qui construit la plupart des moteurs actuellement employés en France sur les voitures électriques, s'est fait une véritable spécialité de cette construction, et elle a établi un grand nombre de types très intéressants et que nous croyons utile de décrire en détail, en utilisant une intéressante étude publiée par M. P. GASNIER dans *l'Industrie électrique*. Cette étude fournit en même temps des renseignements très utiles sur leurs conditions de fonctionnement, conditions encore peu connues jusqu'à ce jour.

**Moteur V4.** — Ce moteur a été créé en 1897. Quatre de ces moteurs étaient sur des voitures ayant pris part au Concours des fiacres de 1898. C'est un moteur cuirassé à quatre pôles dont deux bobinés, induit en tambour. La puissance normale est de 360 kgm : sec. Ce moteur porte une réduction par engrenages avec différentiel. La vitesse de l'arbre intermédiaire, pour une tension de 80 volts, varie entre 250 et 450 tours par minute.

Le poids total du moteur, y compris sa réduction par engrenages et son arbre différentiel, est de 200 kg.

Ce moteur est particulièrement robuste et très élastique comme puissance; il peut suppor-

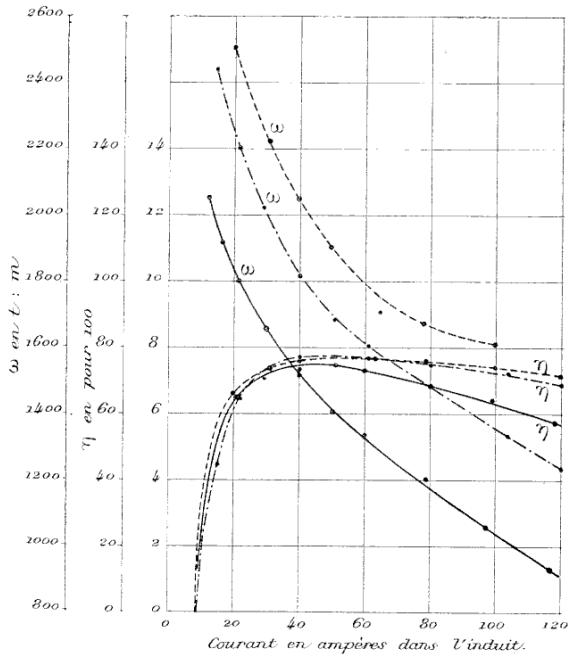


Fig. 16. — Courbes de fonctionnement du moteur V3 sous 80 volts.

ter, sans que son rendement diminue beaucoup et sans étincelles au collecteur, un régime trois fois plus élevé que son régime normal.

*Moteur V3.* — Ce moteur a été établi pour remplacer le moteur V4 trouvé par M. Jeantaud trop puissant pour ses voitures. Ce moteur est cuirassé à 2 pôles, dont un seul est bobiné, induit en tambour bobiné à la main d'un diamètre de 140 mm. La puissance normale est de 220 kgm : sec. Ce moteur porte également une réduction par engrenages comportant un différentiel, et la vitesse de l'arbre intermédiaire pour 80 volts est de 350 à 600 tours par minute. Le rapport d'engrenage est de 3 à 8. Le poids de ce moteur est de 150 kg avec engrenages et arbre diffé-

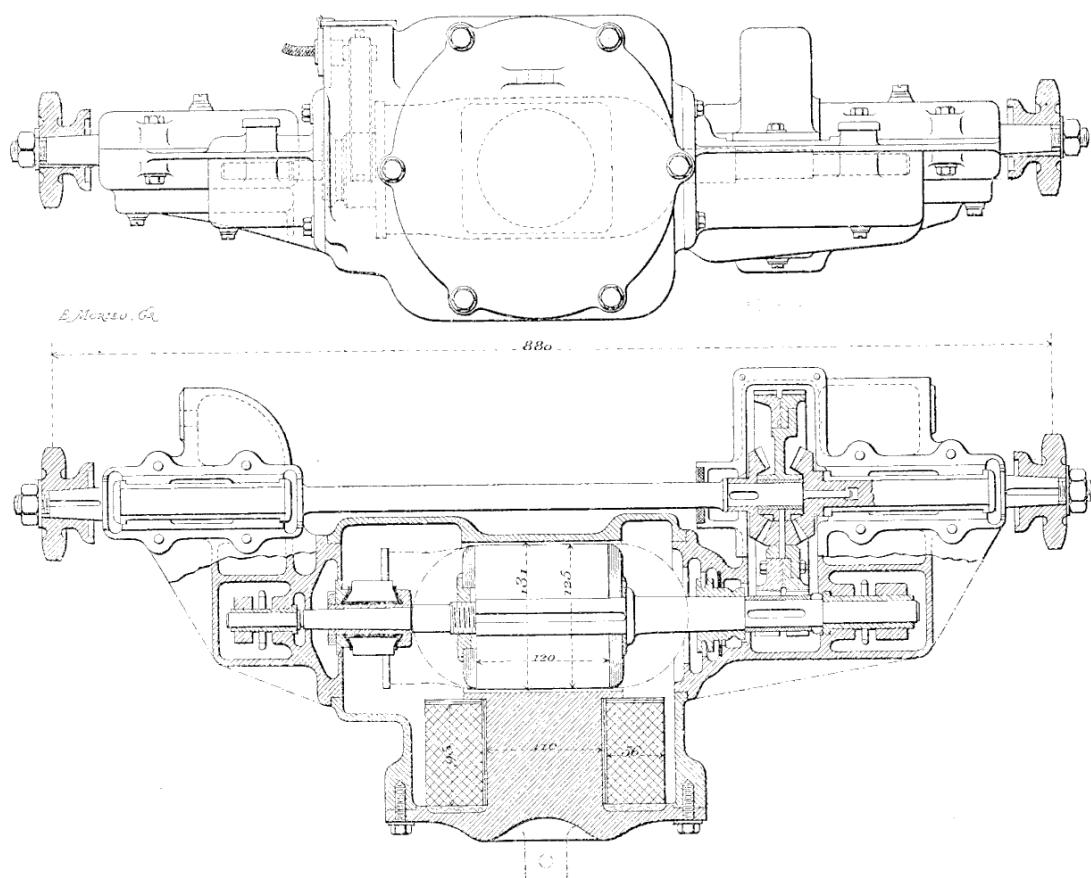


Fig. 41. — Vue en plan et vue en coupe du moteur V2 muni de son arbre intermédiaire avec différentiel.

rentiel, et il est établi pour actionner à la vitesse de 23 km : h au maximum en palier une voiture d'un poids total de 1500 kg. Ce moteur est analogue comme construction au moteur V2 que présentent les figures 11 et 12.

Les courbes (fig. 10) donnent, en fonction de l'intensité du courant dans l'induit, la vitesse et le rendement du moteur V3, fonctionnant sous 80 volts. Les courbes correspondent à des essais faits en charge en accouplant deux moteurs au moyen de pignons et chaînes Galle montées sur l'arbre intermédiaire; les pignons de la chaîne Galle avaient 8 dents. Les valeurs du rendement ainsi obtenues sont plus élevées que celles réalisées sur une voiture, parce que si elles comprennent bien les frottements des engrenages et des chaînes, elles ne tiennent pas compte du frottement des moyeux des roues sur les fusées; toutefois la différence doit être faible. Le moteur essayé était compound et avait les résistances suivantes à 50°C :

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| Enroulement induit .....            | 0,083 ohm |
| Enroulement inducteur série .....   | 0,097 —   |
| Balais.....                         | 0,02 —    |
| Résistance totale avec balais ..... | 0,20 —    |
| Inducteur shunt .....               | 181 ohms  |

Les courbes en trait continu correspondent à l'enroulement série normal, le maximum de rendement est de 75 pour 100 vers 45 ampères; les courbes en tirets sont relatives à l'inducteur séries hanté avec 0,066 ohm; le rendement atteint dans ce cas 77 pour 100, vers 50 ampères. Les courbes en pointillé sont pour la marche avec l'inducteur série shunté avec 0,023 ohm.

*Moteur V2.* — Ce moteur, que représentent les figures 11 et 12, a été établi pour des voitures à deux places pesant de 800 à 1 000 kg.

Il a une puissance normale de 2 chevaux sous 80 volts. De même que les moteurs V4 et V3, il comporte un arbre intermédiaire avec engrenages différentiels. La vitesse de l'arbre intermédiaire sous 80 volts est de 250 à 450 t : m.

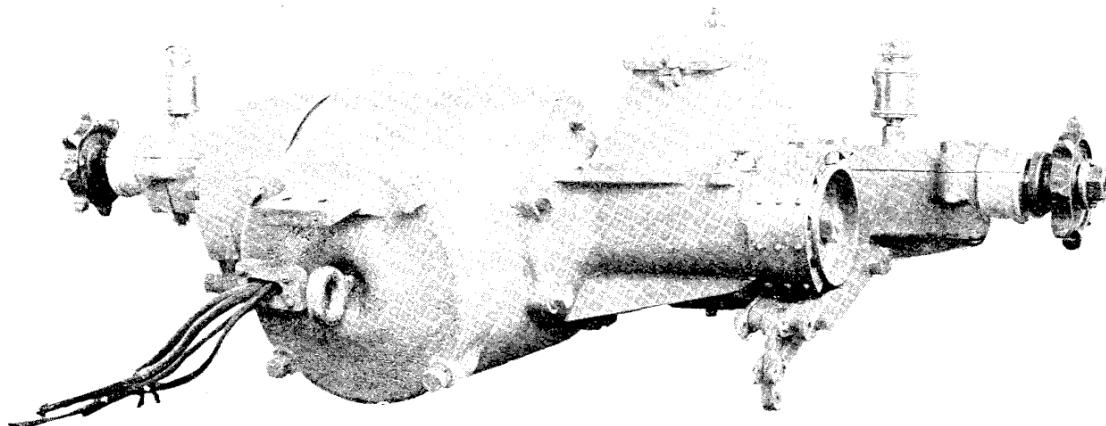


Fig. 12. — Vue d'ensemble du moteur V2 avec son arbre intermédiaire.

Ce moteur est à 2 pôles, avec une seule bobine inductrice, et son poids total est de 95 kg.

*Moteur V1.* — Ce moteur a été établi pour voitures légères ou quadricycles, pesant moins de 800 kg. Il attaque les roues par une seule réduction par engrenages et un différentiel; il est à cet effet spécialement disposé pour reposer sur l'essieu par deux paliers et pour être suspendu d'autre part au châssis de la voiture. L'essieu est tournant et comporte le différentiel mécanique. Ce moteur est à 4 pôles, avec induit en tambour; il pèse 65 kg environ et a une puissance de 100 kgm : sec sous 80 volts. La vitesse de l'induit sous cette tension varie entre 1 000 et 2 000 t : m.

*Moteur V0.* — Ce type a été établi pour fonctionner à très grande vitesse dans le but d'arriver à une grande puissance spécifique. C'est un moteur à deux pôles pesant 35 kg environ et pouvant fournir 3 chevaux sous 80 volts à une vitesse de 3 000 à 4 000 t : m. Il ne comprend aucune transmission ni disposition spéciale et a été étudié pour être suspendu verticalement par quatre pattes de suspension.

En dehors de ces moteurs que la maison Jeantaud a adoptés plus particulièrement pour moteurs de série, la maison Postel-Vinay a construit pour la même maison quelques moteurs spéciaux, entre autres : un moteur pour la voiture ayant pris part à la course Paris-Bordeaux et retour, et un moteur spécial pour avant-train moteur et directeur, qui a été appliqué sur une voiture ayant pris part au premier Concours des fiacres en 1897.

La Société des voitures électriques Kriéger utilise également plusieurs types de moteurs, qui ont été établis par la maison Postel-Vinay et qui, sauf les premiers modèles destinés à des voitures d'expériences, ne diffèrent les uns des autres que par des dispositions spéciales, suivant par exemple le mode de suspension du moteur sur l'essieu ou le genre de paliers employés. Le poids de ces moteurs établis à quatre pôles avec quatre bobines inductrices dont deux opposées série et les deux autres shunt, est de 65 kg environ, et la puissance normale est de 3 chevaux sous 80 volts avec une vitesse angulaire de 2000 tours par minute. La figure 13 montre un des moteurs en coupe et vu de bout.

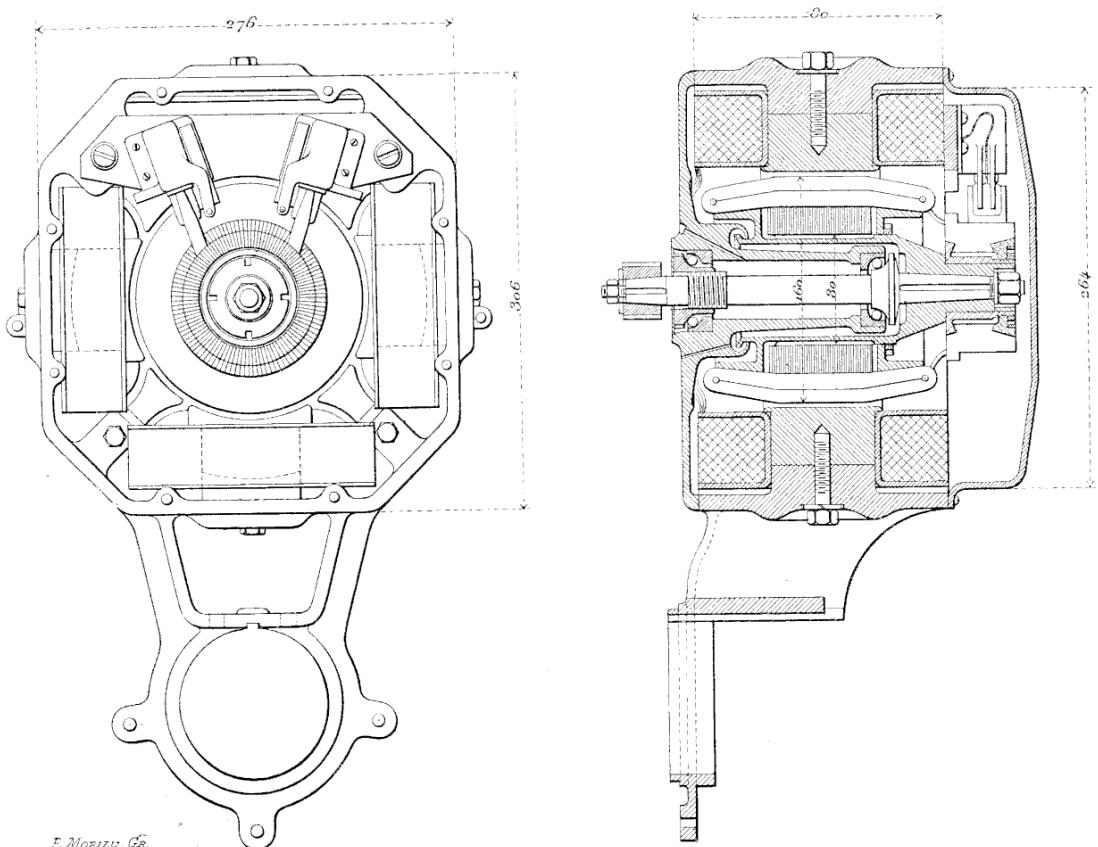


FIG. 13. — Vue en élévation et vue en coupe verticale du moteur Kriéger.

Les premiers moteurs établis avaient des paliers à billes. Dans les types suivants, on a abandonné les paliers à billes et on a adopté les paliers lisses avec coussinets en bronze phosphoreux et graissage continu par capillarité. La caractéristique de ces moteurs est le montage en porte-à-faux de l'induit avec un seul palier pénétrant à l'intérieur de cet induit; cet induit est en tambour, bobinage mécanique série et d'un diamètre de 16 cm.

La Compagnie des transports automobiles emploie un certain nombre de moteurs de puissances différentes, se rattachant tous au type cuirassé bien connu à quatre pôles inducteurs dont deux conséquents que représente la figure 14 en élévation et en coupe verticale. L'induit est en tambour, bobinage mécanique série genre Fritsche. Tous ces moteurs ont été étudiés pour fonctionner dans de bonnes conditions aux deux tensions de 40 à 80 volts. De plus, leurs inducteurs peuvent être couplés soit en série, soit en parallèle, ce qui permet de réaliser un changement de vitesse très simple.

Le type VT *fig. 14*, d'un poids de 85 kg, a une puissance de 3 chevaux à 1200 t : m et sous 80 volts. Il est destiné aux voitures de villes à deux ou quatre places.

Ce type légèrement renforcé est devenu le type VT2, que la Compagnie emploie couramment sur toutes ses voitures de promenade. Ce moteur, d'un poids de 95 kg, a une puissance

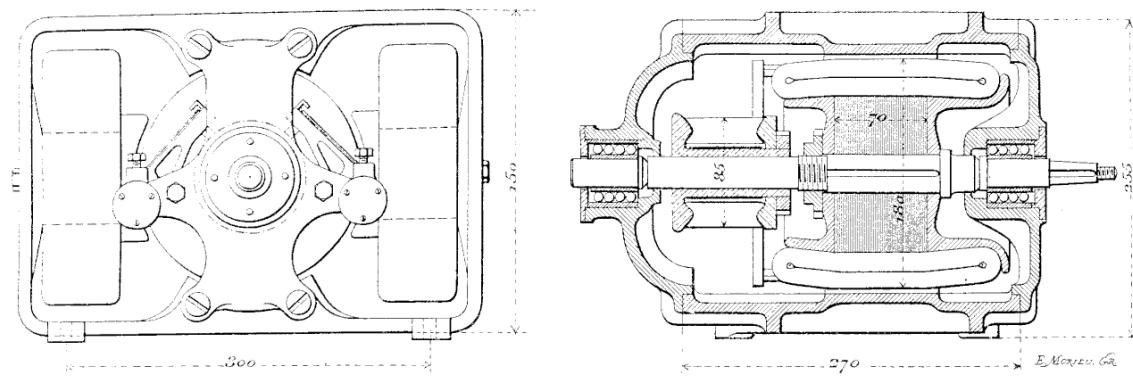


Fig. 14. -- Vue en élévation et vue en coupe verticale du moteur VT.

de 4 chevaux à 1300 tours par minute sous 80 volts. Les voitures de la Compagnie des Transports automobiles sont équipées généralement avec deux de ces moteurs, ce qui permet, étant donné leur puissance, de marcher à des vitesses allant jusqu'à 40 km par heure.

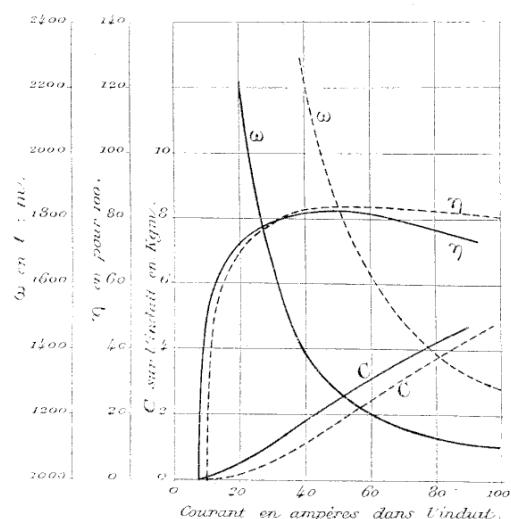


Fig. 15. -- Courbes de fonctionnement du moteur VT2 sous 80 volts.

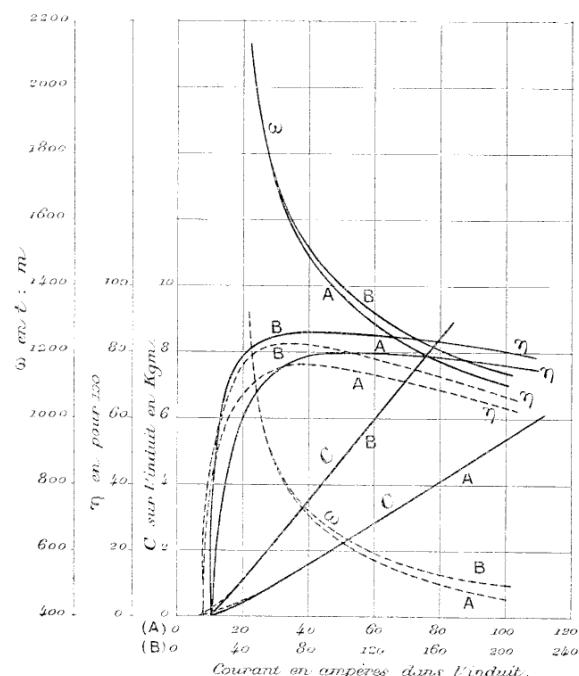


Fig. 16. -- Courbes de fonctionnement du moteur VT4 sous 40 et 80 volts.

Les courbes *fig. 15* montrent la variation de la vitesse, du couple et du rendement pour un moteur série VT2, sous 80 volts. Les courbes en trait continu correspondent aux deux bobines inductrices couplées en tension. Le rendement est supérieur à 80 pour 100 entre 30 et 70 ampères

avec un maximum de 0,85 environ vers 44 ampères. Les courbes en pointillés correspondent au cas des deux bobines inductrices couplées en quantité. Le rendement est supérieur à 0,80 entre 30 et 100 ampères, avec un maximum de 0,845 environ vers 50 ampères.

Un type plus puissant appelé VT4 est destiné spécialement aux lourdes voitures de livraison de 3 000 kg; il pèse 135 kg et a une puissance de 6 chevaux à 1 300 t : m sous 80 volts. Il est établi dans le même esprit que les types précédents.

Les courbes (fig. 46) montrent le fonctionnement de ce moteur sous 40 et 80 volts, en traits pleins pour 80 volts et en traits pointillés pour 40 volts. Les courbes marquées A sont relatives au couplage des deux bobines inductrices série en tension et les courbes B au couplage en quantité des mêmes bobines.

Les rendements sont de 0,77 à 40 ampères, 40 volts, inducteurs en série; 0,83 à 70 ampères, 40 volts, inducteurs en quantités; 0,80 à 50 ampères, 80 volts, inducteurs en série; 0,87 à 80 ampères, 80 volts, inducteurs en quantité.

Un type spécial de moteur appelé VT3 et résultant de l'accouplement de deux moteurs d'un type analogue aux précédents a été établi pour la voiture de course de M. Jenatzy et lui a permis d'établir le record de la vitesse en voiture automobile. Chacun de ces moteurs a une puissance de 8 chevaux à 1 000 tours par minute, et le poids total est de 230 kg environ. Les roues, d'un très petit diamètre, sont calées directement sur les arbres des induits.

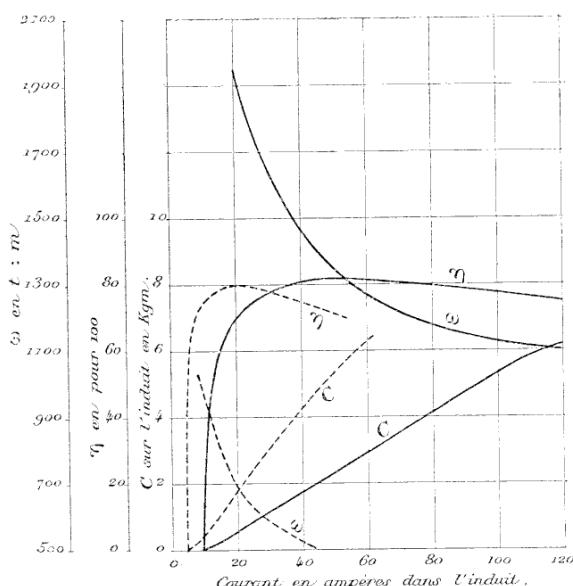
Une machine spéciale pour voiture mixte à pétrole et électrique a été également établie pour la même Compagnie. Cette machine est destinée à fonctionner accouplée directement avec un moteur à pétrole et peut développer ou absorber 6 chevaux à une vitesse de 1 000 tours par minute environ. Elle pèse 120 kg.

La Société Postel-Vinay a établi pour la Compagnie des Voitures électromobiles quatre types de moteurs.

Tous ces moteurs sont à inducteurs cuirassés quatre pôles avec deux pôles conséquents du même genre que les précédents. L'induit est un tambour bobiné en série avec bobines faites sur forme.

Le type V4 est celui des fiacres de la Compagnie; il est équipé avec deux collecteurs, à une puissance normale de 4 chevaux à 1 400 t : m et pèse 110 kg.

Les courbes (fig. 47) montrent les conditions de fonctionnement de ce moteur sous 80 volts. Les courbes en pointillés, qui sont relatives au couplage des deux bobines inductrices série et des deux enroulements induits tout en tension montrent un rendement maximum de 0,80 à 20 ampères et un rendement supérieur à 0,75 entre 10 et 40 ampères. Les courbes en traits pleins correspondent au couplage inducteur en quantité et montés en série avec les induits également en quantité entre eux. Le rendement atteint 0,82



aux voitures système Doré, à avant-train moteur et directeur. Le moteur est placé devant le conducteur, et la commande se fait par coulisse, joint de Cardan et engrenage conique attaquant la couronne du différentiel qui est disposé sur l'essieu. Le premier moteur est d'une puissance de 4 chevaux et le second de 6 chevaux.

Le moteur VE3, d'une puissance normale de 3 chevaux à 1 100 t/m, a été étudié pour un arrière-train moteur et disposé pour être supporté par l'essieu. Ce moteur est à un seul collecteur et la voiture est équipée avec deux moteurs symétriques attaquant chacun une des roues d'arrière. Le poids de chaque moteur est de 115 kg.

Un grand nombre d'autres types ont été établis pour diverses Sociétés. Le moteur VM à axe vertical actionne la voiture à avant-train moteur Marchena et Gigot.

Le moteur V5, établi pour l'autocab électrique du capitaine Draullette, est également un moteur à quatre pôles avec deux bobines inductrices, induit en tambour ; mais il présente une

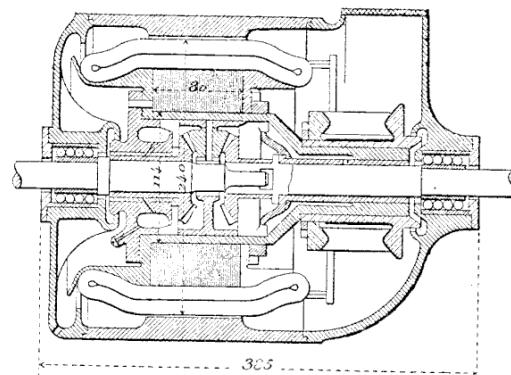


Fig. 18. -- Coupe verticale du moteur V5.

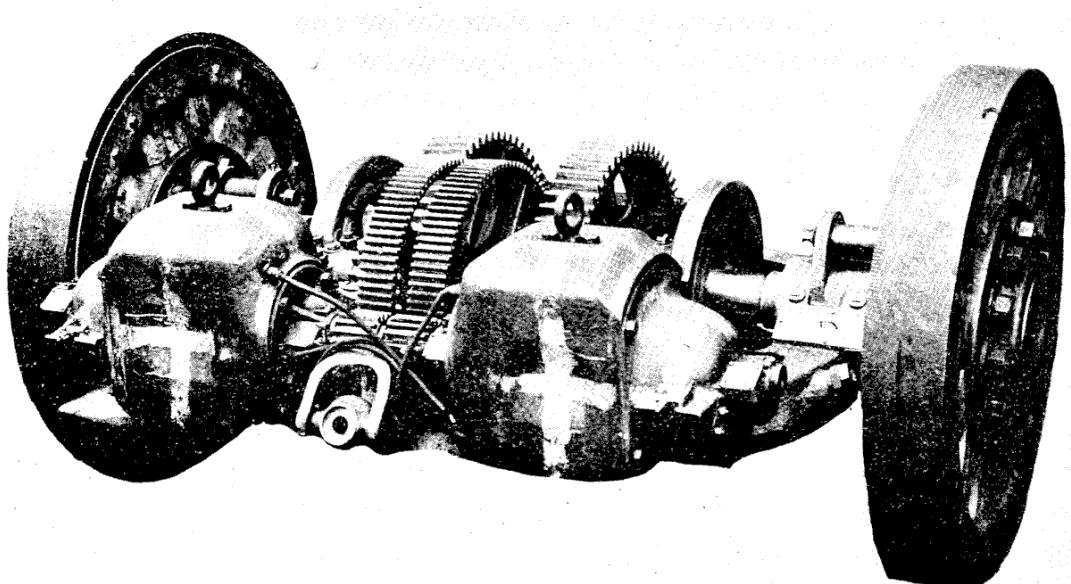


Fig. 19. -- Train-moteur du camion électrique de 20 tonnes de la Raffinerie Say, construit par la Société des Etablissements Postel-Vinay.

disposition particulière visible sur la figure 18 qui montre une coupe verticale. Les arbres des pignons satellites du différentiel sont calés directement sur l'induit, de sorte que les deux arbres du différentiel tournent à la même vitesse que l'induit. Ce moteur, fixé à l'arrière de la caisse de la voiture, est disposé pour attaquer les roues au moyen d'une seule réduction par engrenage. Une couronne dentée est fixée aux rais de chaque roue motrice et commandée par un pignon calé sur un bout d'arbre tournant dans un palier dont le support est rigidement fixé à l'essieu.

Chaque pignon est relié à l'arbre correspondant du différentiel par un double joint de Cardan. On réalise ainsi très simplement avec un seul moteur et sans essieu tournant l'attaque directe des roues motrices de la voiture. Ce moteur est d'une puissance de 3 chevaux à 800 t : m et pèse 120 kg. Il comporte deux variantes, suivant que le mouvement différentiel se trouve à l'intérieur de l'induit ou sur le côté de cet induit.

Le moteur V6, complètement enfermé, d'une puissance de 3 chevaux à 1 100 t : m sous 80 volts, pèse 85 kg.

Le moteur V7, d'une puissance de 10 chevaux à 750 t : m et d'un poids de 450 kg, fonctionne sous 160 volts et a été établi pour le camion électrique de 20 tonnes de la raffinerie Say. Ce camion est équipé avec deux de ces moteurs suspendus, d'une part, à l'essieu et, d'autre part, au châssis de la voiture, et la transmission se fait par un double train d'engrenages (fig. 19).

Le moteur VD disposé avec double réduction par engrenage avec différentiel sur l'arbre intermédiaire, s'accouple avec les roues par un joint universel permettant la suspension du moteur.

Un autre dispositif à deux moteurs est constitué par le train moteur W1. Chaque moteur attaque une partie de l'essieu au moyen d'une simple réduction par engrenages. Les engrenages des deux machines sont enfermés dans la même boîte qui sert à assembler les deux parties de l'essieu creux. Les roues d'engrenage sont disposées pour recevoir un frein mécanique. Chacun de ces moteurs a une puissance normale de 2,5 à 3 chevaux à 1 100 t : m. Le poids du train moteur, y compris les transmissions, les freins, l'essieu en deux parties, est de 300 kg environ.

**Moteurs fermés pour automobiles, de la Société Gramme.** — Ces moteurs sont établis pour trois puissances différentes : 4 500, 3 000 et 4 500 watts. Ils sont étudiés de façon à réduire

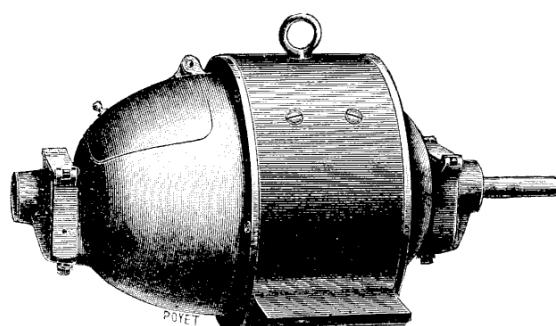


FIG. 20. — Moteur fermé pour automobile de la Société Gramme.

formant paliers. Ils sont à quatre pôles avec deux paires de balais facilement accessibles : l'induit est bobiné en tambour, le champ est très intense pour donner un couple de démarrage puissant.

**Moteur pour voiture électrique de la Vereinigte Elektricitäts Actiengesellschaft.** — La VEREINIGTE ELECTRICITÄTS ACTIENGESELLSCHAFT, de Vienne, expose un équipement complet pour automobiles, comprenant le moteur électrique et les appareils accessoires, et qui présente quelques particularités intéressantes.

La figure 21 montre le moteur électrique type A3 à excitation série et à quatre pôles inducteurs ayant chacun une bobine inductrice. On voit sur ces figures que les constructeurs ont cherché à obtenir une forme très ramassée donnant le minimum d'encombrement et, ce qui est plus important, un faible poids.

Le moteur d'une puissance normale de 3,5 chevaux pèse environ 135 kg et marche à une vitesse angulaire de 500 tours par minute sous une tension de 80 volts. Dans ces conditions, le rendement est d'environ 80 pour 100.

La carcasse d'inducteur est en fonte d'acier et est partagée en deux moitiés suivant un plan

le poids et l'encombrement, ce qui les rend spécialement applicables à la commande des voitures et des machines-outils ou appareils de levage ; dans le cas des installations fixes, les calottes formant paliers sont ouvertes afin d'augmenter la ventilation ; pour la traction, les moteurs sont complètement fermés. Ces moteurs peuvent être fixés dans n'importe quelle position, sur le sol, contre un mur, à un plafond ; il suffit pour cela de déplacer d'une façon convenable les calottes

passant par l'axe de l'induit. Grâce à cette disposition, l'enlèvement de l'induit est très facile. Pour l'effectuer, il suffit, après avoir enlevé les vis qui relient d'un côté les deux pièces de la carcasse, de relever la partie supérieure qui demeure rattachée à la partie inférieure par des charnières.

Les bobines d'excitation sont retenues par des supports appropriés sur les pôles induc- teurs.

Les extrémités de la carcasse d'inducteur sont formées par deux flasques servant de paliers. Le graissage des coussinets, qui sont en bronze, se fait à la graisse consistante.

L'induit, disposé pour l'obtention de vitesses variables, est muni de deux enroulements et deux collecteurs. Il est composé de tôle de fer au bois, et les fils d'induit reposant dans les encoches sont isolés des dents avec du mica. Afin d'empêcher les bobines d'induit de sortir des encoches, ainsi que cela arrive souvent par suite des secousses et des à-coups, ces bobines sont retenues par des cales de fibre.

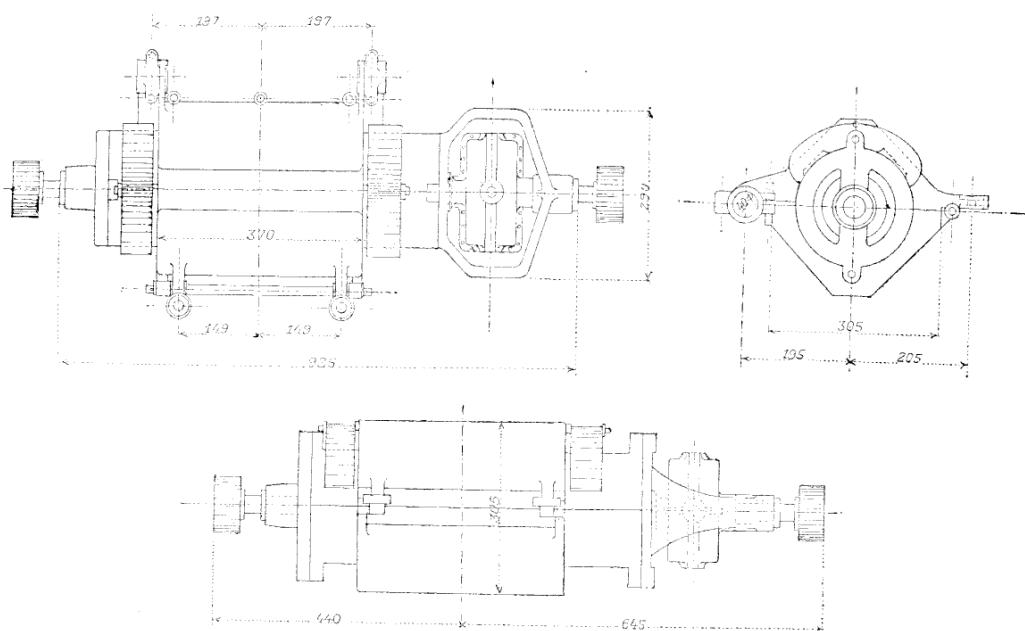


Fig. 21. — Moteur pour électromobile de la Vereinigte Elektricitäts Actiengesellschaft, de Vienne.

Les lames de collecteurs en cuivre dur sont isolées entre elles par du mica et très solidement tenues dans un support qui se fixe très facilement sur l'arbre creux de l'induit.

La liaison entre les extrémités des bobines induites et les lames du collecteur se fait non pas par soudure, mais au moyen de vis avec contre-écrous, ce qui a l'avantage de permettre un démontage facile et rapide quand cela est nécessaire.

Pour obtenir l'indépendance des roues motrices dans les virages et pour empêcher une torsion de l'arbre du moteur, celui-ci ne commande pas les roues directement, mais par l'intermédiaire d'un système différentiel dont les deux arbres moteurs actionnent chacun une des roues motrices par pignon et engrenage à denture intérieure avec réduction de vitesse de 4 à 6. La particularité très intéressante du moteur est que le système d'engrenages différentiels n'est pas monté comme ordinairement sur un arbre intermédiaire mais qu'il est relié directement à l'induit même. Cet induit est calé sur un arbre creux auquel sont attachés directement les arbres des pignons satellites du différentiel. Les pignons de commande des roues motrices sont en bronze et les roues en acier; ces dernières sont fixées sur les roues de la voiture. Afin de maintenir l'égalité de distance ainsi que le parallélisme entre les axes des engrenages, ce qui est nécessaire

pour le bon fonctionnement et l'absence de bruit, la carcasse du moteur porte deux pièces d'attache qui servent à le relier à l'essieu arrière autour duquel il est articulé.

Les balais sont en charbon; ils peuvent être visités ou changés très facilement en ouvrant un couvercle en deux parties placé au-dessus du collecteur et maintenu par des charnières. Le moteur est complètement protégé de la poussière et de l'eau, ce qui est absolument nécessaire pour un moteur de voiture appelé à fonctionner dans des circonstances très variables.

Le réglage de la vitesse est produit par couplage série-parallèle des deux enroulements induits et de deux batteries d'accumulateurs reliées à des résistances de démarrage. La plus grande vitesse obtenue normalement avec ce véhicule est 25 à 30 km par heure.

Les dimensions d'encombrement sont données sur les figures 3, 4 et 5. Ces figures permettent de se rendre assez facilement compte du montage du différentiel mécanique sur l'induit même du moteur. Cette disposition résout d'une manière très intéressante la question de l'attaque directe, sans arbre intermédiaire, des roues motrices d'une voiture. Les deux autres solutions possibles et déjà employées sont : ou bien l'emploi de deux moteurs, un pour chaque roue motrice, ou bien l'emploi d'un essieu tournant comprenant le différentiel mécanique. Une variante de l'emploi de deux moteurs distincts consiste à donner aux deux induits moteurs un inducteur commun.

Cet appareil règle la vitesse pour la marche avant et la marche arrière. On le place sous le siège du conducteur, et il peut être manœuvré par un levier ou un volant. La carcasse du combiné du conducteur est établie en aluminium afin de diminuer le poids : les contacts en métal laminé sont montés sur un cylindre mobile autour de son axe et sont isolés entre eux. Les pièces de contact se composent de laiton et présentent de chaque côté une pièce de cuivre, à l'endroit où le courant est coupé sous les doigts de contact; ces pièces de cuivre offrent une grande résistance à la destruction par l'étincelle électrique et sont facilement remplaçables au cas où elles sont endommagées. Entre les plots de contact se trouvent des anneaux isolants qui rendent impossibles des étincelles entre les plots voisins.

On peut avoir cinq positions à vitesse progressive pour la marche avant, l'une d'elles servant pour le démarrage, deux pour la marche arrière et trois pour le freinage électrique.

Les quatre positions de marche correspondent aux couplages suivants :

- 1<sup>o</sup> Batteries en quantité, induits en tension;
- 2<sup>o</sup> Batteries en quantité, induits en quantité;
- 3<sup>o</sup> Batteries en tension, induits en tension;
- 4<sup>o</sup> Batteries en tension, induits en quantité.

Il est à remarquer que le moteur ne comprend qu'une bobine inductrice, ce qui fait que les couplages 2 et 3 donnent des vitesses différentes.

Les positions du combinateur sont fixées par une roue présentant des encoches dans lesquelles pénètre un ressort.

Ce combinateur présente une construction très solide en même temps que légère.

L'équipement de la voiture électrique comprend encore, outre les deux batteries d'accumulateurs, un interrupteur de sûreté, un bouchon de charge, des résistances de démarrage et des plombs fusibles.

L'interrupteur est construit proportionnellement plus fort qu'un interrupteur ordinaire, et il est solidaire de la commande des deux freins à bande qui agissent sur l'extérieur des couronnes des roues dentées intérieurement fixées sur les roues motrices qu'elles commandent.

Quand la voiture doit être arrêtée rapidement, on fait agir les freins soit avec la pédale, soit avec un levier, et, en même temps, on coupe automatiquement le courant. L'interrupteur, étant placé sous la caisse de la voiture dans le voisinage des freins, est muni d'une enveloppe qui le protège contre les influences extérieures.

Le bouchon de charge se compose de deux chevilles différentes pour empêcher que les connexions puissent être faites à l'envers.

Les résistances en nickeline sont disposées sous forme de boudins sur un petit cadre, qui

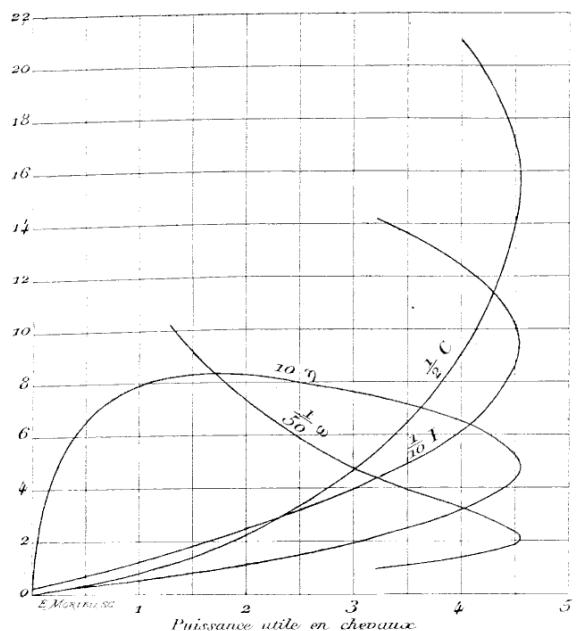


Fig. 22. — Moteur A. 3. Batteries en parallèle 75 volts.  
Bobinage en tension.

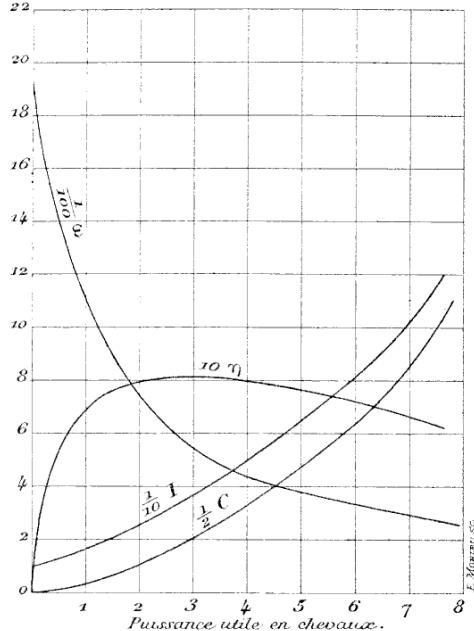


Fig. 23. — Moteur A. 3. Batteries en parallèle 75 volts.  
Bobinage en parallèle.

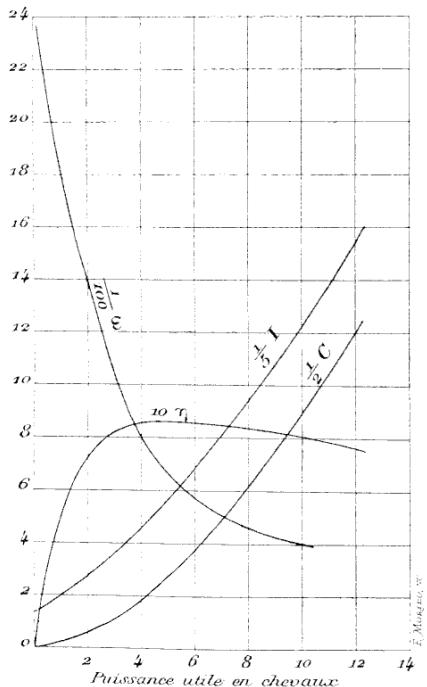


Fig. 24. — Moteur A. 3. Batteries en tension  
150 volts. Bobinage en tension.

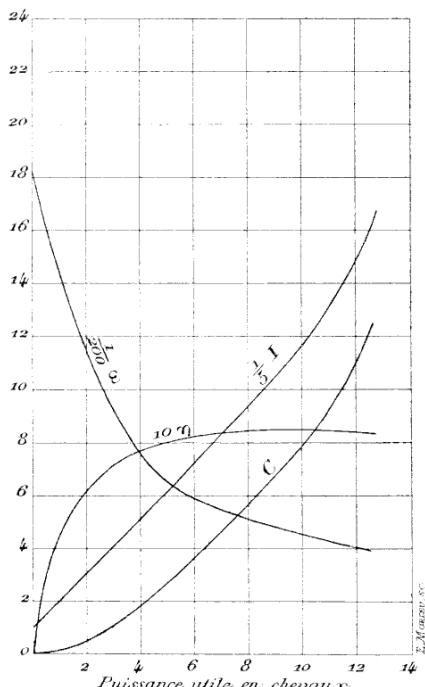


Fig. 25. — Moteur A. 3. Batteries en tension  
150 volts. Bobinage en parallèle.

est facilement fixé sous le siège du cocher. Les résistances sont graduées exactement d'après les vitesses à obtenir, et leur place est sous le combinateur.

La même Société fabrique plusieurs types de moteurs pour automobiles et les combinatoires correspondants. Le type AD.3 avec engrenages différentiels et deux collecteurs donne 3 chevaux pour 350 t : m. Un même type de moteur AD.5 donne 5 chevaux à 700 t : m.

Deux autres types de moteurs sans différentiel et à un collecteur dénommés A.3 et A.5, donnent respectivement 3 chevaux à 350 t : m et 5 chevaux à 700 t : m.

Les courbes figures 22, 23, 24 et 25 montrent comment varient, en fonction de la puissance utile, et pour les quatre positions de marche, les différents facteurs : intensité, couple, vitesse, rendement. Ces courbes sont relatives au moteur type A.5, d'une puissance de 5 chevaux à 700 t : m pour une différence de potentiel de 150 volts, batteries en tension.

Les courbes (*fig. 22*) se rapportent au couplage des deux batteries en parallèle et des deux collecteurs en tension le maximum de rendement est de 0,83 environ pour une puissance utile de 1,8 cheval.

Les courbes 23 sont relatives au couplage batteries en parallèle et collecteurs en parallèle ; le maximum de rendement est 0,81 environ pour 3 chevaux.

Pour les courbes 24 et 25, les deux batteries sont en tension, les collecteurs sont en tension pour 24 et en quantité pour 25. Dans le premier cas, le maximum de rendement est de 0,86 pour 5 chevaux et 660 t : m environ. Dans les courbes 12, le maximum de 0,85 se présente pour 10 chevaux environ et une vitesse de 910 t : m. Comme on le voit, ce moteur fonctionne dans de très bonnes conditions de rendement.

#### MOTEURS DE TRAMWAYS

La pratique acquise dans la construction des tramways électriques depuis l'*Exposition de 1889* a conduit à modifier et à uniformiser les types de moteurs de tramways, lesquels ne diffèrent aujourd'hui entre eux que par des détails de construction et de suspension et par leurs proportions. Les caractéristiques générales de ces moteurs sont les suivantes :

*Deux* moteurs sur chaque voiture, un seul moteur permettant au véhicule de terminer la course et de revenir au dépôt, en cas d'accident à l'autre moteur.

Moteurs à *quatre* pôles, attaquant l'axe des roues par un train d'engrenages.

Induit denté, bobinages en tambour, balais en charbon, inducteur en deux pièces, en acier coulé, enfermant entièrement le moteur.

Inducteur à deux pôles bobinés, et deux pôles non bobinés, pour diminuer l'encombrement dans le sens vertical.

Excitation série. Mise en marche par couplage série-parallèle, avec résistances de transition pour le démarrage, et le passage du couplage en série au couplage en parallèle.

Nous décrivons en détail, à titre d'exemple, le moteur pour tramway exposé par la maison SCHNEIDER ET C<sup>ie</sup>.

**Moteur de tramway Schneider et C<sup>ie</sup>.** — Les moteurs de tramway sont munis d'inducteurs en série ; ils présentent un encombrement très réduit par rapport à leur puissance, ce qui tient à la parfaite utilisation de l'espace disponible à l'intérieur de la carcasse.

La carcasse de ces moteurs est en deux pièces d'acier moulé (*fig. 26 à 28*) ; elle s'ouvre à très peu près suivant un plan horizontal, les deux moitiés ainsi séparables pivotant autour d'une charnière placée en dehors de l'essieu, ce qui permet un démontage rapide.

Le système inducteur est tétrapolaire : sur les quatre pôles, deux seulement sont bobinés. Les masses polaires correspondant aux deux pôles bobinés sont rapportées et placées respectivement à la partie supérieure et à la partie inférieure de la carcasse. Les deux autres masses polaires appartiennent par moitié respectivement à chacune des demi-carcasses et sont venues de fonte avec elles.

Les deux bobines inductrices sont maintenues en place par le serrage des pièces polaires rapportées correspondantes.

La carcasse inductrice enveloppe à peu près entièrement le moteur; l'étanchéité de la partie inférieure est complétée par deux plateaux latéraux en fonte portant les paliers; l'ensemble du moteur est mis ainsi à l'abri des éclaboussures. Les paliers sont à graissage automatique par bagues; la demi-carcasse supérieure est munie de regards pour la visite de l'intérieur du moteur.

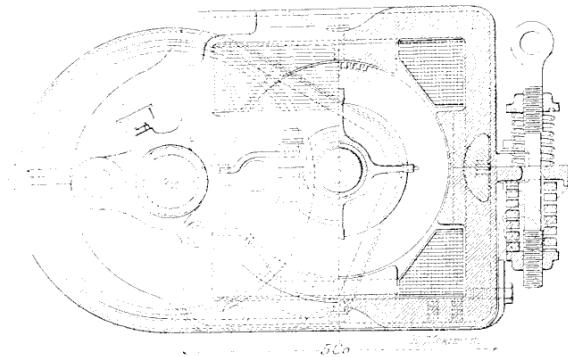


Fig. 26. — Moteur de tramway de 20 chevaux.  
Coupe transversale et vue par bout.

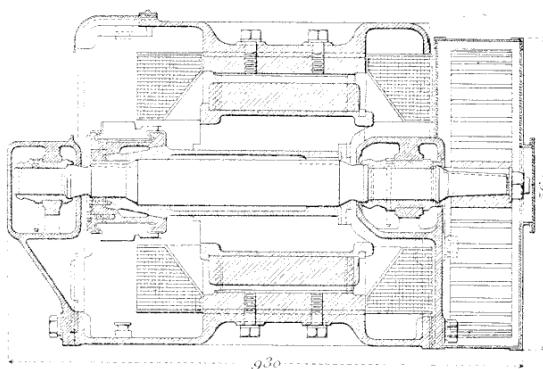


Fig. 27. — Moteur de tramway de 20 chevaux.  
Coupe longitudinale.

L'induit denté est bobiné en anneau; le bobinage induit noyé complètement dans le noyau de tôles ne peut se détériorer en venant toucher l'une quelconque des masses polaires par suite d'un excentrage possible de l'arbre dû à l'usure des coussinets.

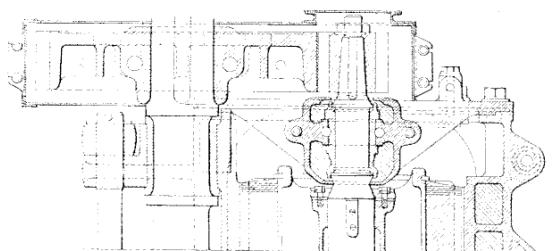


Fig. 28. — Moteur de tramway de 20 chevaux.  
Coupe horizontale partielle, côté des engrenages.

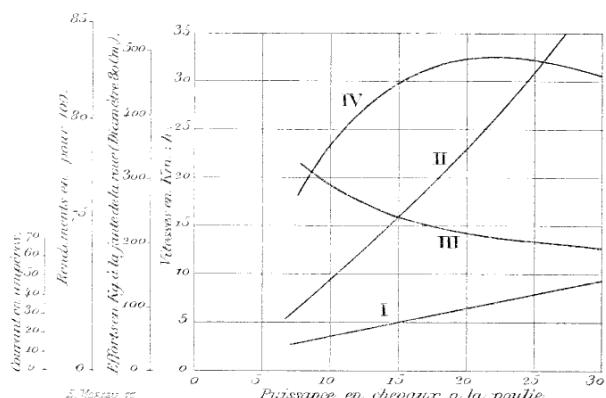


Fig. 29. — Moteur de tramway de 20 chevaux.  
Courbe I, intensité du courant, en ampères. — Courbe II, effort en kg à la jante de la roue. — Courbe III, vitesse du véhicule, en km : h. — Courbe IV, rendement à chaud, le tout en fonction de la puissance à la poulie, en chevaux.

Le courant est amené au moteur par des balais en charbon qui ont l'avantage de procurer une marche sans étincelles, et qui sont calés sur la ligne neutre de façon à permettre la marche du moteur aussi bien dans un sens que dans l'autre.

Les prises de courant pour l'induit et les inducteurs s'effectuent à l'aide de serre-fils débouchant en dehors de la carcasse inductrice.

Le moteur s'appuie, d'une part, sur l'essieu de la voiture, lequel est enserré entre les deux demi-carcasses par l'intermédiaire de coussinets; il est suspendu, d'autre part, à la caisse de la voiture au moyen d'une tige filetée portant à sa partie supérieure un anneau de suspension; cette seconde attache du moteur est effectuée avec interposition de forts ressorts à boudins enfilés sur la tige filetée, afin d'éviter les à-coups lors des variations brusques du couple moteur.

L'arbre du moteur porte du côté opposé au collecteur un pignon conique intérieurement, lequel est claveté sur l'arbre et serré par un écrou goupillé; ce pignon engrène avec une roue dentée fixée sur l'essieu; un capot en tôle protège l'engrenage contre la boue et les poussières.

La construction de ces moteurs est très soignée; leur robustesse, leur surveillance aisée, le peu d'entretien qu'ils exigent et la facilité de leur démontage, lorsque celui-ci est nécessaire, leur permettent de répondre à toutes les exigences d'un service de tramway.

Les figures 26 à 28 se rapportent à un moteur d'une puissance normale de 20 chevaux.

La longueur du noyau de tôles de l'induit est de 250 mm; son diamètre extérieur est de 394 mm; le bobinage induit en série comprend 115 sections de chacune 6 spires d'un conducteur méplat de 3 mm — 2 mm; les axes à balais sont au nombre de 2.

La longueur utile du collecteur est de 55 mm; son diamètre extérieur est de 218 mm; il porte, 115 lames.

Le diamètre d'alésage des masses polaires est de 400 mm, la longueur d'un entrefer double est donc de 6 mm.

Le bobinage inducteur comprend 2 bobines inductrices de chacune 276 spires environ d'un fil de 5 mm de diamètre nu, en 19 couches.

Les courbes de la figure 29 donnent pour ce moteur les valeurs de : l'intensité du courant (courbe I), de l'effort à la jante des roues de 800 mm de diamètre (courbe II), de la vitesse du véhicule (courbe III) et du rendement à chaud (courbe IV); le tout en fonction de la puissance à la poulie, en chevaux, le coefficient de transformation des engrenages étant de 4,55.

## APPAREILS DE CONTRÔLE ET DE SÉCURITÉ

**Dispositions générales.** — La plupart des moteurs fixes fonctionnent à potentiel constant et sont excités en dérivation. Leur mise en marche ne peut s'obtenir qu'en intercalant des résistances dans le circuit de l'induit et en les retirant graduellement lorsque la vitesse angulaire augmente, afin d'éviter des courants de démarrage excessifs.

La manœuvre de mise en marche s'obtient à l'aide d'un appareil appelé *rhéostat de démarrage* muni d'appareils de sécurité qui ont pour objet d'éviter toute fausse manœuvre et tout accident. Ce rhéostat comporte, suivant le cas :

*A.* Un dispositif de manœuvre lente et graduée, soit à l'aide d'une vis sans fin manœuvrée par un volant, soit à l'aide d'amortisseurs liquides ou d'amortisseurs à air, si l'on craint que l'ouvrier chargé de la manœuvre ne supprime trop rapidement les résistances intercalées au moment de la mise en marche;

*B.* Un dispositif empêchant l'arrêt du levier du rhéostat de démarrage dans une position intermédiaire, soit à cheval entre deux touches, soit sur une touche intermédiaire;

*C.* Un dispositif assurant la rupture automatique du circuit en cas d'interruption accidentelle du courant, et le retour automatique à la position extrême de démarrage, afin d'éviter le court-circuit du moteur lorsque le courant interrompu accidentellement serait rétabli;

*D.* Un dispositif automatique rompant le circuit en cas de surcharge excessive et ramenant le rhéostat à sa position initiale de démarrage.

Le dispositif *A* est peu employé aujourd'hui, car on suppose généralement l'ouvrier assez habile et prudent pour manœuvrer le rhéostat à la vitesse convenable pour éviter des courants excessifs.

Le dispositif *B* réuni au dispositif *C* constitue le *rhéostat à déclenchement automatique simple*.

Le levier de manœuvre du rhéostat est rappelé vers sa position de démarrage par un ressort, et il n'est maintenu en place que lorsqu'il atteint sa position extrême, par l'action d'un électro-aimant intercalé dans le circuit général. Cet électro-aimant agit sur une armature en fer doux fixée sur le levier et la maintient tant que le courant passe. S'il est interrompu accidentellement, l'armature est abandonnée et le ressort ramène le levier du rhéostat à sa position de démarrage.

Le dispositif *C* est constitué par un disjoncteur à maximum qui met l'électro-aimant du dispositif en court-circuit, si le courant dépasse sa valeur maxima d'une façon appréciable, 50 pour 100, par exemple.

Les dispositifs *B*, *C* et *D*, employés ensemble sur un appareil de démarrage, en font un ensemble désigné sous le nom de *rhéostat type universel*, parce qu'il réunit les systèmes de protection reconnus utiles pour protéger efficacement un moteur contre tout accident.

**Appareils de manœuvre pour moteurs électriques de la maison Sautter-Harlé.** — Les appareils de manœuvre des moteurs électriques réalisés par la maison SAUTTER-HARLÉ sont aussi variés que les applications de transmission.

L'appareil le plus répandu est dénommé *commutateur de mise en marche progressive avec rhéostat*. Le courant est d'abord lancé dans l'inducteur, puis dans l'induit; le rhéostat, entièrement en circuit à l'origine, est supprimé progressivement. La construction varie suivant que l'appareil est destiné à des manœuvres peu fréquentes ou continues.

Lorsqu'il doit commander le moteur dans les deux sens, il comprend un *commutateur inverseur* dont le dispositif varie suivant le mode d'enroulement du moteur.

En dehors de la mise en marche avec ou sans inversion, une seconde catégorie comprend les appareils à réglage de vitesse, soit par le courant de l'induit, soit par l'inducteur, soit par les deux simultanément.

Les commutateurs à cames forment une troisième catégorie d'appareils de commande, dans lesquels on réduit au minimum les connexions entre les rhéostats et le commutateur, toutes les ruptures de courant s'opèrent sur contacts en charbon ; les arcs sont éteints par des souffleurs magnétiques.

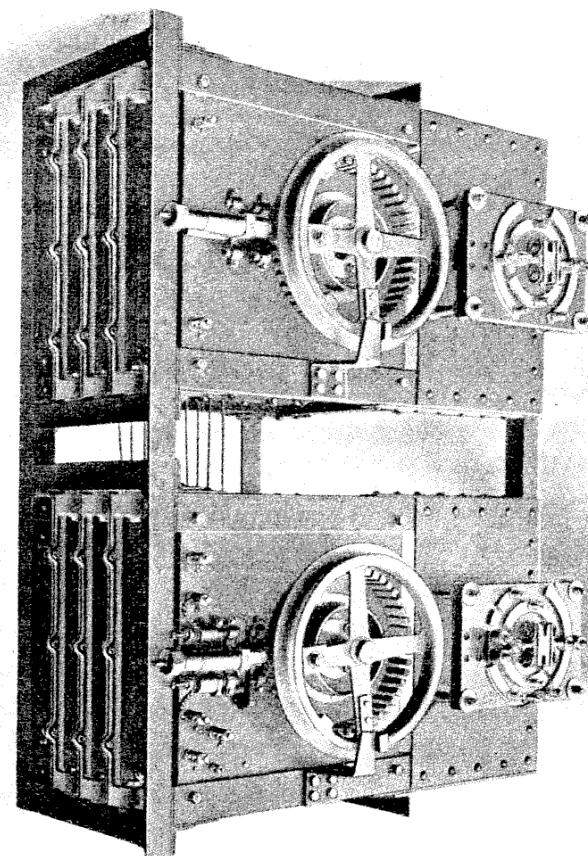


FIG. 30. — Commutateur à cames de MM. Sautter-Harlé.

La figure 30 représente un appareil de manœuvre de cette espèce, construit pour un pont roulant d'atelier de 10 tonnes, manœuvré du sol au moyen de chaînes, le treuil électrique effectuant le levage de la charge et la translation du pont; la direction se fait à bras. L'appareil règle la vitesse à la montée et à la descente : il porte deux inverseurs; toutes les ruptures de courant sont opérées sur charbon ; le rhéostat est formé de résistances sous émail.

L'appareil représenté (fig. 31) se rapporte à un pont roulant de 100 tonnes. Le réglage de la vitesse s'opère à la descente comme à la montée de la charge; le courant est à 500 volts; des souffleurs magnétiques empêchent toute étincelle dangereuse.

La quatrième catégorie d'appareils de manœuvre est basée sur l'emploi de commutateurs à relais électro-magnétiques, commandés à distance. Le principe du système inventé et perfectionné en collaboration avec MM. SAVATIER et DE LAGABBE, ingénieurs à la Société des FORGES ET CHANTIERS DE LA MÉDITERRANÉE, consiste à manœuvrer le levier du commutateur par un électro-aimant, dont le circuit se ferme sur le manipulateur de commande.

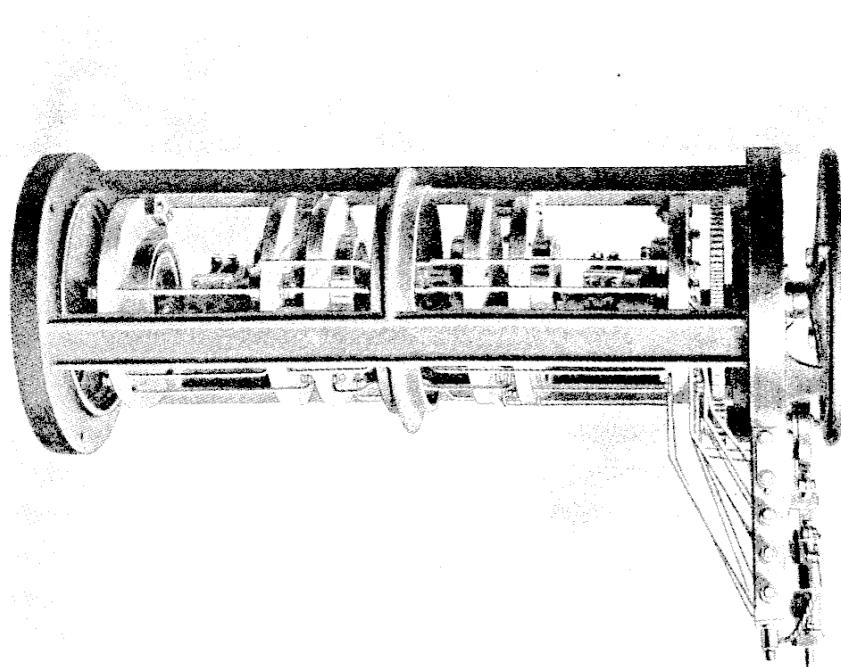


Fig. 31. — Commutateur pour pont rotatif de 100 tonnes,  
de la Maison Sautter-Harlé.

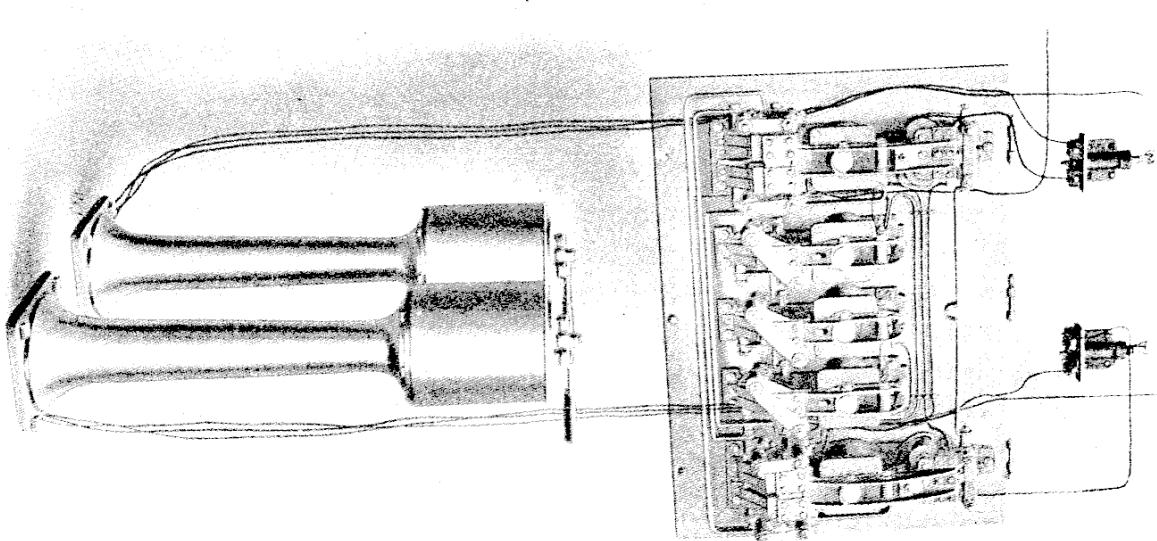


Fig. 32. — Commutateur à rotule et interrupteurs de commande de tourelle  
enroulé, de MM. Sautter-Harlé.

Ce système, d'une grande souplesse, permet d'ouvrir et fermer un circuit à distance, de faire l'inversion de marche, de régler la vitesse par l'introduction d'un rhéostat, dont chaque section est mise en circuit par un électro spécial. Pour le démarrage progressif automatique, on peut utiliser la force contre-électromotrice du moteur lui-même, en branchant à ses bornes les électros qui gouvernent les diverses sections du rhéostat. Enfin, pour les mouvements de précision, les commutateurs à relais portent une touche spéciale, qui met en court-circuit l'induit du moteur et produit les arrêts instantanés, indispensables pour l'application au pointage et aux appareils militaires. A la Classe 23 était exposé le commutateur à relais du monte-charge d'atelier.

La figure 32 représente l'appareil à relais et les manipulateurs de commande d'une tourelle cuirassée de marine. Les deux leviers principaux à droite et à gauche du panneau de relais correspondent aux deux sens de marche; les trois autres, au réglage de la vitesse.

Les commutateurs à relais SACTTER-HARLÉ, SAVATIER et DE LAGABBE ont donné la meilleure solution pour la commande à distance des pièces d'artillerie ainsi que des appareils de levage à mouvement précis. Ils sont maintenant extrêmement répandus.

Une cinquième catégorie d'appareils de manœuvre comprend les *commutateurs complexes avec relais*. La manœuvre du commutateur principal s'opère à distance, par l'intermédiaire d'un petit moteur électrique, dont le circuit est lui-même branché sur un commutateur secondaire, à relais électro-magnétique, en relation avec le manipulateur.

## B. — MOTEURS A COURANTS ALTERNATIFS

Les moteurs à courants alternatifs, qui n'existaient pas pratiquement en 1889, ont pris, surtout depuis l'Exposition de Francfort, en 1891, une extension considérable, et ils constituaient, à l'Exposition de 1900, une collection aussi complète qu'intéressante.

Les moteurs à courants alternatifs, aujourd'hui très nombreux et très variés, peuvent se classer :

1<sup>e</sup> D'après la *nature du courant* qui les alimente en *moteurs à courants alternatifs simples*; *moteurs à courants alternatifs polyphasés*: *diphasés* et *triphasés*;

2<sup>e</sup> D'après leurs *propriétés de fonctionnement* asynchrone ou non asynchrone avec les courants qui les alimentent, en *moteurs synchrones*; — *moteurs asynchrones*;

3<sup>e</sup> D'après la *nature du champ* dans lequel se meut la partie induite du moteur, en: *moteurs à champ constant*; — *moteurs à champ alternatif*; — et *moteurs à champ tournant*.

En réalité, certaines combinaisons étant incompatibles, la classification se simplifie et permet de faire rentrer tous les moteurs usuels<sup>1</sup> dans les trois groupes suivants :

a) Moteurs synchrones ou à *champ constant*;

b) Moteurs asynchrones à courants alternatifs simples, ou à *champ alternatif*;

c) Moteurs asynchrones à courants polyphasés, ou à *champ tournant*.

## a. — MOTEURS SYNCHRONES OU MOTEURS A CHAMP CONSTANT

Les moteurs synchrones sont, en principe, des alternateurs dans lesquels les courants alternatifs, simples ou polyphasés, alimentant l'induit qui se déplace dans des champs magnétiques fixes produits, soit par une excitation séparée, soit par un redressement partiel des courants alternatifs eux-mêmes, redressement obtenu à l'aide d'un commutateur.

Un alternateur quelconque peut donc, en principe, fonctionner en moteur synchrone; mais, en pratique, les moteurs synchrones comportent des dispositions mécaniques spéciales. A l'inverse des alternateurs, c'est généralement le système inducteur qui est fixe, et c'est le circuit induit recevant des courants de basse tension, qui est rendu mobile. On réduit, par ce moyen, les dangers de surveillance, les frais d'entretien, ainsi que le poids, le prix et l'encombrement.

Les moteurs synchrones présentent deux avantages importants et caractéristiques.

Le premier réside dans leur synchronisme même, grâce auquel l'opérateur commandé par le moteur tourne à une vitesse aussi constante que celle du système générateur qui l'alimente. Les variations accidentelles de la tension dues aux surcharges se traduisent seulement par des variations correspondantes en sens inverse du courant absorbé. On obtient ainsi ce résultat précieux que, dans une installation de traction dont la différence de potentiel varie à chaque instant, on peut cependant obtenir une tension constante pour l'éclairage en faisant cet éclairage à l'aide d'une dynamo à courant continu actionnée par un moteur synchrone. La tension du courant continu se règle par l'excitation de la dynamo.

Le second avantage résulte de ce qu'en surexcitant le moteur synchrone, on peut compenser le déphasage produit sur la ligne de transport par les transformateurs et les moteurs asynchrones, rendre le facteur de puissance  $\cos \varphi$  voisin de l'unité, et améliorer ainsi les conditions de fonctionnement et de rendement de la transmission.

1. Ainsi, par exemple, Ferraris a signalé, en 1894, la possibilité de réaliser un moteur *synchrone à champ alternatif*; mais l'appareil n'a jamais été construit, et est resté à l'état de simple conception théorique.

Malgré ces avantages, les moteurs synchrones se sont encore peu répandus, à cause des difficultés de démarrage, de mise en synchronisme, d'excitation, et des décrochages éventuels toujours possibles lorsque la tension baisse momentanément d'une valeur trop grande, à la suite d'un court-circuit, par exemple.

#### b. — MOTEURS ASYNCHRONES À CHAMP ALTERNATIF

Les moteurs asynchrones se divisent en deux groupes, suivant que le courant qui les alimente arrive directement dans l'induit par *conduction*, par des balais et un collecteur ou y est développé par *induction*, sans aucune liaison électrique entre l'induction et l'induit.

#### a. — Moteurs de conduction

Ces appareils, peu nombreux d'ailleurs, sont identiques, en principe, aux moteurs à courant continu, mais la carcasse inductrice doit être constituée par des tôles lamellées.

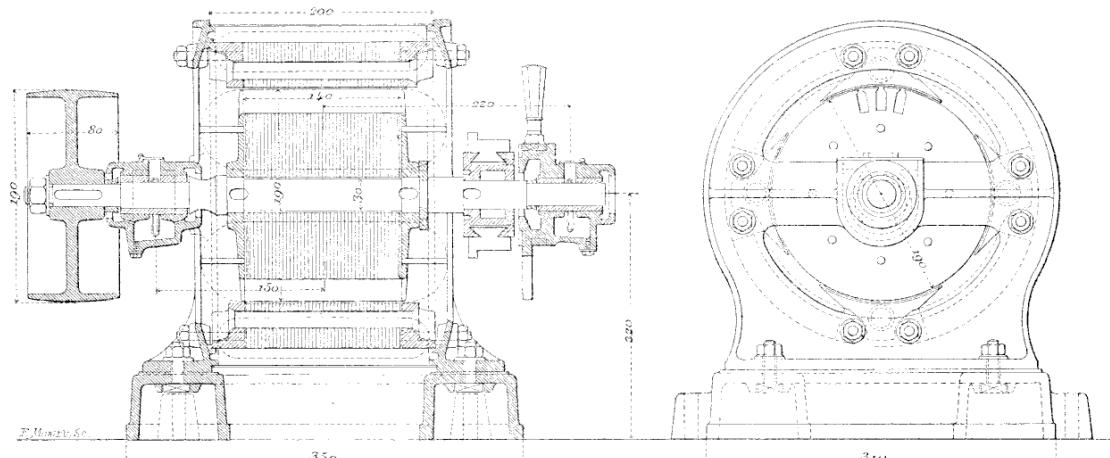


Fig. 33. — Moteur asynchrone à courants alternatifs simples, type V<sub>1</sub>, des Ateliers du Creusot.

La Société Schneider et Cie exposait une série de moteurs de ce type de 200 à 3 000 watts

pour une fréquence de 50 périodes par seconde et 410 volts. L'enroulement est série. La vitesse est réglée en agissant sur le calage des balais ou sur le rhéostat de démarrage. Dans les environs du régime normal et pour une même position des balais sur le collecteur, la vitesse est à peu près inversement proportionnelle au couple appliqué sur la poulie; la puissance demeure donc sensiblement constante.

Les courbes de la figure 34 donnent les variations des facteurs de fonctionnement d'un de ces moteurs du type V<sub>1</sub>, pouvant donner normalement

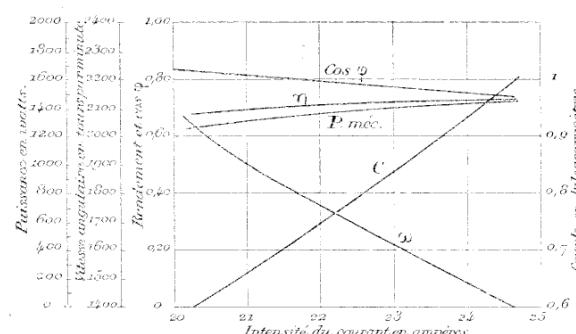


Fig. 34. — Moteur asynchrone à collecteur type V<sub>1</sub>, 1 400 watts. Courbes du couple C, de la vitesse angulaire v, de la puissance à la poulie P<sub>mec.</sub>, du rendement  $\zeta$ , et de  $\cos \varphi$  en fonction de l'intensité du courant.

une puissance de 2 chevaux à la vitesse angulaire de 1300 tours par minute, en absorbant 23 ampères environ 110 volts.

Ce moteur est tétrapolaire; l'enroulement inducteur comprend quatre bobines en tension de chacune 28 spires d'un fil guipé de 4 mm de diamètre nu.

### 3. — Moteurs d'induction ou à induit fermé sur lui-même

Ces moteurs, les seuls employés à peu près exclusivement aujourd'hui sur les réseaux de distribution à courants alternatifs simples ou polyphasés, résultent des travaux de *Ferraris* et de *Terla* sur les champs tournants. Ils sont caractérisés, dans leur construction générale, par un système inducteur généralement fixe (*stator*) recevant le courant du réseau et développant un champ, ou une série de champs, alternatifs ou tournants, et un système induit, généralement mobile (*rotor*), dont l'enroulement est fermé sur lui-même et complètement indépendant de l'enroulement du stator. Le mouvement de rotation est dû aux actions du champ produit par l'inducteur sur les courants induits dans le rotor. C'est de là que vient le nom de *moteur d'induction*. Le rotor comporte, suivant les cas, un induit en *cage d'écureuil* ou un induit bobiné, avec dispositif permettant d'introduire des résistances variables dans ce circuit bobiné, en vue de faciliter le démarrage.

Pour les moteurs de petite puissance, les paliers sont rapportés et font corps avec une couronne qui permet, suivant le cas, de *poser* le moteur à terre, de *l'appliquer* contre un mur ou une colonne, ou de le *suspendre* à une poutre, tandis que les paliers graisseurs, toujours à bagues, conservent leur position verticale.

**Conditions générales de construction.** — La construction des moteurs asynchrones, dont la puissance varie entre 200 watts et 75 kilowatts (100 chevaux), s'est uniformisée comme type général, en ce sens que tous les moteurs sont aujourd'hui constitués par un inducteur fixe (*stator*) et un induit mobile (*rotor*). L'inducteur bobiné en anneau et l'induit fixe employés au début ont aujourd'hui complètement disparu.

*Stator.* — Le stator est constitué par une série de disques de tôle de 0,3 à 0,5 mm d'épaisseur isolés au papier, superposés et maintenus dans une carcasse en fonte qui sert de bâti et supporte les graisseurs, toujours à bagues. Pour les moteurs de grande puissance, des canaux de ventilation sont ménagés entre les disques, qui forment plusieurs paquets distincts.

La couronne annulaire formée par l'empilement des disques reçoit son bobinage dans des encoches ou dans des trous. Les encoches permettent la fabrication préalable des bobines sur formes, mais les trous donnent une répartition du magnétisme plus régulière et conduisent à un courant magnétisant plus petit, à la condition d'être percés très près du bord. Certains constructeurs refendent les trous, afin d'éviter les dérivations magnétiques. Ces trous sont garnis de tubes en micanite pour les hautes tensions, de tubes en fibre ou en pressspahn, et même de simple placage en bois pour les basses tensions.

Le bobinage est constitué, suivant la tension, par des fils isolés formant bobine rectangulaire ou des barres. Les moteurs à courants alternatifs, simples ou diphasés comportent autant de bobines que de pôles; les moteurs triphasés ont, pour chaque phase, un nombre de bobines élémentaires égal à la moitié du nombre de pôles.

Dans l'enroulement à barres, on dispose ces barres dans des trous relativement nombreux, de façon à réduire l'importance de la denture et à uniformiser le champ : l'enroulement est connu sous le nom d'enroulement *progressif* ou *réparti*. Le nombre de trous par pôle et par phase varie entre 4 et 9. Les trois phases du stator sont montées en triangle ou en étoile. Le montage en triangle s'emploie surtout pour les moteurs puissants à basse tension.

Pour faciliter le montage du rotor, au lieu d'employer trois formes de gabarits distinctes pour les trois circuits triphasés, ce qui obligeait à recourber l'un d'eux vers la partie centrale et obstruait ainsi le passage de cet inddit, la maison *Brown Boveri et C<sup>ie</sup>* ne dispose les bobines successives de trois phases que sur deux gabarits, l'un restant sur le cylindre d'enroulement, l'autre se relevant à l'extérieur de ce cylindre. L'enroulement triphasé nouveau ressemble donc abso-

lument à un enroulement diphasé. Cet enroulement économise un gabarit et permet de retirer facilement la partie tournante hors de la partie fixe du moteur, sans avoir à démonter celle-ci.

*Rotor.* — Le rotor est également constitué par une carcasse en tôle de fer de 0,5 à 1 mm d'épaisseur percée de trous dans lesquels se loge le bobinage induit. L'entrefer doit être aussi

petit que le permet la perfection de la construction, en vue de réduire le courant magnétisant et la dispersion. Les moteurs d'Oerlikon ont un entrefer égal au millième du diamètre du rotor. La perte par hystérésis étant faible, il est inutile de ménager des canaux de ventilation dans les tôles du rotor.

Pour les moteurs de faible puissance, le nombre de trous percés dans le rotor est premier avec celui des trous du stator. L'enroulement, jusqu'à 3 ou 4 kilowatts est fait en court-circuit, soit en cage d'écureuil, soit en fils de cuivre *nus* disposés dans les trous du rotor garni d'un isolement. L'emploi du rotor en fils *nus* permet de réduire le nombre de soudures et de fabriquer un rotor plus

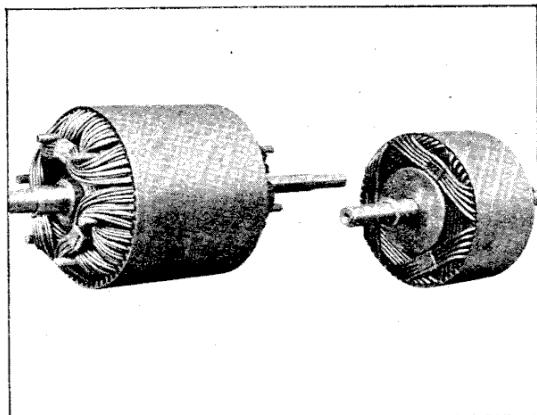


Fig. 35. — Rotor en court-circuit des moteurs d'induction de faible puissance des Ateliers d'Oerlikon.

économique, aussi solide et moins résistant électriquement qu'une cage d'écureuil. La figure 35 représente ce dispositif appliqué par les ATELIERS D'ERLIKON à ses moteurs de faible puissance.

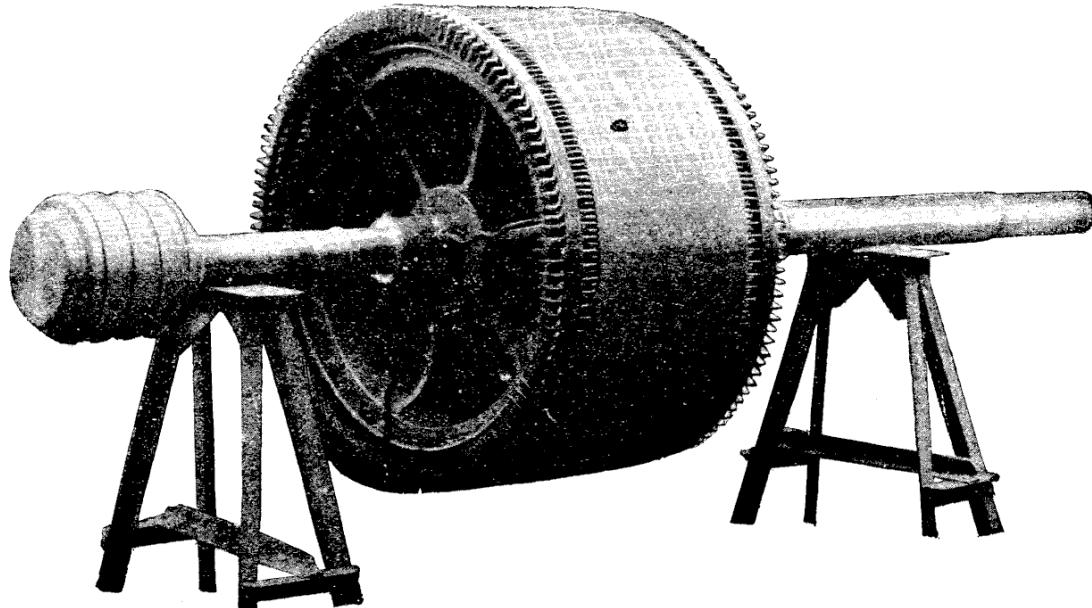
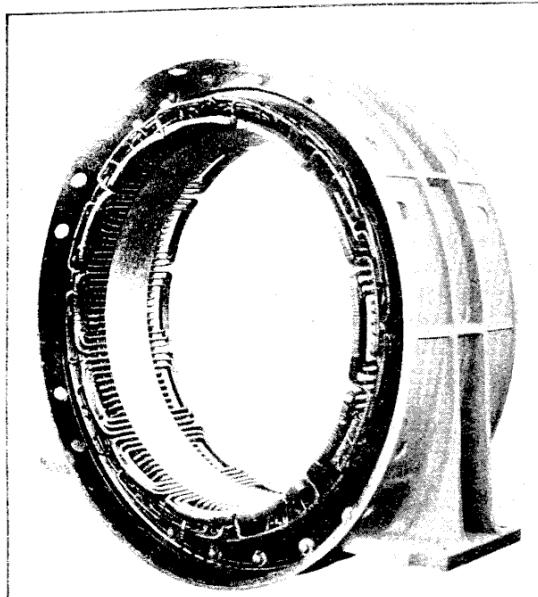


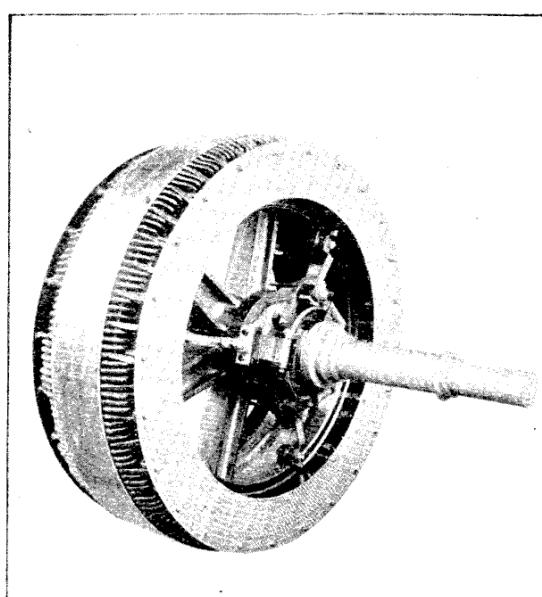
Fig. 36. — Rotor bobiné, avec bagues, des moteurs asynchrones de la Société alsacienne de constructions mécaniques.

Les moteurs d'une puissance supérieure à 3 kilowatts ont un enroulement intérieur et multipolaire triphasé en étoile, analogue à celui de l'induit des alternateurs triphasés, et dont les trois extrémités sont reliées à trois bagues isolées sur lesquelles appuient trois frotteurs reliés

eux-mêmes à un rhéostat triple permettant d'introduire des résistances variables dans l'induit, suivant le système inventé par M. MAURICE LEBLANC, en 1889. — Cet enroulement triphasé est fait avec un nombre de pôles égal à celui du stator. Il est combiné pour ne pas être trop gros,



Inducteur (stator).



Induit (rotor).

Fig. 37. — Moteur de 240 kilowatts (375 tours par minute) à courants triphasés des Ateliers d'Oerlikon.  
 $U = 1950$  volts,  $I = 110$  ampères,  $n_1 = 2\pi.50$ .

ce qui grossirait les bagues de prises de courant et le rhéostat de démarrage, ni trop fin, pour que les tensions développées dans le rotor ne soient pas excessives et n'imposent pas un isolement trop coûteux. La figure 36 représente, à titre d'exemple, un rotor bobiné à bagues de la SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES.

La figure 37 représente, séparés, le stator et le rotor d'un moteur à courants triphasés de 240 kilowatts des ateliers d'Oerlikon, avec dispositif de mise en court-circuit de l'induit après démarrage. L'enroulement est en fils de cuivre, et ne comporte en tout que 25 soudures, beaucoup moins que n'en comporterait un enroulement à barres.

*Rotor avec coupleur.* — Lorsque la puissance du moteur ne dépasse pas 30 kilowatts, et que le couple au démarrage n'excède pas les trois quarts du couple à charge normale, la SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES emploie un *rotor à coupleur bobiné* en deux groupes, de telle sorte que, pendant la période de démarrage, les forces électromotrices qui se

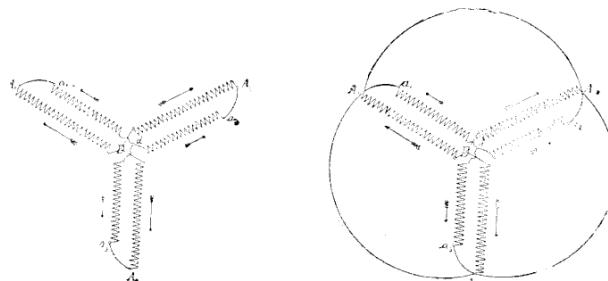


Fig. 38. — Montage en opposition. — Fig. 39. — Montage en court-circuit.  
 Enroulement triphasé double des rotors à coupleur des moteurs polyphasés de la Société alsacienne de constructions mécaniques.

développent dans les deux sections de l'enroulement sont de sens contraires. L'inégalité du nombre de spires et le montage en opposition produisent dans le circuit le courant nécessaire au démarrage avec un couple intense. Dès que le *rotor* atteint une vitesse voisine du synchronisme, on ferme un interrupteur qui met simultanément toutes les sections de l'enroulement en court-circuit (fig. 38 et 39). Cet interrupteur est manœuvré à la main (fig. 40) ou automatique

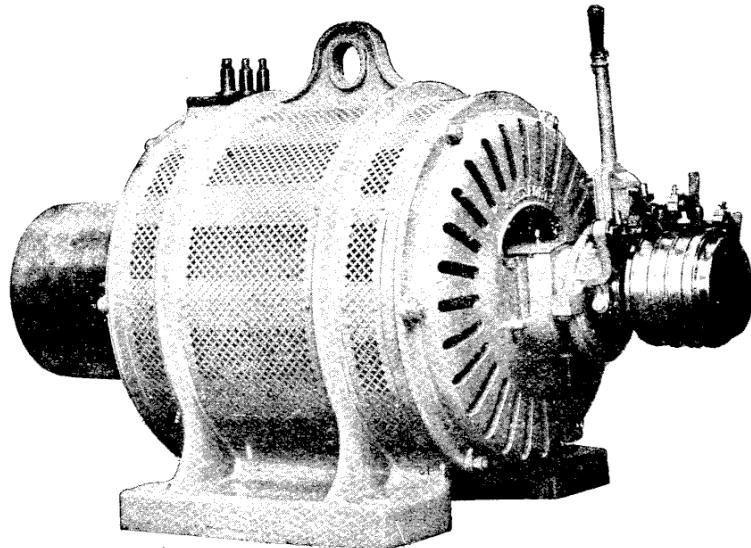


FIG. 40. — Coupleur à main.

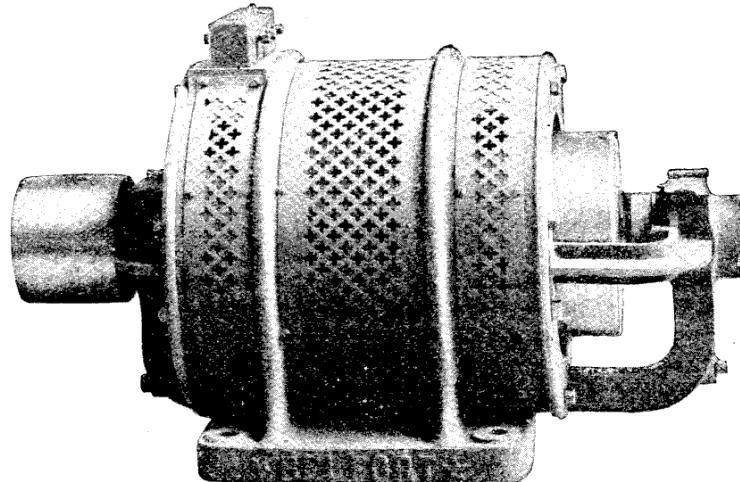


FIG. 41. — Coupleur automatique.

Moteurs à coupleur de la Société alsacienne de constructions mécaniques.

quement (fig. 41), sous l'influence d'un régulateur à force centrifuge qui, pour une vitesse angulaire déterminée, agit comme le levier du coupleur à main pour supprimer le couplage en opposition.

Ces contacts sont formés par deux leviers disposés de façon à ce que le bras de levier du ressort de rappel diminue, tandis que l'effet de la force centrifuge augmente. On obtient ainsi

un fonctionnement franc et instantané des contacts qui évite les inconvénients qu'auraient pour ces contacts une fermeture et une ouverture progressives.

Les *rotors* à coupleur s'emploient jusqu'à des puissances de 75 kilowatts pour des démarriages à vide. Pour les moteurs à coupleur dont la marche est presque continue, un dispositif spécial supprime le frottement des balais sur les bagues pendant la marche, après la mise en court-circuit des trois sections triphasées.

**Démarrage des moteurs à courants alternatifs simples.** — Le démarrage de moteurs à courants alternatifs simples se fait généralement à vide, afin de diminuer le temps nécessaire au démarrage et de réduire l'intensité initiale du courant et de diminuer la réaction du moteur sur l'éclairage. Le démarrage à vide s'obtient d'une manière très simple en munissant le moteur de poulie fixe et folle ou d'un embrayage à friction. Cette disposition simplifie la transmission, car elle supprime alors sur celle-ci la poulie folle et l'embrayage.

Pour les moteurs de très faible puissance, jusqu'à 500 watts, le moteur peut ne comporter aucun dispositif auxiliaire. Il suffit de lui imprimer une impulsion initiale en tirant sur la courroie, et de fermer aussitôt le circuit en continuant l'action impulsive.

Pour des puissances supérieures à 500 watts, l'induit porte deux enroulements, un enroulement principal et un enroulement auxiliaire qui transforme le champ alternatif en champ tournant. En fermant le circuit, une résistance non inductive est intercalée dans le circuit principal, et une résistance fortement inductive dans le circuit auxiliaire, afin d'obtenir un *déphasage* suffisant des deux courants. Lorsque le moteur a atteint sa vitesse de régime, la résistance non inductive est mise en court-circuit, et l'enroulement auxiliaire est mis hors circuit par la manœuvre d'un inverseur spécial disposé sur le démarreur.

Pour des moteurs dont la puissance dépasse 3 ou 4 kilowatts, le rotor est muni du dispositif de M. Maurice Leblanc permettant de faire varier le couple moteur et de lui donner la valeur minima correspondant à chaque vitesse.

Le démarrage en champ tournant des moteurs à courants alternatifs simples, avec ou sans résistances variables intercalées dans l'induit, constitue la solution la plus généralement adoptée, et celle que présentaient plus de vingt constructeurs à l'Exposition.

Le système de démarrage de M. HEYLAND, construit par la COMPAGNIE INTERNATIONALE d'ÉLECTRICITÉ, de Liège, diffère notablement des autres, en ce que le second circuit, destiné à produire le démarrage, disposé de façon à créer un champ alternatif décalé sur le champ normal de 90° — pour un moteur à deux pôles — est constitué par un enroulement ne comportant qu'un petit nombre de spires et présentant, par suite, un faible coefficient de self-induction. Dans ces conditions, le flux magnétique dû à ce circuit auxiliaire de démarrage est plus intense que celui produit par l'enroulement normal, et se trouve déphasé sur celui-ci de près d'un quart de période. On obtient ainsi un grand couple de démarrage égal à celui qui correspond à la marche normale en n'absorbant qu'un courant double du courant normal à pleine charge.

LES ATELIERS d'OEBLIKON, LA Cie GÉNÉRALE ÉLECTRIQUE, etc., emploient, pour faire démarrer le moteur d'une puissance supérieure à 1 kilowatt, un dispositif identique en principe, et qui consiste à transformer momentanément le moteur à courants alternatifs simples en moteur à champ tournant alimenté par des courants alternatifs diphasés. Ces courants diphasés sont obtenus par deux dérivations établies sur le réseau, et dont les constantes de temp. sont très différentes, afin d'obtenir un champ tournant. A cet effet, le circuit principal est branché sur le réseau en y intercalant une résistance auxiliaire sans self-induction.

Le second circuit, ou circuit de démarrage, comporte une résistance aussi faible que possible, et présente un coefficient de self-induction aussi élevé que possible, grâce à l'emploi d'un bobinage renfermant plus de spires, et d'une bobine de self extérieure. Dans ces conditions, le courant traversant le courant principal est presque en phase avec la différence de potentiel qui l'alimente, tandis que le second circuit est presque en quadrature, ce qui produit le déphasage nécessaire à la création d'un champ tournant. Sous l'influence de ce champ, le moteur démarre,

à vide ou sous faible charge, et dès que la vitesse est suffisante, à l'aide d'une seule manœuvre d'un commutateur approprié, on met en court-circuit la résistance additionnelle du circuit normal et on rompt le circuit auxiliaire de démarrage.

L'ensemble du dispositif comprenant le commutateur, la résistance non inductive et la résistance inductive constitue le *démarrleur*.

La figure 42 représente, à titre d'exemple, le démarreur des ATELIERS DE CONSTRUCTION D'OERLIKON. Les poignées en ébonite sont munies de disques de garde pour protéger les mains de l'ouvrier qui le manœuvre du contact des parties à haute tension et des étincelles de rupture.

Pour des moteurs dont la puissance dépasse 3 kilowatts, le système de démarrage se complète par un rhéostat introduisant des résistances variables, dans le rotor, d'après le système de M. MAURICE LEBLANC.

**Embrayage hydraulique automatique.** — Lorsqu'il est impossible de disposer une poulie folle de commande sur l'arbre du moteur, le démarrage se fait à vide à l'embrayage automatiquement au moment opportun à l'aide du dispositif représenté (fig. 43) exposé par la SOCIÉTÉ DES ÉTABLISSEMENTS DE CREIL.

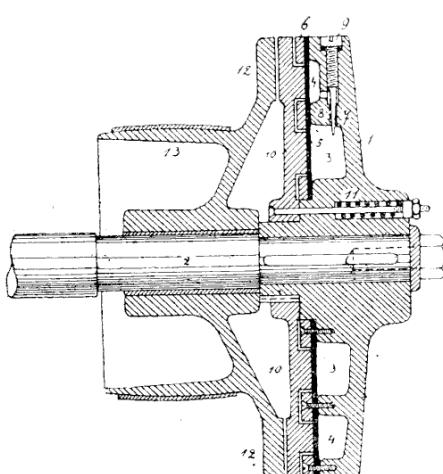


Fig. 43. — Embrayage hydraulique-automatique.

croissante dans l'évidement 4 par l'ouverture 7: ce liquide gonfle la membrane 3 et appuie ainsi le plateau 10 contre le plateau 12. L'espace de temps nécessaire pour provoquer l'entraînement du plateau 12 peut être réglé au moyen de la vis 9 engagée dans l'ouverture 7.

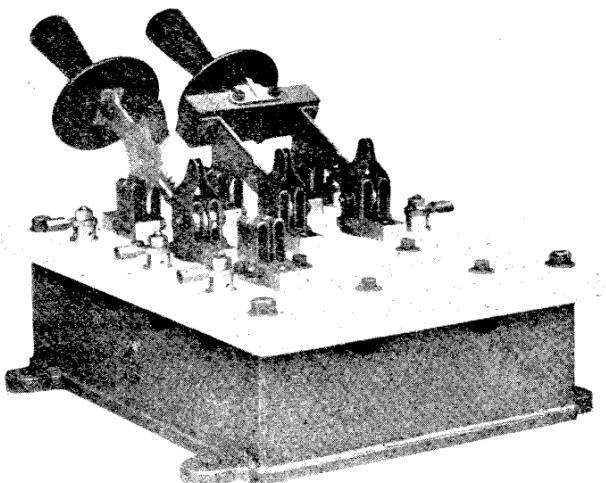


Fig. 42. — Appareil de démarrage des moteurs asynchrones à courant alternatif des Ateliers d'Oerlikon.

## 6. — MOTEURS ASYNCHRONES A CHAMP TOURNANT

**Considérations générales.** — Les moteurs à champ tournant ne diffèrent des moteurs à champ alternatif que par la nature des courants qui traversent le système inducteur, et par le bobinage disposé pour créer un champ tournant dans lequel se meut le rotor. Ce champ tournant peut être obtenu soit par des courants alternatifs *diphasés*, soit par des courants *triphasés*; mais l'emploi des courants triphasés est de beaucoup le plus répandu.

Le démarrage des moteurs de grande puissance est facilité soit par l'introduction de résistance variable dans l'induit, ou retor, procédé dû à M. Maurice Leblanc, soit en employant un moteur à double cage d'écureuil (Boucherot), soit en transformant momentanément le moteur d'induction en moteur de conduction, et en le retransformant à nouveau en moteur d'induction après démarrage (Max Déri). Nous décrirons ces deux derniers procédés un peu plus loin. Le système de M. Maurice Leblanc est tellement connu qu'il nous semble inutile d'insister ici.

**Petits moteurs à induit mobile des ateliers du Creusot.** — *Types F<sub>1</sub> et F<sub>8</sub> (fig. 44 et 45).* Dans ces petits moteurs, l'inducteur fixe extérieur est bobiné en anneau avec montage en étoile : il se compose d'un noyau de tôles rainé intérieurement. L'induit intérieur comprend également

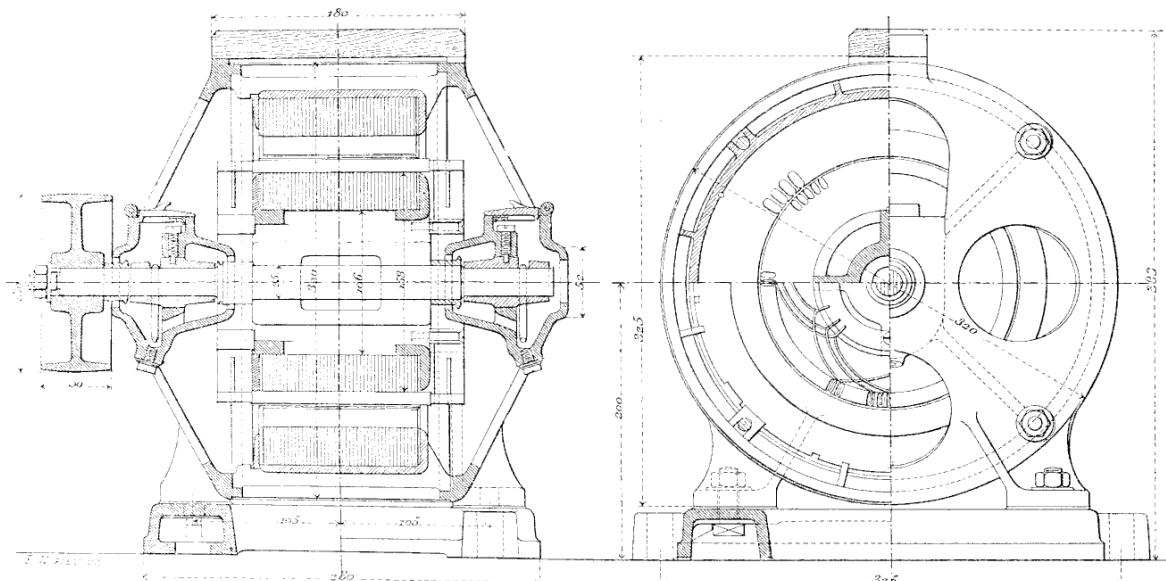


FIG. 44. — Coupe longitudinale. — FIG. 45. — Vue par le haut avec coupe transversale partielle.

## Moteur à courants triphasés, type E.

un noyau de tôles annulaires enfilé sur un moyeu en fonte claveté sur l'arbre; son bobinage en tambour diphasé, fermé sur lui-même, est formé de conducteurs d'assez forte section réunis par des développantes.

Le type F<sub>1</sub> (fig. 44 et 45) peut fournir normalement une puissance de 1 cheval sous une tension composée de 410 volts 'montage en étoile' à la vitesse angulaire de 1500 tours par minute. La fréquence est de 30 périodes par seconde, l'induction étant de 1150.

L'enroulement inducteur comprend 12 bobines (3 fois 4) de chacune 90 spires d'un fil guipé de 1,5 mm de diamètre sur fil de 72 micromètres d'épaisseur. Les 3 bobines sont enroulées l'une sur l'autre.

La section des bobines de l'induit est de 11 mm. de diamètre et 10 mm. de hauteur.

diamètre égal à la plus petite dimension; ces barres ont une hauteur de 7,5 mm et une largeur de 3 mm. L'enroulement de l'induit est un tambour diphasé en court-circuit. Il y a 88 barres à la périphérie, réunies entre elles par des fourches en cuivre rouge ayant une section de 10 mm  $\times$  1,5 mm, la longueur totale d'une branche simple de ces fourches étant de 80 mm.

Le diamètre extérieur du noyau induit est de 180 mm; le diamètre intérieur du noyau inducteur est de 181,5 mm; la longueur d'un entrefer double est donc de 1,5 mm. La largeur commune des deux noyaux est de 114 mm.

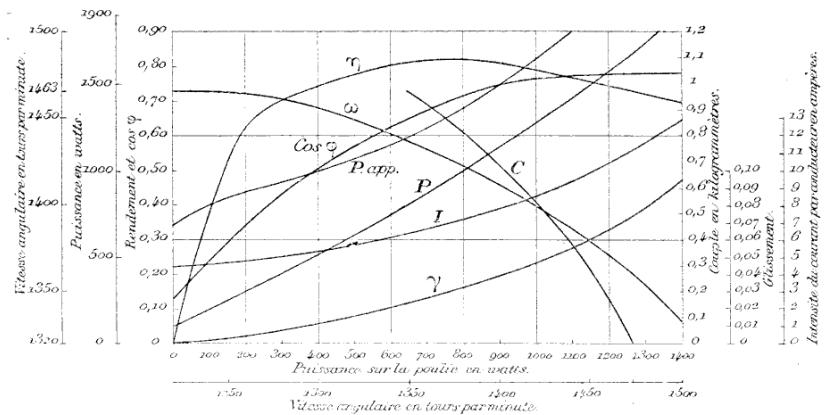


Fig. 46. — Moteur à courants triphasés type F<sub>1</sub> des ateliers du Creusot.

Courbes : de l'intensité I de la puissance absorbée P, de la puissance apparente P<sub>app</sub>, de la vitesse angulaire  $\omega$ , du glissement  $\gamma$ , du rendement  $\eta$ , et de  $\cos \varphi$  en fonction de la puissance sur la poulie. — Courbe C du couple en fonction de la vitesse angulaire.

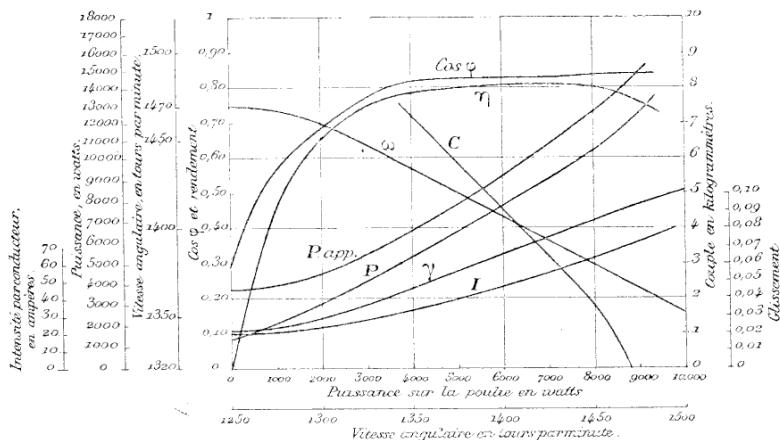


Fig. 47. — Moteur à courants triphasés type F<sub>8</sub> des ateliers du Creusot.

Mêmes symboles que pour la figure 46.

Les courbes de la figure 46 donnent les résultats d'essais effectués sur ce moteur.

Le type F<sub>8</sub>, également tétrapolaire, peut fournir normalement une puissance de 8 chevaux sous une tension composée de 110 volts (montage en étoile), à la vitesse angulaire de 1 500 tours par minute.

L'enroulement inducteur comprend 12 bobines (3 fois 4) de chacune 30 spires de deux fils en parallèle d'un diamètre de 2,3 mm nu; il y a en tout 120 rainures (10 par bobine).

Les barres de l'induit, au nombre de 144, ont une section oblongue; elles ont une hauteur de 7,5 mm sur une largeur de 3 mm. L'enroulement induit est en tambour diphasé en court-

circuit. Les barres sont réunies entre elles au moyen de fourches de connexion en cuivre rouge ayant une section de  $11 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ , la longueur totale d'une branche simple de fourche étant de 138 mm.

Le diamètre d'alésage des tôles de l'inducteur est de 322 mm; le diamètre extérieur des tôles de l'induit est de 320 mm. La longueur d'un entrefer double est donc de 2 mm. La longueur commune des noyaux de tôles est de 206 mm.

Les courbes de la figure 47 donnent les résultats d'essais effectués sur ce moteur.

Pour les moteurs de faible puissance employés dans les industries textiles, la SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES utilise un dispositif de mise en marche et d'arrêt qui mérite une mention spéciale. Le moteur est enroulé en étoile; le courant arrive par la partie

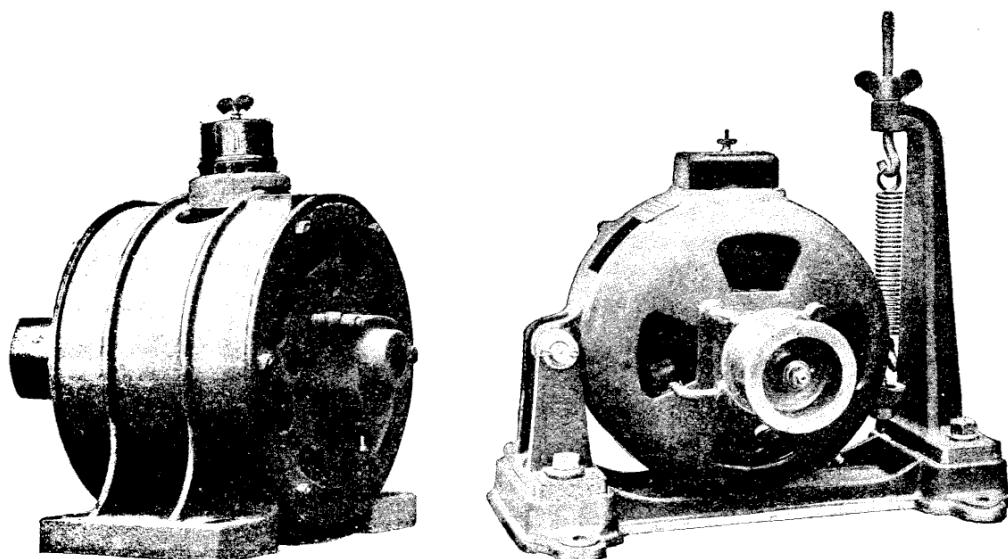


Fig. 48. — Moteur avec interrupteur à trois contacts.

Fig. 49. — Moteur de filature avec suspension élastique.

Moteurs à courants alternatifs triphasés de la Société alsacienne de constructions mécaniques.

inférieure, et les extrémités de l'étoile sont ramenées au sommet du moteur; pour mettre en marche, on ferme simplement l'étoile de l'enroulement à l'aide d'un interrupteur à clef à trois contacts disposé à la partie supérieure du moteur (fig. 48). Cette disposition permet de supprimer les inconvénients que les conducteurs présentent dans les salles remplies de duvet et de poussières d'un établissement textile.

La figure 49 représente un moteur à courant polyphasé de faible puissance appliqué aux métiers à tisser: le poids du moteur tend la courroie, et la tension est réglée par un ressort tiré par une tige filetée commandée par un écrou à oreilles.

**Moteurs à courants triphasés à inducteur mobile des ateliers du Creusot (fig. 50 et 51).** — Ce moteur fournit normalement une puissance de 30 chevaux sous une différence de potentiel de 410 volts (montage en triangle), à la vitesse angulaire de 820 tours par minute, et à la fréquence de 50 périodes par seconde.

Sur le bâti en fonte sont fixés: d'une part, les paliers à graissage automatique par bagues; d'autre part, la carcasse d'induit fixe en fonte à l'intérieur de laquelle est introduit le noyau de tôles de l'induit.

Le noyau inducteur mobile est monté sur une carcasse en bronze frettée sur l'arbre. L'en-

roulement inducteur est en anneau et reçoit les courants triphasés par trois bagues fixées sur l'arbre et sur lesquelles s'appuient autant de frotteurs.

L'enroulement induit est en tambour et en diphasé. Au démarrage, pour obtenir un couple supérieur ou égal à celui normal sans que l'intensité atteigne une valeur excessive, on intercale des résistances liquides dans les circuits diphasés de l'induit; on diminue progressivement ces résistances au fur et à mesure de la mise en marche, et l'on met finalement l'enroulement induit en court-circuit.

L'inducteur mobile hexapolaire est en anneau; il comprend 18 bobines (3 fois 6); à chaque bobine correspondent 14 rainures et 140 spires d'un fil gaipé ayant un diamètre de 2,5 mm nu; les trois circuits triphasés sont couplés en triangle et, dans chacun de ces circuits, les 6 bobines qui le composent sont en parallèle.

L'induit fixe est en tambour biphasé à barres; l'enroulement comprend 12 bobines à chacune desquelles correspondent 18 barres de 4 mm  $\times$  12 mm logées dans autant de rainures; les bobines sont connectées entre elles, de telle sorte que l'un quelconque des deux circuits biphasés comprenne deux groupes en parallèle de chacun 3 bobines en tension.

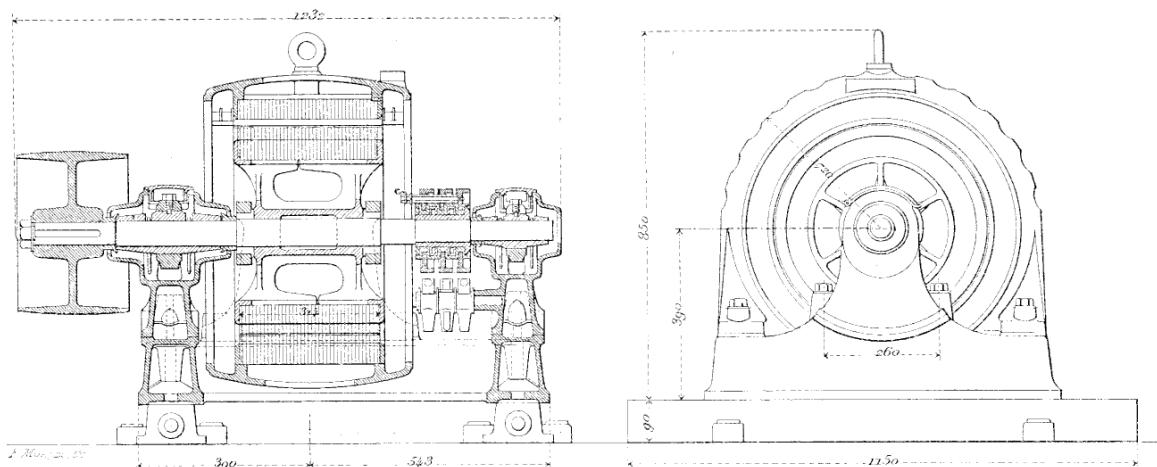


FIG. 30. — Coupe longitudinale.

FIG. 31. — Vue par bout.

Moteur à courants triphasés type F<sub>20</sub> des ateliers du Creusot.

Le diamètre d'alésage des tôles de l'induit est de 489 mm; celui de l'extérieur des tôles de l'inducteur de 480 mm; la longueur d'un entrefer double est donc de 3 mm. La longueur commune des noyaux de tôle est de 314 mm.

**Auto-démarreur de la Société industrielle d'électricité, procédés Westinghouse.** — Pour le démarrage des moteurs puissants, la Société WESTINGHOUSE emploie une tension réduite obtenue à l'aide de deux auto-transformateurs mis en dérivation sur les circuits de distribution à l'aide d'un commutateur approprié. Lorsque le démarrage est obtenu, la manœuvre du commutateur met hors circuit les auto-transformateurs et relie directement les enroulements du stator au réseau.

La figure 32 représente l'ensemble de l'auto-démarreur Westinghouse : les auto-transformateurs sont disposés dans le socle de l'appareil. Le démarreur peut être placé loin du moteur, ce qui présente des avantages lorsque le moteur est établi en un endroit renfermant des gaz ou des poussières inflammables, qu'il est dans une cave, ou dans tout autre endroit d'un accès difficile, ce qui met les matières inflammables à l'abri des étincelles.

Pour les moteurs de puissance moyenne, on peut utiliser le fait que, dans une distribution par courants diphasés à *quatre* fils, il existe des tensions alternatives différentes entre les différents fils. On relie les enroulements sur les tensions les plus basses au démarrage et sur les

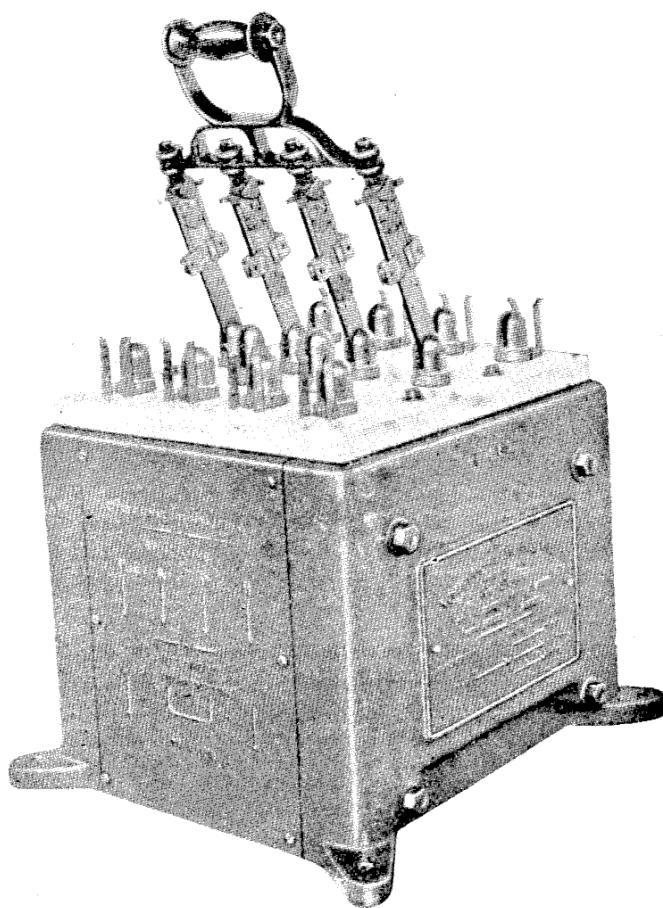


FIG. 32. — Auto-démarreur Westinghouse.

tensions les plus élevées en marche normale. Le démarreur se réduit dans ce cas à un simple commutateur à bascule, sans auto-transformateurs.

**Moteur Boucherot.** — Pour supprimer les rhéostats, les bagues et les balais, et n'absorber à chaque instant qu'un courant proportionnel au couple de démarrage, M. Boucherot a eu l'idée de disposer dans l'induit deux enroulements en cage d'écureuil, dont les constantes de temps sont très différentes.

La cage antérieure à grande résistance agit au moment du démarrage et la cage intérieure, moins résistante, lorsque la vitesse angulaire est voisine du synchronisme.

Les conditions auxquelles doit satisfaire l'enroulement induit pour que le couple moteur soit à chaque instant maximum pendant la période de démarrage sont mieux satisfaites dans le moteur à double stator de M. BOUCHEROT, exposé par la MAISON BREGUET.

Le moteur dit « type  $\alpha$  » est constitué en principe par deux inducteurs montés sur un bâti commun et d'un induit unique muni d'un bobinage spécial.

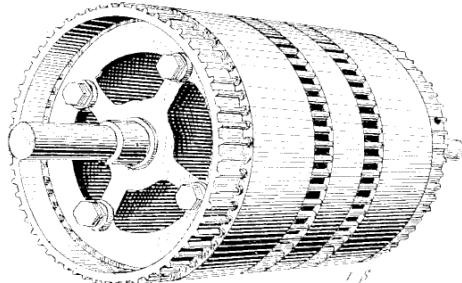
Chaque inducteur est formé d'une série de tôles minces : l'un d'eux est fixé sur le bâti,

tandis que le second inducteur est déplaçable d'un certain angle par rapport au premier autour d'un axe commun. Ce déplacement s'obtient à l'aide d'un levier ou d'un volant commandant une vis sans fin.

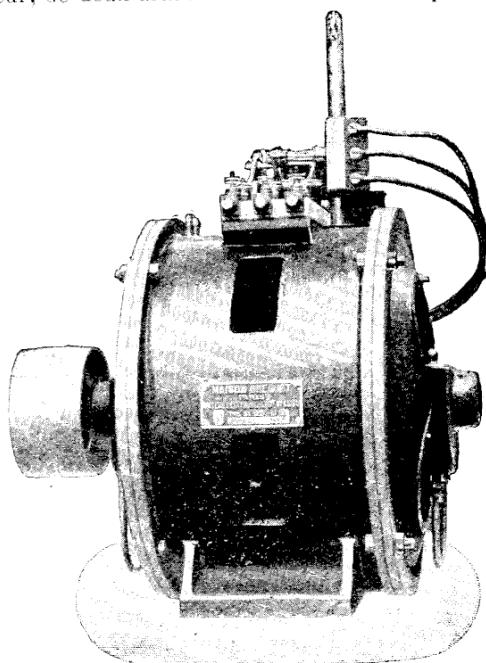
L'enroulement de chacun des *stators* est celui d'un inducteur ordinaire de moteur à courants polyphasés; le bobinage peut être réalisé en étoile ou en triangle, et le couplage des *stators* entre eux peut s'effectuer en série ou en quantité, suivant le mode de groupement le plus avantageux pour la tension adoptée. La division du système inducteur en deux éléments facilite grandement le choix des dispositions à adopter sans qu'il soit besoin d'insister plus longuement sur les combinaisons possibles.

La liaison entre l'inducteur fixe et l'inducteur mobile est obtenue par des câbles souples.

Le *rotor* (fig. 53), est formé, comme l'inducteur, de deux armatures en tôles minces perforées et solidement montées sur l'arbre commun; chacune des armatures correspond à l'un des *stators* lorsque le moteur est assemblé. Les barres de cuivre de la cage d'éécureuil sont communes aux deux armatures et soudées par leurs extrémités à deux cercles en cuivre; l'intervalle laissé libre entre les deux armatures est occupé par une frette en métal de grande résistivité (fer, maillechort ou ferro-nickel) rivée et soudée sur les différentes barres de la cage d'éécureuil.



Rotor double.



Levier à la fonction de démarrage.

FIG. 53. — Moteur système Boucherot, type 2 (de 1 à 3 chevaux).

Les deux *stators* sont situés au repos, l'un par rapport à l'autre, de telle sorte que les enroulements de l'un d'eux soient déplacés par rapport aux enroulements de l'autre de l'espace angulaire correspondant à une demi-période.

Cette position est celle du démarrage, qu'on obtient par simple fermeture de l'interrupteur.

Dans ces conditions, les pôles magnétiques excités dans les deux *stators* suivant les mêmes génératrices sont de signes contraires, et les courants induits dans les barres de la cage d'éécureuil étant en opposition se réunissent en quantité à travers la frette de maillechort. Le moteur démarre alors absolument comme un moteur à résistances variables dans l'induit et avec les mêmes propriétés, c'est-à-dire que le courant absorbé est proportionnel au couple développé.

Lorsque l'induit s'est mis en mouvement, ce qui a lieu immédiatement après la fermeture de l'interrupteur, on réduit progressivement l'angle des deux systèmes de champs magnétiques jusqu'à ce que le stator que l'on déplace vienne occuper la position correspondant à la concordance des phases des forces électromotrices induites; il ne passe plus alors aucun courant par la frette en maillechort: c'est la position de marche normale. Cette manœuvre ne demande que quelques secondes et peut être facilement combinée avec la fermeture de l'interrupteur.

Le moteur  $\alpha$  possède donc la constitution d'un moteur à cage d'écureuil, tout en ayant les propriétés des moteurs à résistances variables dans l'induit imaginés par M. Leblanc. Ces deux genres de moteurs se différencient essentiellement au point de vue théorique, par le mode opératoire :

Dans le procédé de M. Leblanc, on fait varier les résistances intercalées dans les circuits induits ; dans le moteur de M. Boucherot, on fait varier la différence des phases de deux séries de courants polyphasés placées en dérivation sur une résistance fixe.

**Moteurs à courants alternatifs simples ou polyphasés à grand couple de démarrage, système Max Déri.** — La plupart des moteurs à courants alternatifs simples ou polyphasés exigent, pour leur mise en marche et afin d'augmenter le couple de démarrage, l'intercalation de résistances dans l'induit.

Dans ce but, on fixe généralement des bagues à l'induit, et, à l'aide de balais, on intercale des résistances dans le bobinage de l'induit, lesquelles résistances sont mises hors circuit ou en court-circuit dès que l'induit a atteint une certaine vitesse angulaire. Ce procédé donne lieu à des inconvénients et à des complications dans la construction de l'induit.

Ainsi le bobinage de l'induit est plus compliqué, son induction est moins efficace, et des anneaux, des balais et des connexions sont nécessaires.

Dans d'autres cas, principalement dans les moteurs à courants alternatifs simples, on intercale un collecteur dans l'enroulement de l'induit, ou circuit fermé sur lui-même, à l'aide duquel, en inclinant et en mettant en court-circuit des balais, on obtient un couple moteur considérable au moment du démarrage.

Le passage des courants induits par le collecteur et les balais n'est cependant nécessaire que pendant la mise en marche du moteur, et il est interrompu dès que l'induit a atteint une certaine vitesse angulaire. À partir de ce moment, l'induit continue son mouvement de rotation, par l'induction de l'enroulement de l'induit en court-circuit, et les courants passant par le collecteur et les balais sont non seulement superflus, mais même nuisibles.

Le but du procédé imaginé par M. Max Déri est d'annuler les inconvénients signalés ci-dessus et qui se présentent dans la construction et l'usage des moteurs et des appareils à courants alternatifs. Il consiste à relier les groupes d'enroulement sur l'induit avec des résistances, ou bien avec des collecteurs et des balais, et à faire varier le nombre de pôles de telle manière que les résistances ou les collecteurs et les balais, suivant le cas, puissent agir ou non, c'est-à-dire qu'ils soient conducteurs du courant ou non.

La figure 54 est un exemple de connexion d'un groupe d'enroulements avec des fils de résistance.

La figure 55 est un exemple de connexion d'un groupe de bobines avec fils de résistance.

La figure 56 est un exemple de connexion de l'enroulement induit avec un collecteur.

La figure 57 est un exemple de mise en circuit de l'enroulement du champ inducteur, pour pouvoir faire varier le nombre des pôles.

Les enroulements sont disposés et reliés sur l'induit, pour que, étant placés sur un champ alternatif à quatre pôles [fig. 54 (b) et 55 (b)], ils transmettent les courants induits en série et forment un circuit fermé sur lui-même, tandis que, dans le cas d'un champ alternatif à deux pôles fig. 54 (a) et 55 (a), la somme des forces électromotrices de tous les enroulements ou bobines du groupe est égale à zéro pour chaque position.

Dans le cas d'un inducteur à quatre pôles, la marche du courant a lieu suivant le schéma : 1, 1<sub>1</sub>, 2, 2<sub>1</sub>, 3, 3<sub>1</sub>, 4, 4<sub>1</sub> [fig. 54 (b)], et il est facile de se rendre compte qu'il n'existe aucune différence de potentiel entre les points de connexion  $\alpha$  et  $\alpha_1$ , ainsi que  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$ , tandis que, pour un inducteur à deux pôles, il existe une différence de potentiel entre les points de connexion  $\alpha$  et  $\alpha_1$ , et  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$ .

Si donc on relie ensemble les points  $\alpha$  et  $\alpha_1$ , ou  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  par des conducteurs, il circulera des courants dans ces conducteurs pour un inducteur à deux pôles et, dans ce cas, les enroulements sont aussi conducteurs de courants, dès que l'induction sera exercée par un champ à quatre pôles.

En fixant ainsi sur l'induit de tels enroulements ou bobines à quatre pôles en court-circuit et en reliant les points de jonction  $a, a$ , par des résistances convenables  $r, r$ , qui font partie intégrante de l'enroulement de l'induit, on arrive à ce résultat que, pour un inducteur bipolaire, les résistances entrent en action, tandis que, après avoir obtenu la vitesse voulue, l'inducteur devenant à quatre pôles, ces résistances sont mises hors d'action. Les fils de l'induit sont naturellement mieux utilisés pour un inducteur à quatre pôles, lorsque l'on intercale des résistances aussi bien entre les points  $a, a$ , qu'entre les points  $a_1, a_1$ , établissant ainsi un genre d'enchaînement des enroulements induits.

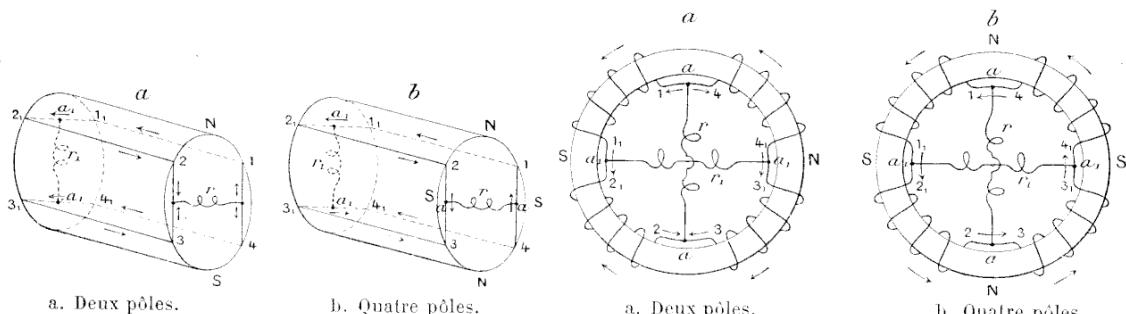


Fig. 34. — Connexions d'un groupe d'enroulement avec fil de résistance.

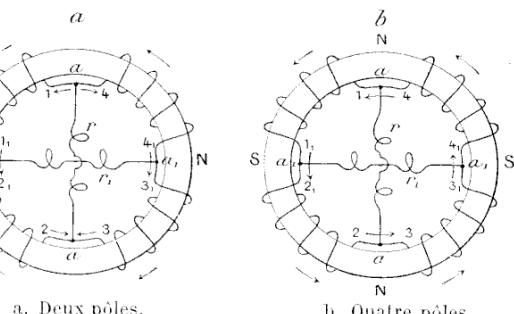


Fig. 35. — Connexions d'un groupe de bobines avec fils de résistance.

La figure 36 montre comment, dans les moteurs d'inducteurs à courants alternatifs simples, en vue de produire un couple de démarrage, on établit la connexion des enroulements de l'induit avec un collecteur. Dans ce cas, les parties de connexion des enroulements ne sont pas

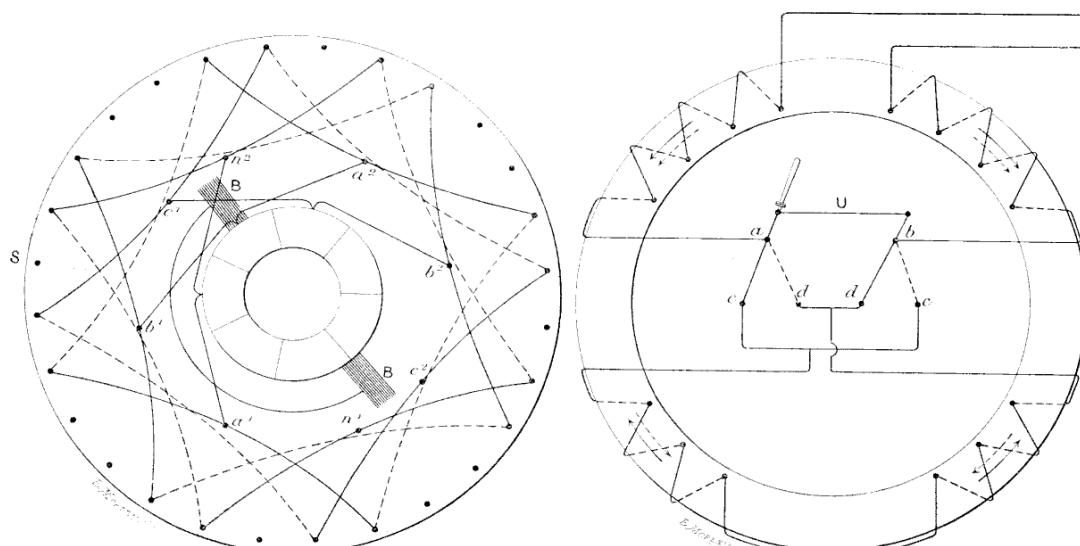


Fig. 36. — Connexions d'un enroulement induit avec un collecteur.

Fig. 37. — Enroulement du système inducteur pour faire varier le nombre des pôles (V est une connexion mécanique isolante).

réunies de manière à former des circuits séparés fermés, mais bien d'une manière analogue à celle de l'enroulement d'une dynamo à induit en tambour ; les points  $a_2, b_1, b_2, c_1, \dots, n_2, a_1$  sont réunis deux par deux aux lamelles du collecteur. Les enroulements à quatre fils sont considérés

comme de simples enroulements diamétralement opposés et combinés en un enroulement continu ordinaire.

Dans ce cas, il est également utile de donner aux fils de connexion qui relient les points  $a$ ,  $b$ ,  $c$  et les lames du collecteur une résistance correspondante plus grande pour obtenir ainsi la résistance de fermeture pour le moment favorable de démarrage, et en même temps pour réduire la formation d'étincelles toujours nuisibles au points de contact des balais. Les balais B, B, placés obliquement par rapport au champ sont réunis ensemble en court-circuit.

Si un induit ainsi constitué est placé dans un champ alternatif bipolaire, des différences de potentiel établissent entre les points  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  des courants induits passant par les balais et développent un couple qui est la cause de la mise en marche de l'induit. Dès que la vitesse voulue est atteinte, on transforme le champ en un champ à quatre pôles; les courants induits passent

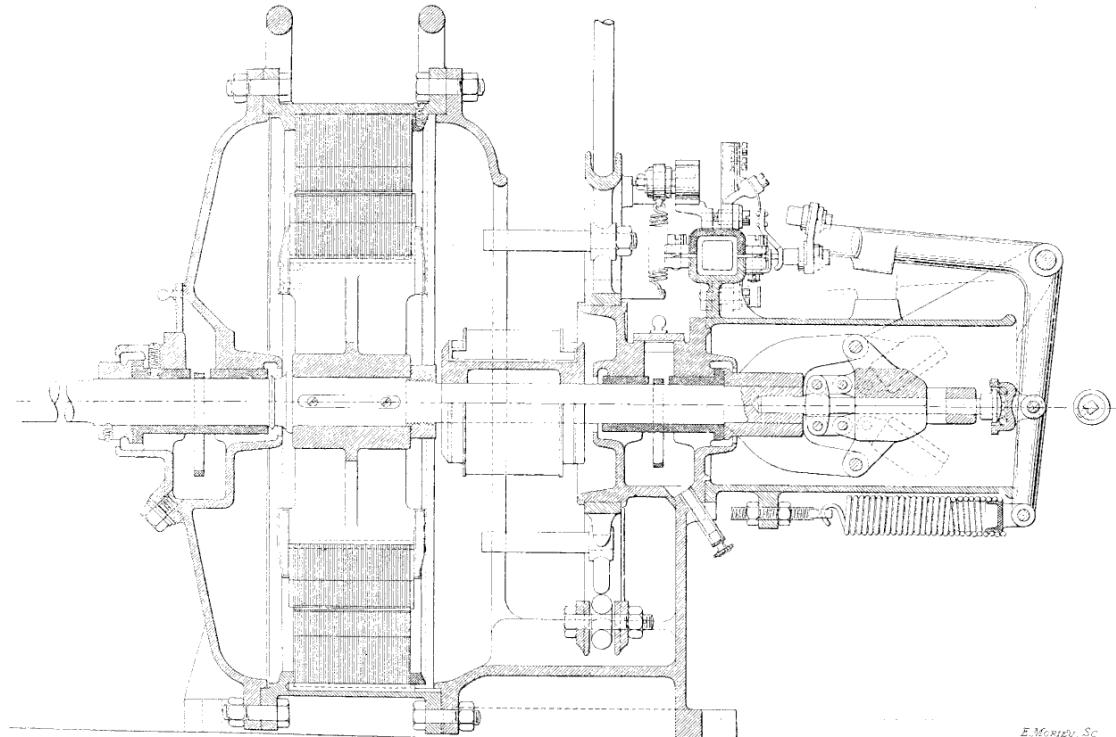


Fig. 58. — Moteur Max-Déri à changement automatique du nombre de pôles (coupe longitudinale).

alors par les enroulements fermés sur eux-mêmes, sans rencontrer de résistance, et engendrent le couple moteur. Entre les points  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ , il n'existe pas de différence de potentiel, par conséquent il n'existe également pas de courant dans les lames du collecteur et dans les balais.

Pour mieux utiliser l'induction de l'enroulement de l'induit dans un champ bipolaire, on peut placer un collecteur de chaque côté de l'induit et relier respectivement chaque collecteur avec les points des enroulements de l'induit tournés de son côté, ou bien on peut aussi relier un seul collecteur aux points de jonction respectifs des enroulements de l'induit.

Il est préférable d'employer le plus petit nombre de pôles pour la mise en marche des moteurs et des appareils et le plus grand nombre de pôles pour la marche normale.

Pour pouvoir changer le sens et la direction du courant électrique de l'enroulement du champ dans tous les cas précités, de manière que le nombre des pôles, au départ, soit un multiple ou une partie aliquote de celui de la marche normale, cet enroulement du champ est relié

à un commutateur convenable quelconque; la figure 57 représente schématiquement un exemple d'exécution où les flèches indiquent le sens du courant magnétique. A l'aide du commutateur, on relie soit *a* avec *d* et *b* avec *c*, ce qui correspond à un champ bipolaire, ou bien *a* avec *c* et *b* avec *d*, ce qui forme un champ à quatre pôles.

Ce dispositif se rapporte à l'enroulement à courant alternatif simple du champ du moteur; mais la disposition peut aussi être appliquée à des champs polyphasés ou à des enroulements enchaînés du champ en utilisant un système de commutateur correspondant à plusieurs directions. Le commutateur peut être commandé soit à la main, soit automatiquement.

Dans les exemples représentés, pour plus de clarté, on a admis respectivement deux et quatre pôles alternatifs, et on a choisi en conséquence le nombre des enroulements et des bobines. On peut employer un nombre quelconque de pôles, respectivement un multiple de noms précités, et disposer en rapport l'enroulement du champ et de l'induit, ainsi que le système de commutateur.

Un moteur basé sur les principes que nous venons d'exposer figurait dans la section autrichienne, au Champ de Mars. Il appartient au type d'induit bobiné avec collecteur et balais en court-circuit lorsqu'il fonctionne à *six* pôles. En couplant l'inducteur pour qu'il développe *huit* pôles autour de l'induit, il fonctionne comme moteur asynchrone à courants alternatifs simples, avec circuits multiples en court-circuit sur eux-mêmes. Le changement du nombre de pôles se produit automatiquement, sous l'action d'un régulateur à force centrifuge. La figure 58 est une coupe longitudinale de ce moteur. Un moteur analogue expérimenté par la maison Hélios, de Cologne, a fourni, au démarrage, un couple égal à 2,6 fois le couple de marche normale avec un courant qui n'a pas dépassé 1,6 fois le courant normal.

**Moteurs asynchrones divers.** — Ne pouvant décrire en détail tous les moteurs asynchrones, d'ailleurs fort nombreux, qui figuraient à l'Exposition de 1900, nous nous contenterons d'en

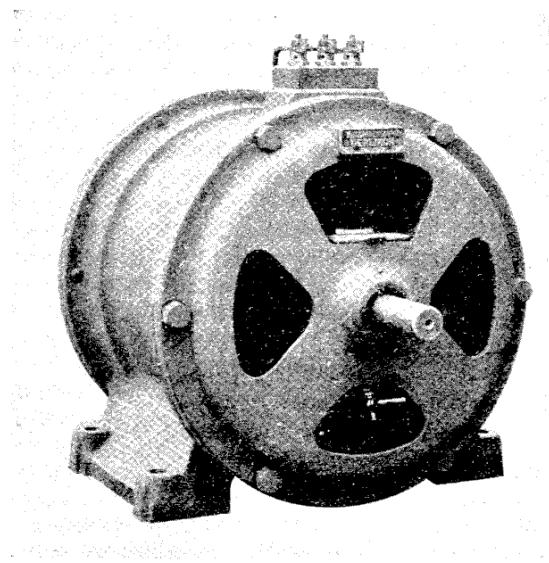


Fig. 59. — Moteur à courants alternatifs triphasés des Ateliers d'Oerlikon.  
Type de 750 watts induit fermé sur lui-même.

reproduire ici quelques types, dont la simple inspection des figures montrera les caractéristiques particulières. Les légendes qui accompagnent les figures suffisent pour en indiquer l'origine et les dispositifs spéciaux.

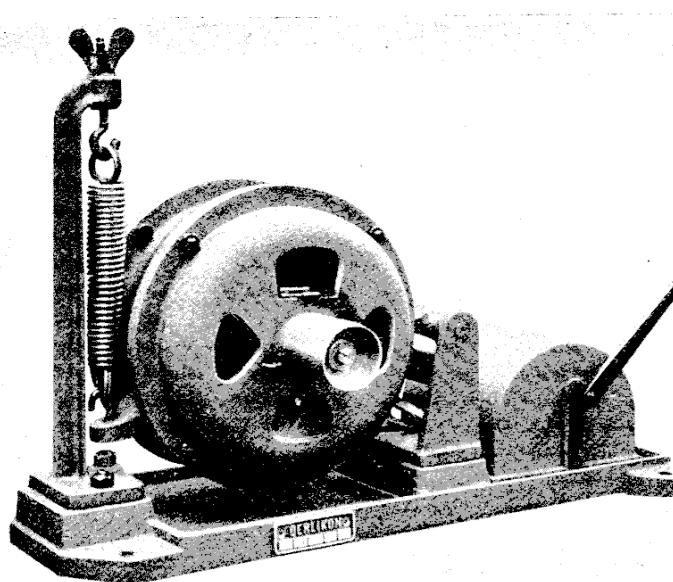


FIG. 60. — Moteur pour la commande des métiers à fissier. Type de 500 watts des Ateliers d'Oerlikon, avec démarreur sur le socle.

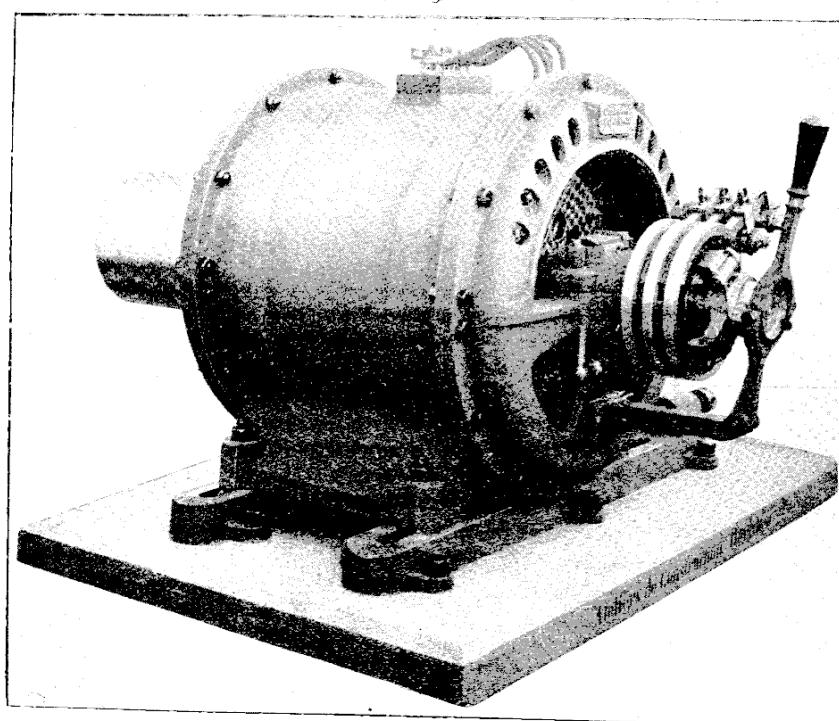


FIG. 61. — Moteur à courants alternatifs triphasés des Ateliers d'Oerlikon. Type de 16 chevaux, à bagues de démarrage et mise en court-circuit directe sur le rotor.

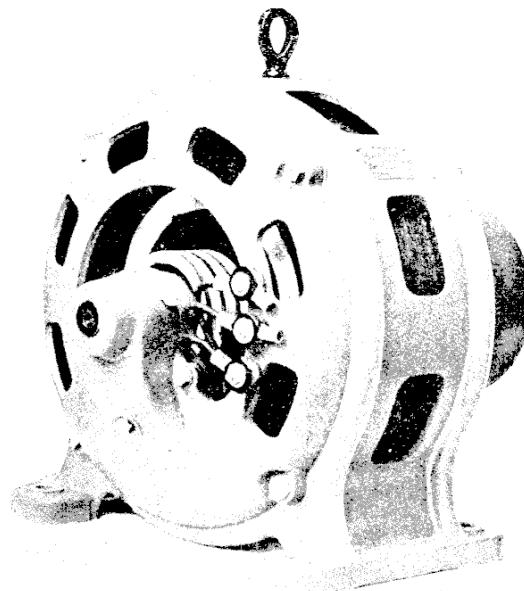


Fig. 62. — Moteur à courants alternatifs triphasés de la Compagnie internationale d'électricité, de Liège.  
6 chevaux, 190 volts.

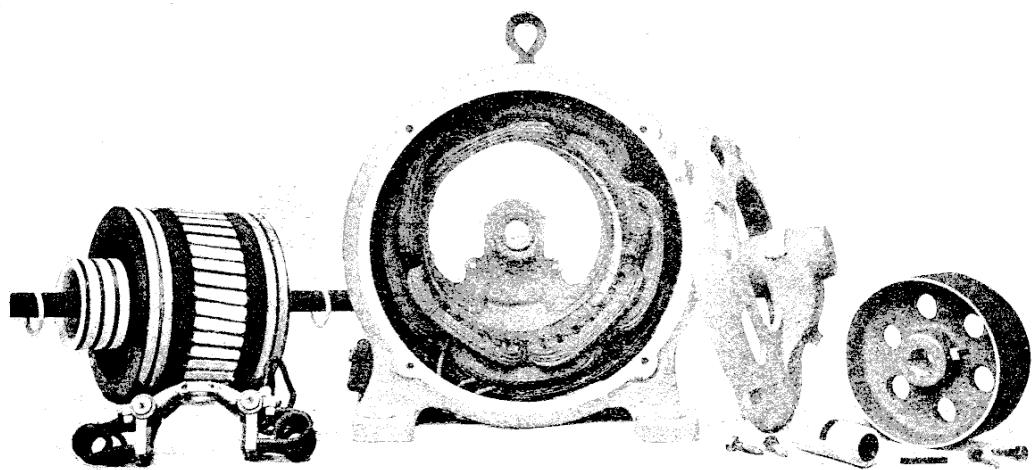


Fig. 63. — Moteur à courants alternatifs triphasés de la Compagnie internationale d'électricité, de Liège.  
Type de 6 kilowatts.

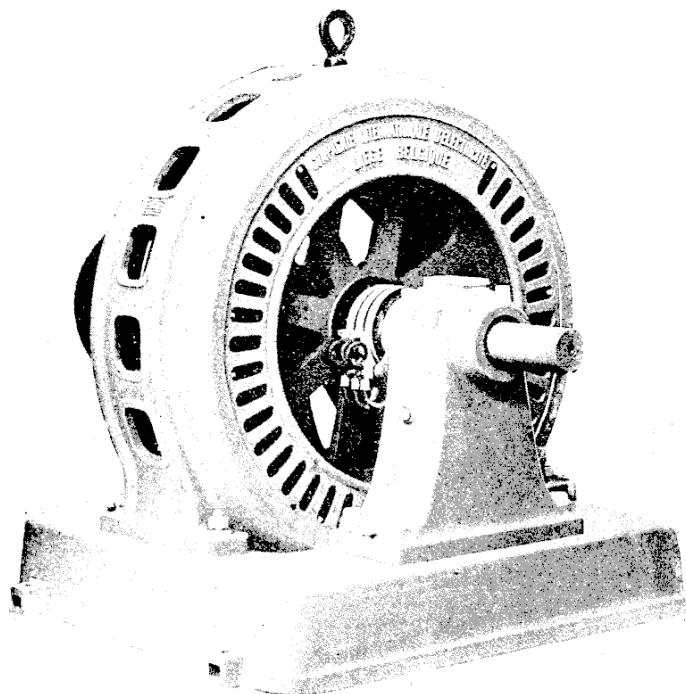


FIG. 64. — Moteur à courants alternatifs triphasés de la Compagnie internationale d'électricité, de Liège.  
Type de 125 chevaux à 2 000 volts.

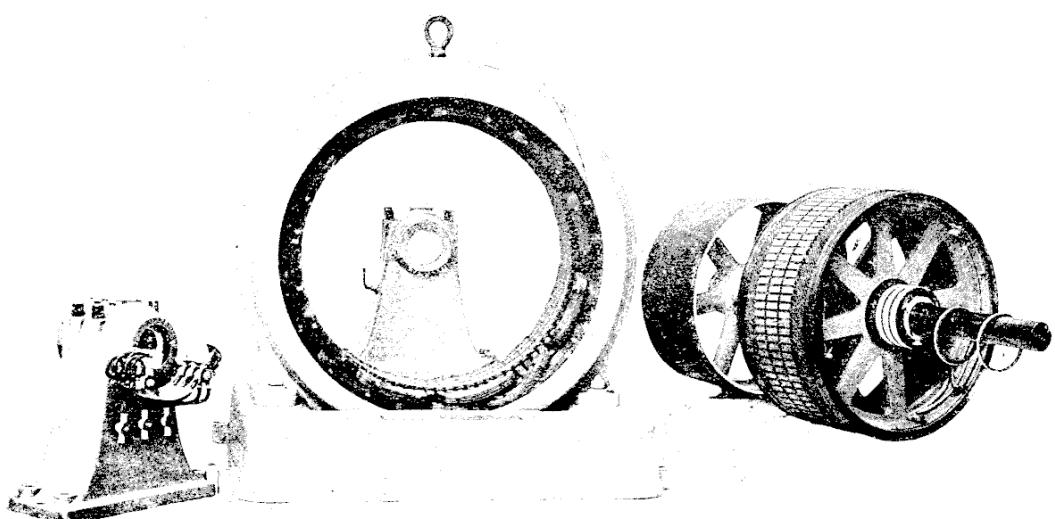


FIG. 65. — Moteur à courants alternatifs triphasés de la Compagnie internationale d'électricité, de Liège.  
Type de 125 chevaux à 2 000 volts (démonté).

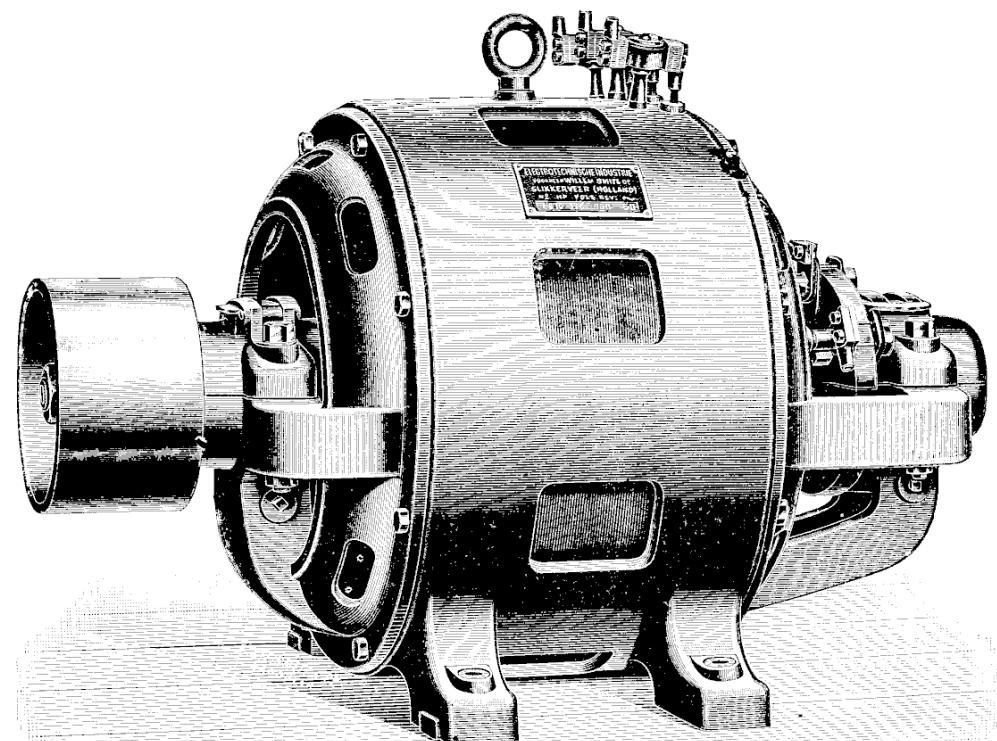


FIG. 66. — Moteurs à courants triphasés de l'Industrie électrotechnique, ci-devant Willem Smit et C<sup>o</sup>, à Slikkerveer (Pays-Bas). — Ensemble.

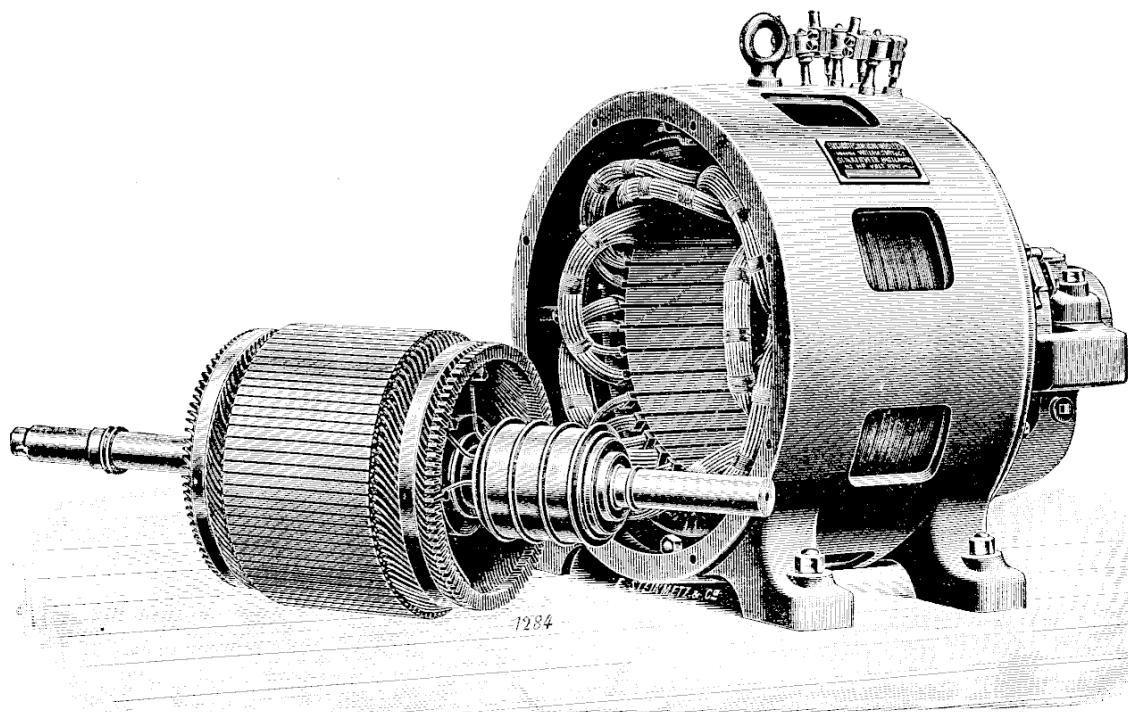


FIG. 67. — Moteur à courants triphasés de l'Industrie électrotechnique, ci-devant Willem Smit et C<sup>o</sup>, à Slikkerveer (Pays-Bas). — Moteur démonté.

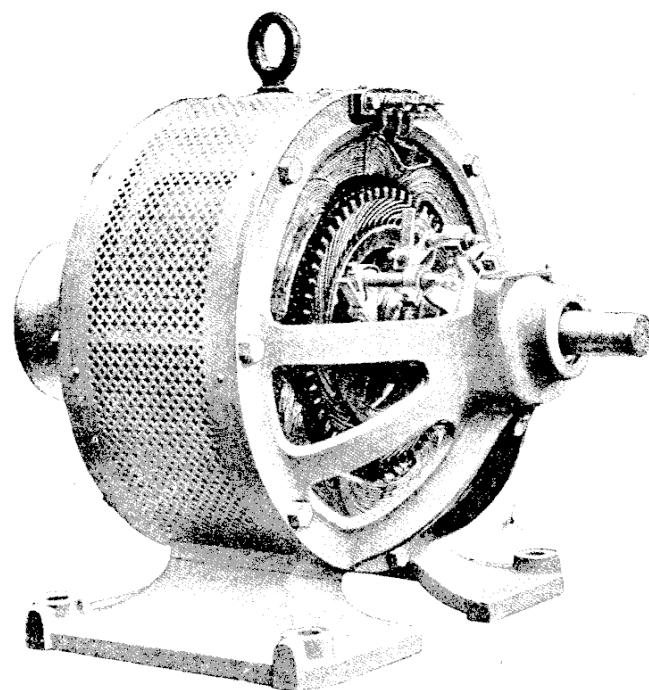


FIG. 68. — Moteur triphasé à démarrage progressif de la Maison Farcot.

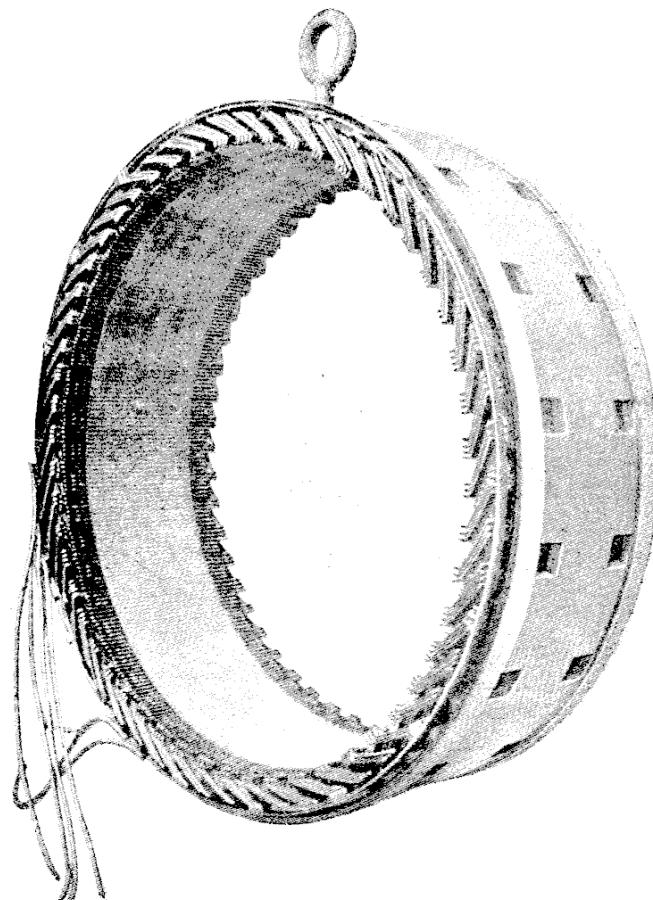
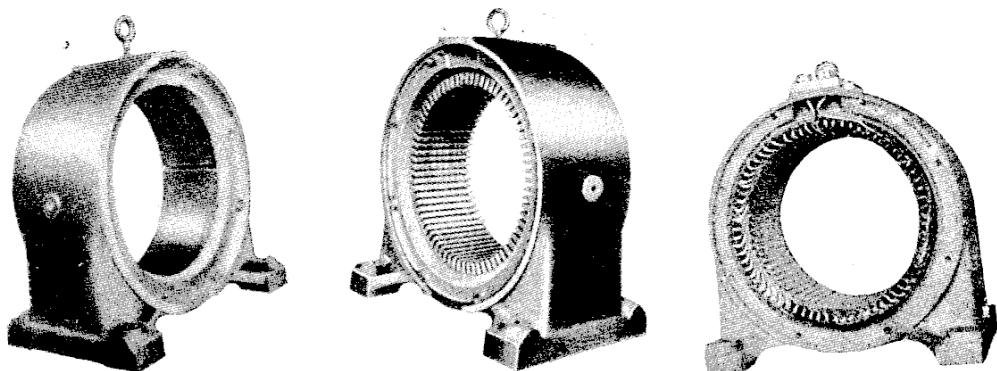


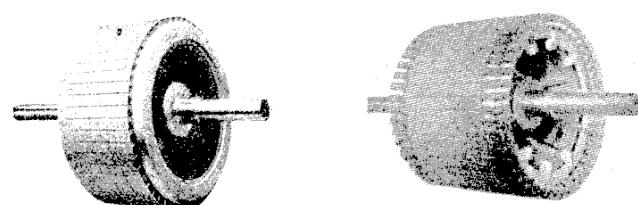
FIG. 69. — Stator de 375 kilowatts (type C) de la Société Westinghouse.



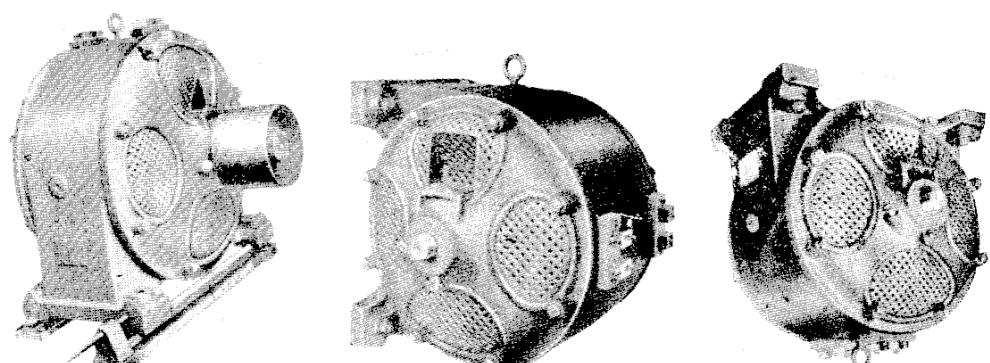
Carcasse en fonte du stator.

Inducteur ou stator.  
Inducteur ayant bobinage.

Stator bobiné.



Noyau du rotor.

Rotor en court-circuit.  
*Induit ou rotor.*

Moteur posé.

Moteur appliqué.  
*Moteur complet.*

Moteur suspendu.

Fig. 70. — Moteurs asynchrones polyphasés Westinghouse (système Nikola Tesla).

**Données de construction et de fonctionnement de quelques moteurs asynchrones  
à courants triphasés**

|  | FIVES-LILLE | KRIZIK | OERLIKON      | RIETER   |
|--|-------------|--------|---------------|----------|
| Nombre de phases.....  | 3           | 3      | 3             | 3        |
| Fréquence, en périodes, par seconde.....                       | 50          | 50     | 50            | 50       |
| Puissance, en kw.....  | 43          | 3,15   | 9,6           | 8,8      |
| Tension entre deux fils, en volts.....                         | 190         | 190    | 190           | 190      |
| Vitesse angulaire théorique à vide.....                        | 600         | 1 300  | 1 000         | 1 000    |
| Nombre de pôles.....   | 10          | 4      | 6             | 6        |
| <i>Inducteur</i>   |             |        |               |          |
| Diamètre extérieur de la carcasse inductive en cm.....         | 90          | 44     | 44            | 34       |
| Largeur suivant l'axe, en cm.....                              | 16          | 14     | 14,5          | 14       |
| Hauteur radiale, en cm.....                                    | 9           | »      | 7,75          | 10       |
| Diamètre intérieur (alésage).....                              | 72          | 26,2   | 29            | 30       |
| Entrefer, en mm.....   | 4           | 4      | 0,6           | 0,5      |
| Nombre de rainures, encoches ou trous.....                     | 150         | 48     | 72            | 72       |
| Nombre de rainures par pôle et par phase.....                  | 5           | »      | 3             | 4        |
| Nombre de bobines par phase.....                               | 5           | 2      | 9             | 3        |
| Nombre de spires par bobine.....                               | 415         | 48     | 20            | 28       |
| Nombre de spires par encoche.....                              | 23          | 42     | 5             | 7        |
| Diamètre du fil inducteur, en mm.....                          | 3,6         | 2,3    | 4,4           | 4,2      |
| Section, en mm <sup>2</sup> .....                              | 10,2        | »      | »             | »        |
| Couplage des bobines de chaque phase.....                      | Série       | Série  | Série         | Série    |
| Étoile   | Triangle    | Étoile | Étoile        |          |
| Resistance de chaque phase, en ohms.....                       | 0,016       | 0,0774 | 0,063         | 0,10     |
| Poids de cuivre inducteur, en kg.....                          | 60          | 44,4   | 18            | »        |
| <i>Induit</i>  |             |        |               |          |
| Diamètre extérieur, en cm.....                                 | 51,8        | 26     | 28,88         | 29,9     |
| Hauteur radiale, en cm.....                                    | 6,3         | »      | 6,3           | »        |
| Largeur suivant l'axe, en cm.....                              | 16          | 14     | 14,5          | »        |
| Nombre de rainures, encoches ou trous.....                     | 232         | 60     | 96            | 54       |
| Nature de l'enroulement induit.....                            | Bobiné      | Bobiné | Bobiné        | Bobiné   |
| Nombre de phases.....  | 3           | 3      | 3             | 3        |
| Nombre de barres ou fils par phase.....                        | 84          | 40     | »             | 18       |
| Couplage des barres.....                                       | Série       | Série  | »             | »        |
| Couplage des phases.....                                       | Étoile      | Étoile | Étoile        | Triangle |
| Diamètre du fil induit, en mm.....                             | »           | 3,2    | 4 fils de 2,8 | 3        |
| Resistance par phase, en ohms.....                             | 0,014       | 0,0663 | 0,02          | 0,03     |
| Poids de cuivre induit, en kg.....                             | 70          | 9      | 13            | »        |
| Poids total du moteur, en kg.....                              | 1 500       | 260    | 460           | »        |
| Courant à pleine charge, en ampères par phase.....             | 162         | 13,3   | 41,3          | 35,4     |
| Puissance apparente à pleine charge, en kilovolts-ampères..... | 53,4        | 7,6    | 43,6          | »        |
| Facteur de puissance.....                                      | 0,9         | 0,82   | 0,87          | »        |
| Puissance électrique fournie.....                              | 48          | 6,2    | 41,8          | »        |
| Rendement industriel, en pour 100.....                         | 92          | 83     | 87            | 6,87     |
| Glissement, en pour 100 à pleine charge.....                   | 4,2         | 3,2    | 3             | 3,5      |
| Courant à vide, en ampères.....                                | »           | »      | 14            | »        |

## APPLICATIONS DES MOTEURS ÉLECTRIQUES

Une énumération complète de toutes les applications dans lesquelles un moteur électrique ou une action mécanique électrique a été utilisée occuperait à elle seule un fascicule entier de cette collection. Nous devrons nous contenter de signaler ici quelques-unes des applications les plus saillantes, et dont chacune d'elles était représentée, à l'Exposition de 1900, par un ou plusieurs types caractéristiques.

### MACHINES-OUTILS

**Moteurs transportables.** — Dans certaines applications, telles que pour les perceuses et autres machines-outils employées dans la grosse construction, la marine, les arsenaux, il est

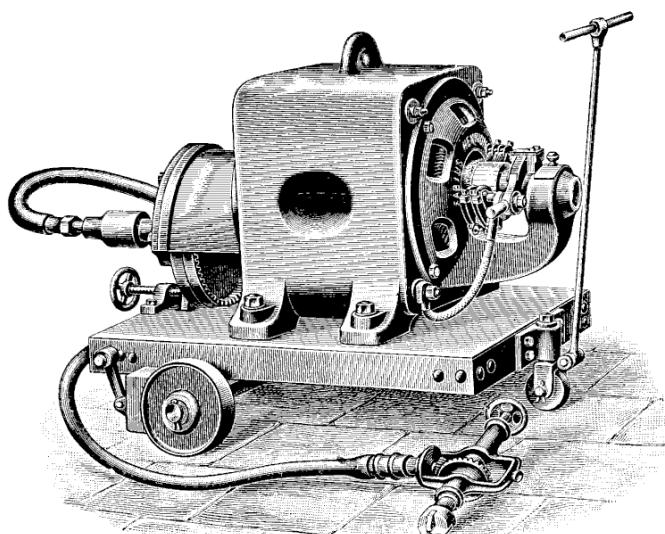


Fig. 71. — Moteur transportable à courant continu, de M. Fabius Henrion, pour perceuse à flexible.

nécessaire de pouvoir amener l'outil sur la pièce à travailler. On établit, dans ce cas, le moteur sur un chariot et on le relie à l'outil par un arbre flexible, tandis que le courant emprunté à la distribution générale de l'usine est lui-même amené au moteur par un câble flexible à deux ou trois conducteurs.

Nous représentons, à titre d'exemple, les dispositions adoptées dans ce but par M. *Fabius Henrion*, de Nancy, avec un moteur à courant continu (fig. 71) et les *Ateliers de construction d'Oerlikon*, avec un moteur à courants triphasés.

La figure 73 représente un moteur transportable pour la commande rapide des machines outils, de la SOCIÉTÉ GRAMME. L'axe sur lequel se monte l'outil fait jusqu'à 300 tours par

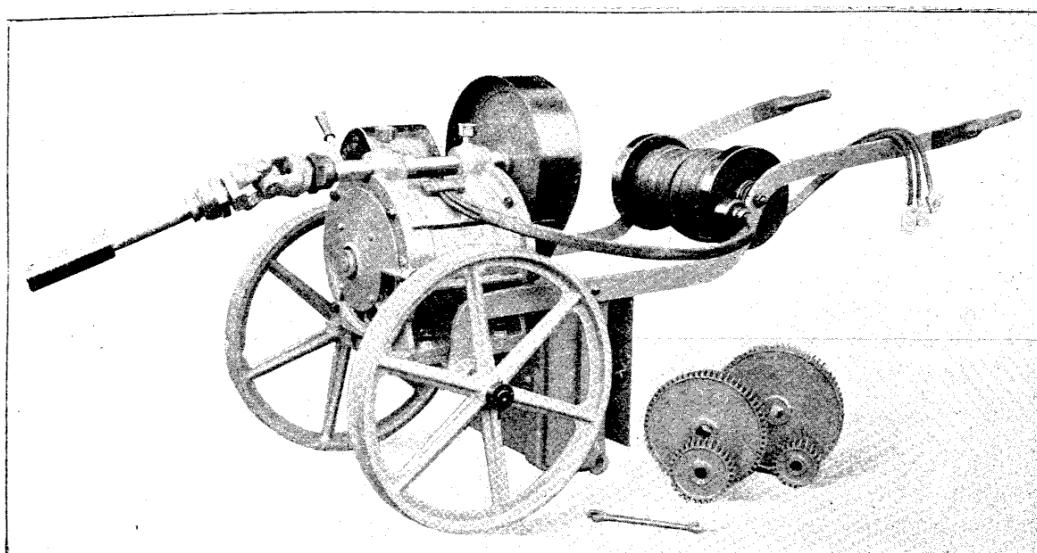


FIG. 72. — Moteur électrique transportable à courants triphasés des Ateliers de construction d'Oerlikon.

minute. L'ensemble est monté sur un petit chariot facilement déplaçable, et la vitesse se règle par un rhéostat. Le bout d'arbre peut recevoir soit une poulie, soit un flexible pour percer ou tarander. Trois types sont établis pour des puissances respectives de 750, 1 500 et 3 000 watts.

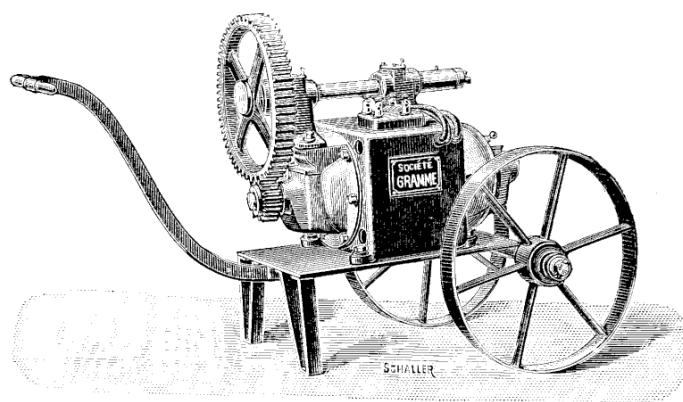


FIG. 73. — Moteur léger transportable de la Société Gramme.

**Maneuvre d'aiguilles de chemins de fer.** — A côté des appareils exposés par M. Guénée, et que nous décrivons plus loin sous le titre : *Électro-aimants industriels*, nous devons signaler le système de commande d'aiguille par moteur électrique de MM. *Ducouso* et *Rodary*, et qui a fonctionné à titre d'essais dans la gare de Paris du Paris-Lyon-Méditerranée, ainsi que la commande électrique des freins à air comprimé, système *Soulierin*, dans lequel les valves sont commandées simultanément par des petites dynamos dans lesquelles on envoie un courant de piles ou d'accumulateurs.

**Commande de machines-outils.** — Le moteur électrique envahit de plus en plus les ateliers de construction mécanique. Après avoir été utilisé comme moteur unique commandant chaque atelier séparé d'une usine, en empruntant la puissance électrique à une usine centrale, on a fait usage d'un moteur par groupe d'outils, et la tendance actuelle est aujourd'hui d'employer un moteur pour chaque outil, ce moteur constituant, dans bien des cas, une partie intégrante de l'outil lui-même, sans courroies ni transmissions intermédiaires, ce qui réalise une économie de place, de prix et donne, en résumé, un meilleur rendement global, chaque moteur ne fonctionnant qu'autant qu'il travaille.

Quelques-unes de ces machines-outils ont été décrites dans le fascicule 17 de *la Mécanique à l'Exposition de 1900*, et, pour ne pas faire double emploi, nous renvoyons le lecteur à ce fascicule dans lequel il trouvera représentées les dispositions données aux raboteuses, mortaiseuses, fraiseuses, poinçonneuses, perceuses, machines à travailler le bois, machines à imprimer, à polir, etc. Dans toutes ces machines, le moteur électrique ne présente rien de bien spécial au point de vue qui nous intéresse; il comporte les mêmes appareils de démarrage, de réglage de vitesse et d'arrêt que ceux précédemment décrits.

Nous réservons cependant une mention spéciale à une machine à rivet présentée par la *Société réunie d'électricité* de Vienne (Autriche).

**Machines à rivet de la Société réunie d'Électricité de Vienne.** — Cette machine à rivet, du système Kodolitsch, fournit 1200 rivures de 18 mm de diamètre à l'heure, d'après les essais auxquels elle a été soumise. La puissance absorbée par la machine est d'environ 250 watts pendant la période de lancement des marteaux, et de 5 000 watts au moment de l'exécution de la rivure. En voici le principe: Un moteur électrique à induit fermé met en mouvement un marteau volant dont l'énergie cinétique se dépense en exerçant un effort considérable exercé sur une faible course pendant l'instant que dure l'exécution d'une rivure. On arrive de la sorte à exercer sur les rivets une force totale de 40 tonnes, suffisante pour écraser d'un seul coup des rivets de 25 mm de diamètre.

Tous les paliers de la machine sont montés sur billes. Le moteur tourne d'abord à vide avec l'induit shunté; dès que l'ouvrier a fermé le courant à l'aide d'un interrupteur qu'il tient à la main, le champ magnétique s'établit et attire le marteau de fer. Emporté par le frottement, celui-ci actionne une broche qu'il supporte, et sur laquelle se meut un écrou. L'écrou étant combiné avec un levier à rivet exécute le travail. Dans la période où l'écrou s'élève et où le poinçon touche le rivet, le courant est interrompu, afin que le moteur ne se trouve pas en court-circuit. Après avoir été lancé avec force contre le rivet, le levier est renvoyé automatiquement en arrière par réaction; l'écrou reprend alors sa place primitive, l'interrupteur automatique ferme le courant, et l'opération peut recommencer à nouveau.

Il faut remarquer que, grâce à l'emploi d'un volant agissant comme un marteau, ce n'est pas l'énergie électrique qui est directement utilisée en vue de la production de pression, mais la seule énergie mécanique emmagasinée. En effet, c'est surtout pour l'exécution de rivures par l'électricité qu'il faudrait mettre à profit les avantages, si universellement reconnus, de la transmission d'énergie par l'électricité; les machines à rivet hydrauliques sont les seules qui puissent constituer une concurrence sérieuse sous ce rapport. Toutefois les défauts inhérents aux machines à rivet hydrauliques, lesquels proviennent, d'une part, des difficultés que présente la distribution exacte de la force motrice amenée ainsi, et, d'autre part, de la menace des gelées, le travail se faisant généralement à ciel ouvert, font ressortir les avantages de l'électricité pour cette application spéciale.

**Commande des métiers à tisser et à filer.** — La *SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES* qui exposait des métiers électriques disposés pour cette application, justifie leur emploi par les considérations suivantes :

Le **MÉTIER À TISSER** à commande électrique présente les avantages d'un démarrage plus

rapide et d'un mouvement tournant plus uniforme que celui des métiers conduits par transmission. Les glissements de courroies et la tension des transmissions modifient l'uniformité de la vitesse et nuisent ainsi à la bonne marche des organes essentiels du métier. Toutefois, s'il s'agit de métiers de faible puissance (1/7 de cheval à 1/2 cheval), la commande électrique est sensiblement plus coûteuse et absorbe plus d'énergie que la commande par transmission; lorsqu'il s'agit de métiers plus puissants (tissage de la laine), les dépenses et rendements deviennent plus égaux.

Le MÉTIER À FILER (renvideur) est actionné par deux moteurs triphasés; l'un, placé dans la tête du métier, imprime au grand chariot un mouvement de va-et-vient dont la vitesse est modifiée à l'aide d'une corde et d'un excentrique; l'autre moteur est placé sur le chariot lui-même et actionne le tambour qui commande les croches. La commande électrique permet une augmentation de production assez sensible; elle permet de supprimer les intermédiaires qui retardent la mise en vitesse à chaque reprise de mouvement, et comme ces reprises se répètent à tout instant, l'économie de temps qui en résulte est assez considérable.

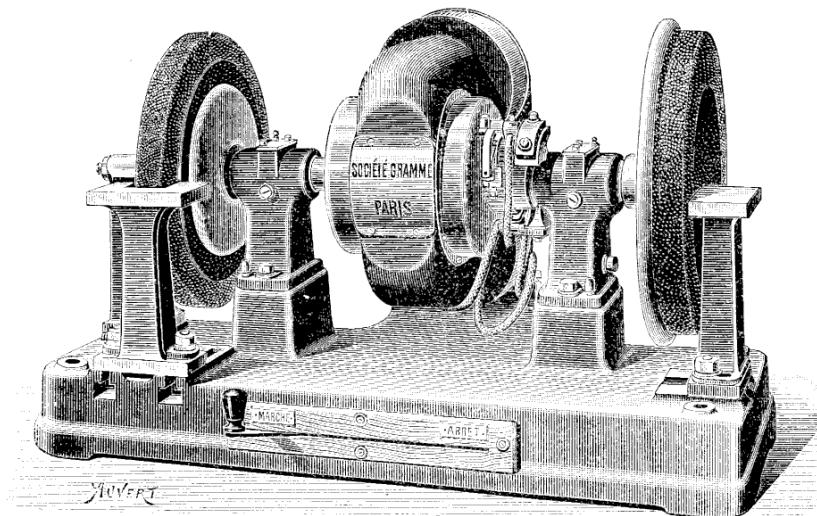


FIG. 74. — Meuleur double de la Société Gramme.

Le MÉTIER À FILER CONTINU à commande électrique présente des avantages particuliers. Il s'agit de donner à la machine une vitesse constamment variable de façon à enrouler le fil avec une tension pratiquement égale sur toute la hauteur de la bobine de fil. Le renvideur de la bobine de fil étant fait sur un cône, la tension du fil de coton ne reste pas constante lorsque la vitesse de rotation de la bobine est constante, comme cela est le cas dans les machines commandées par transmission mécanique.

Le moteur électrique permet de varier constamment la vitesse de rotation de la bobine, suivant le diamètre sur lequel le fil s'enroule; on emploie dans ce but un rhéostat dont la manette est reliée au mécanisme de la machine, de façon à avoir une vitesse minima lorsque le fil s'enroule sur le grand diamètre et maxima lorsqu'il s'enroule sur le petit diamètre. Dans les diamètres ordinaires, on est obligé de limiter la vitesse des bobines à la vitesse réduite qui correspond au grand diamètre de la bobine; dans le métier électrique, au contraire, cette vitesse réduite n'existe qu'au grand diamètre, et elle est augmentée proportionnellement à la réduction de diamètre. La production est donc considérablement augmentée. Le courant continu se prête le mieux à cette application spéciale. Sa vitesse peut être variée par un rhéostat de champ qui, pratiquement, ne donne lieu à aucune perte.

**Meuleur double à vitesse constante de la Société Gramme (fig. 74)** (fonctionnant de 110 à 120 volts: puissance, 2 kilowatts). — Cette machine porte d'un côté de l'arbre une meule émeri

de 40 cm de diamètre, et de l'autre côté un lapidaire de même diamètre; elle est étudiée pour faciliter le meulage dans tous les sens. Les organes sont protégés contre la poussière. Il suffit, pour mettre en marche, de tourner la manette apparente sur le devant du socle; son emploi est tout indiqué dans les ateliers de mécanique, serrurerie, charpente, fonderies, possédant une dynamo, puisqu'il suffit d'amener deux fils pour actionner ce meuleur sans aucun renvoi.

**Machine à fraiser à commande électrique directe du porte-fraise** (fonctionnant sur 110 à 120 volts). — Cette machine peut marcher de 123 à 350 tours par minute en réglant le champ magnétique du moteur, c'est-à-dire en tournant simplement une manivelle. Elle offre l'avantage de n'avoir aucun organe intermédiaire entre le moteur et l'arbre qui commande le porte-fraise et de pouvoir régler la vitesse entre de larges limites sans réduire sensiblement son rendement. Cette machine se monte également avec une tête porte-outil horizontale; dans ce cas, la vitesse varie entre 223 et 1 000 tours par minute. Son emploi est tout indiqué dans les fabriques de petites pièces, ateliers de réparations, etc., où on peut la placer à l'endroit le plus convenable, sans se préoccuper des transmissions.

**Pompes.** — Le moteur électrique est tout spécialement adapté à la commande des pompes centrifuges, qui tournent à une vitesse angulaire assez grande pour que l'attaque puisse être faite directement, en disposant l'arbre de la pompe sur le prolongement de celui du moteur. Nous signalerons, en particulier, la dynamo-pompe de la maison FARCOL à axe vertical, ainsi que la dynamo-pompe pour hauteurs d'élévations variables de la même maison, dont les dispositions se comprennent à la simple inspection des figures.

Nous signalerons, à titre d'exemple, le ventilateur centrifuge, accouplé directement à un moteur triphasé des ATELIERS D'OEERLIKON.

**Ventilateurs.** — Les moteurs électriques sont tout spécialement indiqués pour la commande directe des ventilateurs. On peut les commander à distance et faire usage de moteurs à courants polyphasés avec *rotor* en cage d'écureuil, sans résistance variable dans le rotor, car le couple résistant est nul à la mise en marche, et il croît en fonction de la vitesse, comme le couple moteur lui-même, ce qui assure un démarrage rapide. L'entretien de l'ensemble se réduit alors au graissage des paliers du moteur et du ventilateur, graissage qui peut se faire à intervalles de temps assez éloignés, si l'on fait usage de graisseurs à bague dont l'emploi se généralise de plus en plus.

**Essoreuses.** — L'essoreuse, étant essentiellement un appareil rotatif à grande vitesse angulaire, se prête admirablement à la commande par moteurs électriques. Le moteur est généralement disposé à la partie inférieure de l'essoreuse, dans le prolongement de son axe vertical.

Si l'on emploie le courant continu, il est commode, dans les installations importantes, d'employer une distribution à deux ou trois potentiels échelonnés pour la mise en vitesse graduelle de l'essoreuse. On réalise ainsi une certaine économie sur la dépense des rhéostats de mise en marche. De même, au moment de l'arrêt, on peut récupérer une partie de l'énergie cinétique représentée par le mouvement de rotation de l'essoreuse en la reliant aux différents potentiels décroissants, sur lesquels le moteur agit comme dynamo tant que sa vitesse est supérieure à celle que pourrait lui imprimer chacune des différences de potentiel considérées.

Lorsque les essoreuses sont commandées par des moteurs à courants polyphasés, on emploie également une distribution échelonnée, mais avec des fréquences et des tensions croissantes.

**Moteurs transportables.** — La possibilité de relier un moteur électrique à sa source par une canalisation flexible, et d'amener ainsi la force motrice au point où elle est nécessaire a fait naître, pendant ces dernières années, un grand nombre de dispositifs dans lesquels le moteur

monté sur un chariot actionne directement ou indirectement l'opérateur ou la machine-outil. Nous en signalerons quelques types à titre d'exemple.

**POMPE TRANSPORTABLE SUR CHARIOT DE LA SOCIÉTÉ GRAMME.** — Cet ensemble a été étudié pour son application spéciale au transvasement des liquides, vins, alcools, bières. Un seul

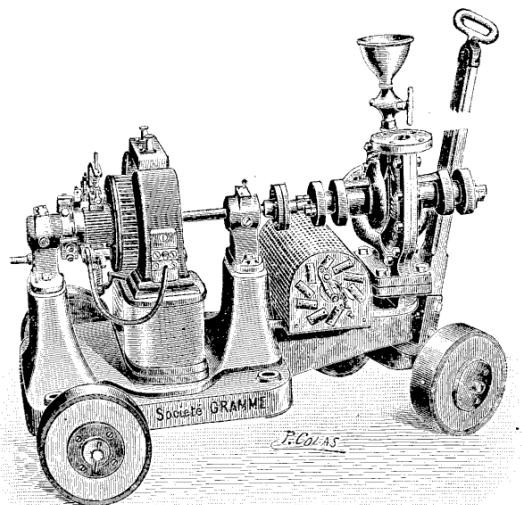


Fig. 73. — Pompe transportable sur chariot de la Société Gramme.

homme peut l'amener à l'endroit voulu, et il suffit de lui amener le courant par deux fils pour la faire fonctionner ; son débit est de 8 à 10 fois celui d'une pompe ordinaire à bras, sans aucune fatigue, ni main-d'œuvre.

## APPAREILS DE LEVAGE

Les appareils de levage étaient très largement représentés à l'Exposition de 1900, sous forme de treuils, grues, ponts-roulants, etc.

**Ponts-roulants.** — Les ponts-roulants électriques comportent tantôt un seul moteur électrique pour toutes les manœuvres qui s'obtiennent par des embrayages, tantôt un moteur électrique spécial pour chacune des manœuvres : déplacement longitudinal du pont, déplacement transversal du chariot, élévation ou descente du crochet.

L'un des plus remarquables ponts-roulants de l'Exposition était celui exposé par la maison CARL FLOHR, de Berlin, qui a fait le service des sections étrangères. Nous devons signaler également la grue *Titan* de M. LEBLANC, employée dans la section française.

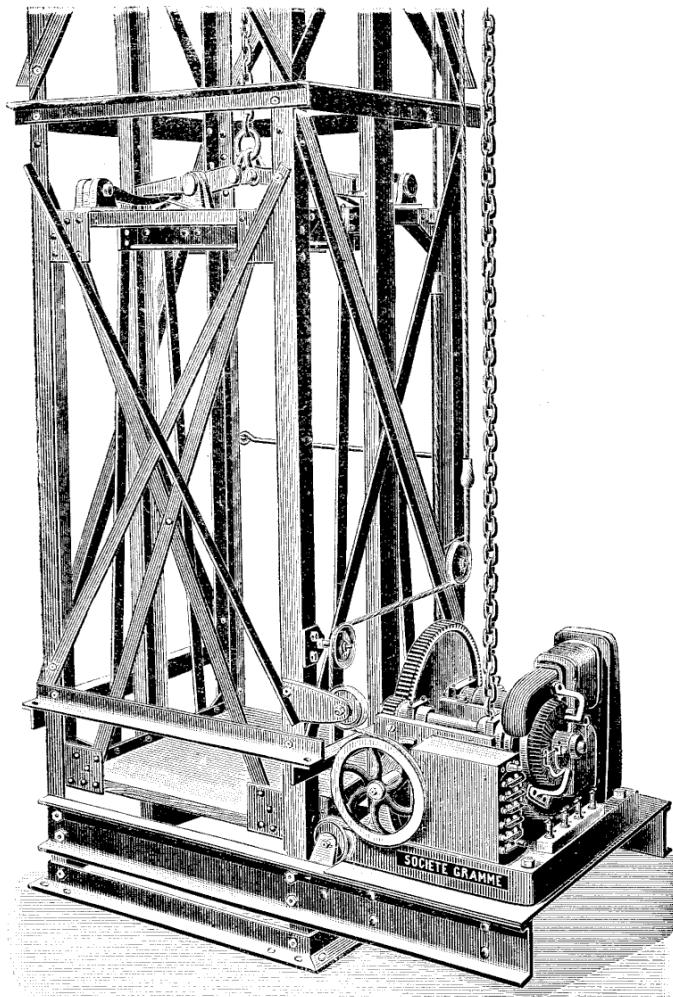


FIG. 16. — Monte-charge de 300 kilogrammes de la Société Gramme.

**Monte-charges de 300 kilogrammes** (avec une vitesse de 20 centimètres par seconde pour usines, magasins, hôtels, etc.). — Dans cet appareil réalisé par la SOCIÉTÉ GRAMME, la mise en marche se fait de tous les étages, et l'arrêt a lieu automatiquement à l'étage que l'on désire ; la

mise en marche est progressive sans à-coups ainsi que l'arrêt. La benne est garnie d'un parapluie puissant pour parer aux ruptures de chaînes et le treuil est disposé avec commande par vis sans fin pour former frein automatique quand la benne est arrêtée.

Le treuil porte sur son socle tous les organes de manœuvre, ce qui permet de l'appliquer à un monte-charges quelconque sans addition ni modification importante.

**Grue Titan de 30 tonnes.** — M. JULES LEBLANC, de Paris, exposait une grue de 30 tonnes qui faisait le service de la Galerie des Machines dans la section française.

La grue Titan fonctionne électriquement sous la tension de 230 volts par deux moteurs électriques : l'un de 20 chevaux pour le mouvement de translation, l'autre de 16 chevaux pour les trois mouvements, orientation, déplacement des fardeaux, levage. Celui de 20 chevaux commande directement la translation de la grue et celui de 16 chevaux commande les autres mouvements par l'entremise d'un arbre de transmission et de courroies. Ce système est décrit en détail dans *la Mécanique à l'Exposition de 1900*, dans le fascicule consacré aux appareils de lavage et de manutention.

**Chariot-treuil à commande électrique pour ponts-roulants.** — Les chariots-treuils construits par les *Ateliers d'Oerlikon* sont établis pour courants continus ou alternatifs triphasés. Ils sont munis de trois moteurs comportant chacun un appareil de démarrage avec résistance.

Le chariot-treuil pour courant continu (fig. 77) d'une force de 30 tonnes, donne une vitesse de levage de 1,4 m par minute et une vitesse du treuil de 8 m par minute.

Le chariot-treuil pour courants alternatifs triphasés (fig. 78) d'une force de 10 tonnes, donne une vitesse de levage de 4 m par minute et une vitesse du treuil de 10,4 m par minute.

**Treuil roulant électrique, système Singre.** — Ce type de treuil roulant mécanique qui figurait à l'exposition de la COMPAGNIE ÉLECTRO-MÉCANIQUE, a été établi essentiellement pour effectuer les manutentions des balles de laine ou de coton et des sacs de café suivant un programme spécial.

L'appareil exposé, muni d'un moteur Brown-Boveri fourni par la Compagnie électro-mécanique, a fonctionné pendant trois années, de 1896 à 1900, et a été employé aux déchargements des bateaux sur les quais et à la manutention des marchandises dans les magasins de la Compagnie des Docks-Entrepôts.

Le mécanisme de l'appareil est placé sur un bâti en fonte supporté par quatre roues montées sur deux essieux, dont l'un, à double articulation permet de transporter et faire évoluer l'appareil dans les magasins et sur les quais.

Le tambour d'enroulement du câble de traction est disposé horizontalement à l'une des extrémités du bâti : son axe est placé dans le prolongement de celui du moteur et repose sur des paliers indépendants fixés sur le bâti ; son diamètre d'enroulement est de 47 cm et celui du câble métallique de 15 mm. Ce tambour est mis en mouvement à l'aide d'un levier, avec contre-poids de rappel qu'on soulève à la main ; il est maintenu à l'arrêt par l'action du contre-poids lorsqu'on abandonne le levier de manœuvre.

Le moteur électrique qui actionne ce tambour est du type Brown à courant diphasé de la puissance de 9 kw à 800 tours par minute.

Le treuil, système F. Singre reçoit son mouvement de ce moteur pour le transmettre à l'arbre du tambour par l'intermédiaire :

1<sup>o</sup> D'un mécanisme d'entraînement par friction à embrayage progressif et frein d'arrêt au débrayage, formant la première réduction de vitesse ;

2<sup>o</sup> D'un relais d'engrenages fonctionnant dans un carter évitant les poussières, formant la deuxième réduction de vitesse ;

Le mécanisme qui constitue la première réduction de vitesse est caractérisé par un nouveau système d'entraînement de deux arbres parallèles par un troisième arbre moteur, situé dans le

même plan, et dans lequel le mouvement se communique par friction d'un galet central sur des poulies, et qui comporte la combinaison des dispositifs suivants :

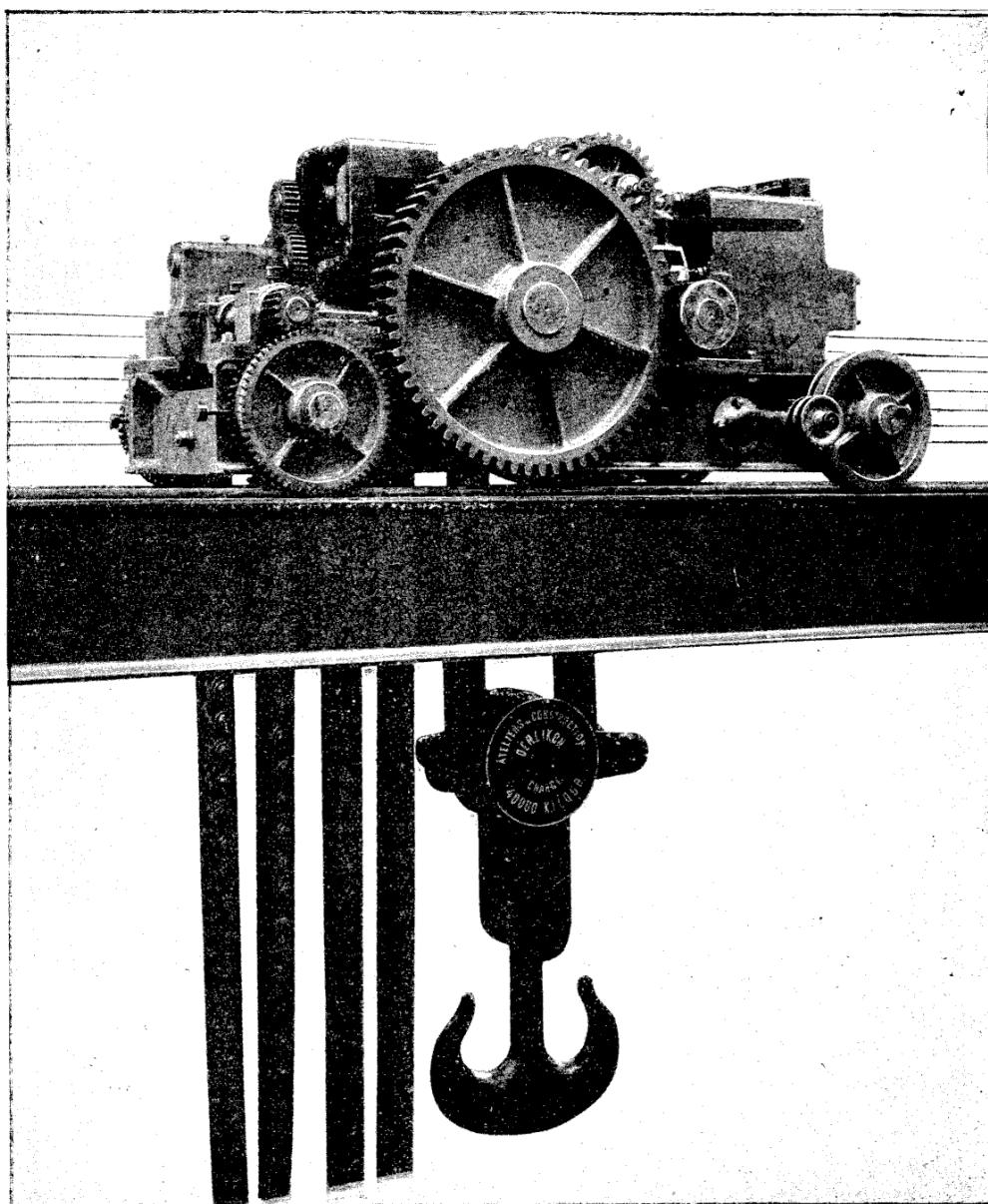


Fig. 77. — Chariot-treuil à commande électrique pour pont-roulant avec moteurs à courant continu des Ateliers d'Oerlikon.

- 1<sup>o</sup> Dispositif évitant la pression sur les axes;
- 2<sup>o</sup> Embrayage progressif évitant le glissement sur les génératrices de contact de roues de friction;
- 3<sup>o</sup> Débrayage avec frein d'arrêt.

Ce système d'entraînement est applicable à tous les appareils et machines, tels que véhicules

automobiles, bateaux, treuils, cabestans, etc., etc., dans lesquels non seulement la mise en communication de la force motrice avec les organes à mouvoir doit être fréquemment effectuée

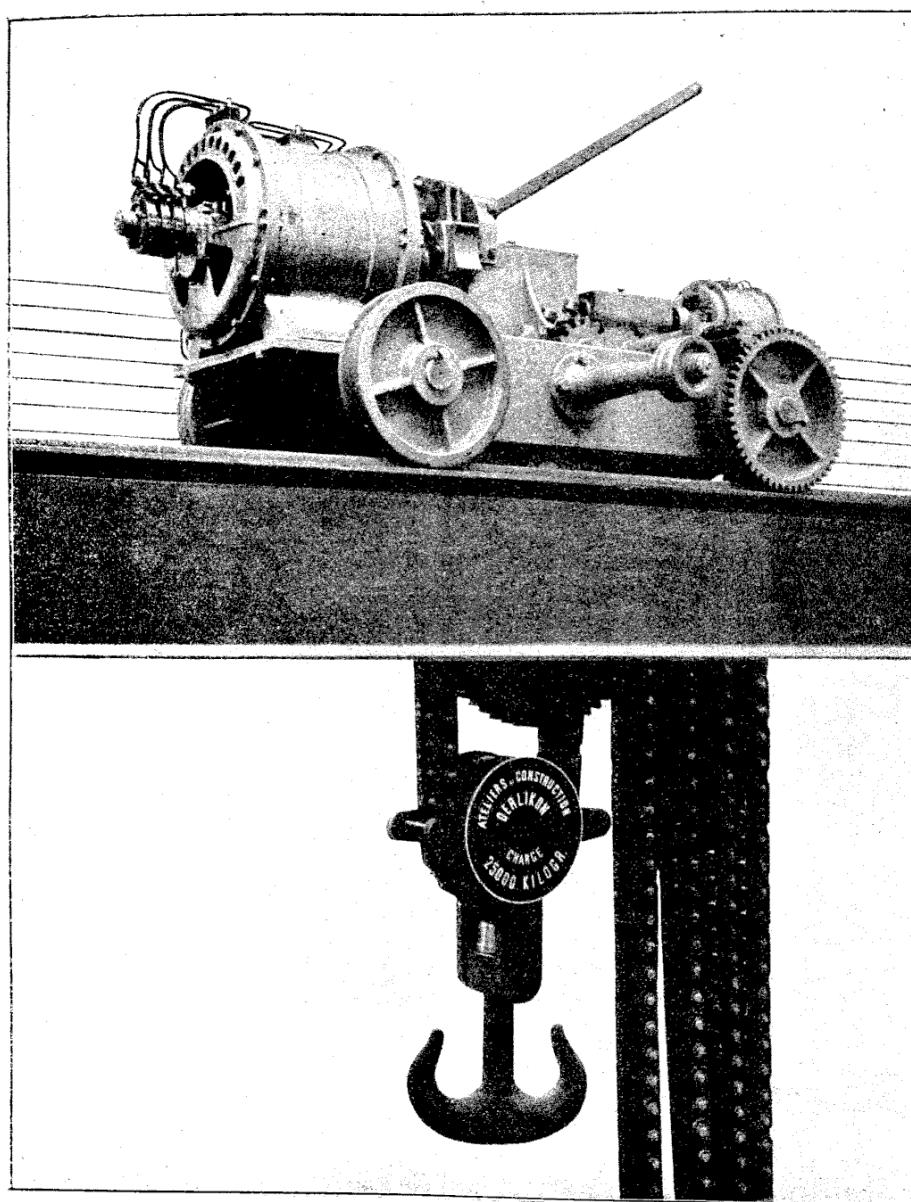


Fig. 78. — Chariot-treuil à commande électrique pour pont-roulant avec moteurs à courants triphasés des Ateliers d'Oerlikon.

et interrompue, mais encore dans lesquels l'entrainement de ces organes doit pouvoir se faire progressivement sans chocs ni secousses, et surtout sans glissement nuisible sur les génératrices de contact des roues de friction en présence, tandis que l'arrêt de ces mêmes organes doit pouvoir s'effectuer aussi rapidement que possible.

La figure 79 est une coupe verticale dans un plan passant par les axes de rotation des poulies; la figure 80 est une vue de face de l'appareil; la figure 81 est une coupe transversale par  $y, z$  de la figure 79, et la figure 82 une vue d'ensemble de l'appareil.

Le mécanisme est constitué par la combinaison des organes suivants :

1<sup>o</sup> Le galet  $G$  fixé à l'arbre moteur  $g$  peut venir en contact par ses génératrices  $o$  et  $p$  avec deux poulies  $A$  et  $B$  situées dans le plan de rotation du galet  $G$  et ayant la tendance de s'appuyer sur ce dernier par une courroie élastique  $C$ , qui enveloppe les trois poulies en présence.

Une seconde courroie élastique  $F$  est placée sur les prolongements des moyeux des poulies  $A$  et  $B$  et a pour but d'atténuer les réactions dans les coussinets des arbres  $a$  et  $b$  pendant la marche en contribuant au serrage de ces poulies;

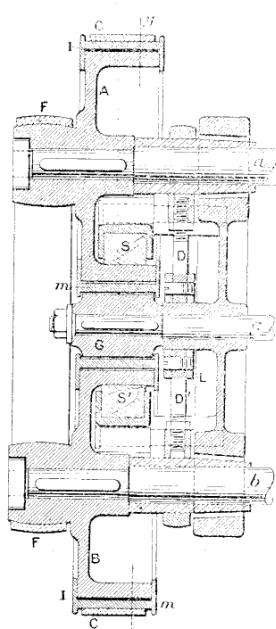


Fig. 79. — Coupe suivant ux.

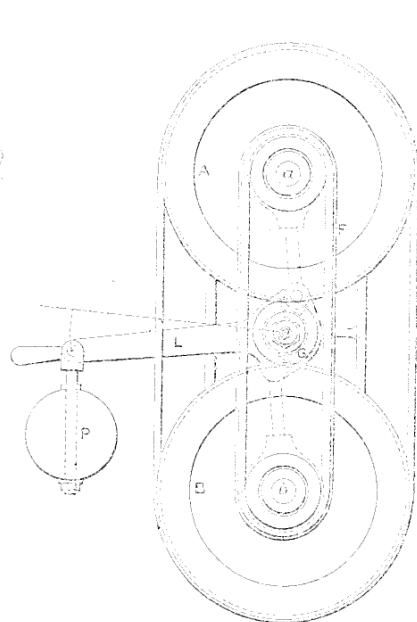


Fig. 80. — Vue de face.

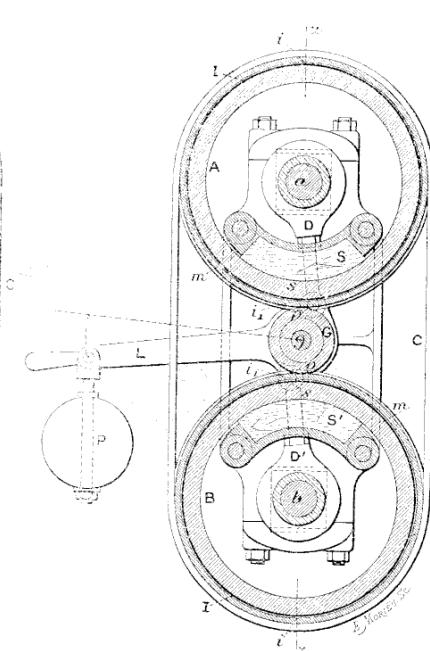


Fig. 81. — Coupe suivant xy.

2<sup>o</sup> Les jantes des roues  $A$  et  $B$  sont recouvertes d'un bandage métallique  $m$  fou sur ces jantes, c'est-à-dire pouvant tourner librement. Ce bandage mobile est placé sur la jante avec interposition d'un cuir convenablement lubrifié et destiné à amortir les chocs et éviter le bruit. La courroie élastique  $C$  tend à rapprocher ces deux bandages  $m$  sur lesquels elle est montée, tandis que la courroie élastique  $F$  tend à rapprocher les jantes des roues  $A$  et  $B$ ;

3<sup>o</sup> Un dispositif permettant de régler la pression exercée à l'aide des courroies élastiques est constitué par un levier  $L$  articulé librement sur l'arbre  $g$  ou sur son support est relié aux coussinets des arbres  $a$  et  $b$  par des bielles  $D$ ,  $D'$ , qui elles-mêmes sont articulées sur ledit levier en dessus et en dessous de son centre d'oscillation.

Ce levier permet d'effectuer le rapprochement ou l'éloignement des arbres  $a$  et  $b$ . Sa course est limitée d'un côté, lorsqu'on effectue le serrage des poulies  $A$  et  $B$  par les génératrices  $o$  et  $p$  du galet  $G$ , et, de l'autre côté, quand on opère le blocage des jantes de roues  $A$  et  $B$ , par des sabots de frein  $S$ ,  $S'$ , placés à l'intérieur des jantes dans des supports fixes.

*Fonctionnement.* — Dans la position des organes figurés sur le dessin et qui sont relatifs, par exemple, à une application aux appareils de levage ou de manutention, le levier  $L$  est sollicité par un contrepoids  $P$  qui maintient l'appareil débrayé, c'est-à-dire les roues  $A$  et  $B$  bloquées par les sabots de frein  $S$ ,  $S'$  sur les contacts  $s$ ,  $s'$ . Dans cette position, tout l'appareil au-

quel ce système est adapté est donc maintenu au repos. Le galet G tourne seul sous l'impulsion de son moteur.

Pour réaliser l'embrayage des arbres *a* et *b*, il suffira de soulever le contrepoids *P*, soit directement à la main, soit d'une manière quelconque, afin d'opérer le rapprochement de ces arbres; le mouvement montant étant continué, l'embrayage se produit par la série de phases suivantes :

*a.* Les bandages *m* viennent en contact avec le galet *G*; alors, les pressions de serrage, résultant de la courroie élastique *C* en *i* et *i'*, sont reportées sur le galet aux deux points *o* et *p*, et les bandages devenant libres sont entraînés par le galet. Comme la masse de ces bandages est faible, cet entraînement se produit immédiatement sans glissement appréciable sur les génératrices de contact.

*b.* Les jantes des roues *A* et *B* sollicitées par la seconde courroie élastique *F* et par le dispositif de réglage de la pression, viennent s'appuyer à l'intérieur des bandages *m*, *m'* aux points *z*, *z'*. Elles sont alors entraînées progressivement par les bandages en mouvement et cela à la volonté de l'opérateur; le glissement qui se produit à l'origine et pendant la période d'embrayage a lieu sur toute la surface intérieure de la jante et du bandage, convenablement lubrifiée, et non plus sur les génératrices *o* et *p*. La pression intérieure nécessaire à cet entraînement des jantes vient s'ajouter à celle de la courroie élastique *C* et donne un excédent de pression sur les génératrices *o* et *p*, empêchant tout glissement sur ces derniers points, non seulement pendant la durée de l'embrayage, mais encore pendant la marche. Le levier *L*, abandonné à lui-même sous l'action du poids *P* produit l'arrêt rapide et automatique des organes qui sont mis en mouvement par les arbres *a* et *b*. Ce levier, ainsi que le mécanisme correspondant, servent à effectuer l'embrayage, le débrayage et l'arrêt.

Sur l'arbre de l'induit du moteur électrique est monté un volant très puissant qui permet, au moment de l'embrayage rapide des poulies de friction, d'utiliser l'énergie cinétique de cet organe concurremment avec l'énergie électrique fournie par le moteur. La variation de courant au moment du démarrage des organes du treuil est ainsi réduite considérablement, et on évite les décrochages et accidents d'ordre électrique afférents à ce type de moteur, lorsqu'il est trop surchargé.

L'induit du moteur est toujours mis en marche à vide à l'aide des appareils de démarrage

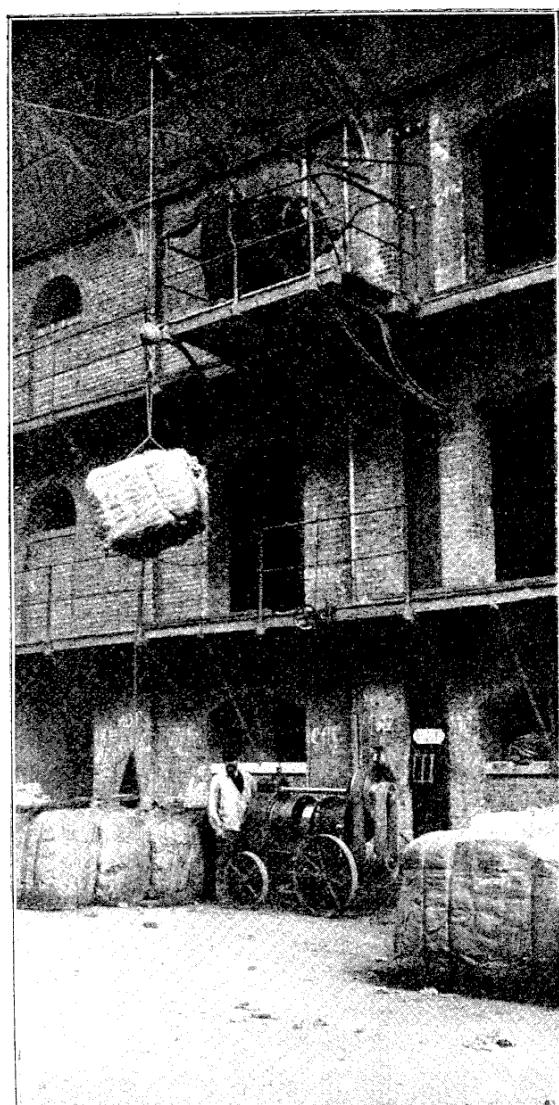


FIG. 82. — Vue d'ensemble du treuil, système Singre.

usités en pareil cas, et montés sur le treuil bien à la portée de la main du conducteur; cette mise en marche est faite une fois pour toutes pour une série de manœuvres à effectuer avec le treuil.

*Résultats des essais.* — Des expériences faites sur le treuil électrique, système Singre, au moment de sa réception dans les Magasins des Docks-Entrepôts du Havre, ont donné les résultats suivants :

|  |        |
|--|--------|
| 1 <sup>o</sup> Puissance absorbée par la dynamo réceptrice fonctionnant à vide, mesurée au wattmètre sur les deux phases, en watts.....                      | 1 140  |
| 2 <sup>o</sup> Puissance électrique absorbée, en watts.....  | 10 000 |
| Rendement du moteur électrique .....   | 0,89   |
| 3 <sup>o</sup> Puissance absorbée par la dynamo entraînant le treuil à vide, en watts .....  | 1 830  |
| 4 <sup>o</sup> Puissance absorbée pour faire mouvoir le treuil à vide, en watts.....   | 710    |
| 5 <sup>o</sup> Lorsque le tambour exerce un effort de traction de 500 kgs à la vitesse de 1,6 m : s, le treuil développe une puissance utile, en watts ..... | 8 000  |
| A ce moment, la puissance électrique absorbée aux bornes du moteur est, en watts.  | 9 690  |
| Rendement de l'ensemble $\frac{P_u}{P_e} = \frac{8000}{9690} =$ .....  | 0,81   |
| Rendement propre du treuil.....  | 0,91   |

Au démarrage du treuil chargé, la puissance électrique absorbée dans la dynamo réceptrice ne dépasse pas 14 kilowatts.

Les avantages de ce treuil peuvent se résumer ainsi : Douceur dans les mouvements pour effectuer le levage, l'arrêt et la descente de la charge, ou bien pour effectuer la mise en route des véhicules; sécurité dans les manœuvres pour effectuer les différents mouvements à l'aide d'un seul levier de commande, qui, abandonné à lui-même, arrête automatiquement la charge sur les freins et évite tout accident; rapidité dans les manutentions : 60 manœuvres à l'heure ou 30 000 kg élevés à une hauteur moyenne de 8 m; rendement élevé : 80 pour 100 entre la puissance développée sur le câble de traction et la puissance dépensée aux bornes du moteur de 9 kilowatts; faible usure des galets de friction : après 1 500 heures de marche environ, on a constaté une usure de 3 mm sur le diamètre de 130 mm. Ce résultat est dû à la suppression presque totale des glissements pendant la période d'embrayage sur les galets de friction; fonctionnement silencieux.

**Chemins élévateurs.** — M. JULES LEBLANC, de Paris, exposait cinq chemins élévateurs, tous du même système; ils diffèrent seulement par la longueur : l'un d'eux conduit les voyageurs à 8 m de hauteur, les quatre autres ne les élèvent qu'à 7 m. La commande électrique des chemins élévateurs se fait par une dynamo de 16 chevaux, alimentée par du courant continu 230 volts. Cette dynamo actionne une vis sans fin qui engrène sur une roue en bronze, puis sur un pignon monté sur son arbre; elle fait tourner la roue d'engrenage de l'arbre principal. Cet arbre actionne deux grandes roues qui conduisent elles-mêmes, par chaîne Galle, le tablier mobile formant toile sans fin sur lequel montent les voyageurs.

#### APPAREILS DE MINES

**Perforatrices électriques.** — Les perforatrices électriques forment deux classes distinctes : *les perforatrices à rotation et les perforatrices à percussion.*

Les *perforatrices à rotation* sont employées pour les roches tendres, l'ardoise, le charbon, etc.

L'appareil est constitué par un fleuret commandé par l'intermédiaire de roues dentelées à l'aide d'un moteur électrique enfermé, et d'un poids assez réduit pour être fixé directement à la colonne de contreventement, ce qui supprime toutes les pièces intermédiaires, arbres flexibles, etc., et a pour conséquence une action plus sûre, un prix plus bas, une longue durée et un faible entretien.

Le moteur lui-même commande, par l'intermédiaire d'un mécanisme différentiel, l'écrou principal qui détermine l'avancement du fleuret, et il est facile, suivant la dureté de la roche, de modifier aussi bien la vitesse de rotation que la rapidité de l'avancement.

Deux modèles différents existent de cet appareil, le type M. P. D. avec colonne de contre-ventement à double vis d'un côté et à plateau de l'autre. La puissance absorbée — qui peut être demandée à tout circuit existant à courant continu ou triphasé sous 110, 120 ou 300 volts — est d'environ 2 à 2,5 chevaux à 2000 tours par minute, le diamètre des trous percés variant entre 25 et 40 mm, et l'avancement moyen étant de 0,6 m à la minute.

Pour les roches dures, la rotation du fleuret ne suffit plus : il devient indispensable d'avoir recours à une action plus violente que, seule, la percussion permet d'obtenir.

La *perforatrice à percussion* constitue donc un second type répondant à ce cas spécial.

Elle est constituée par un cylindre d'acier auquel est fixé le porte-outil, et qui se meut à l'intérieur de deux solénoïdes placés dans le prolongement l'un de l'autre. On conçoit que, si l'on fait traverser alternativement chacune de ces bobines par un courant convenable, les attractions qui s'exercent successivement entre chaque bobine et le cylindre mobile se traduiront par un mouvement alternatif de celui-ci.

Le courant nécessaire est fourni par une petite dynamo tétrapolaire compoundée (fig. 84), dont l'induit est enroulé comme celui d'une dynamo à courant continu ordinaire, un collecteur et deux groupes de balais fournit le courant d'excitation des bobines shunt sous 280 volts, et deux autres collecteurs lui étant adjoints pour l'excitation et le compoundage des perforatrices.

On conçoit, en effet, que, pour l'excitation des bobines de perforatrices, on ne peut pas employer sans inconvénient du courant continu dont la rupture fréquente provoquerait des étincelles violentes. On doit donc d'abord transformer en courant alternatif le courant continu recueilli sur le premier collecteur, celui que nous avons déjà signalé et qui sert à l'excitation shunt de la machine, puis opérer la commutation du courant d'une bobine à l'autre aux instants précis où le courant alternatif s'annule. De plus, les conditions de bon fonctionnement de la perforatrice sont telles que l'outil doit donner environ 400 coups par minute, de sorte que la fréquence du courant alternatif obtenu doit être très faible. On obtient ce résultat en réunissant les spires de l'induit à un second collecteur dont chaque touche correspond à un angle deux fois plus grand que le groupe de spires correspondant, et qui possède, par suite, deux fois moins

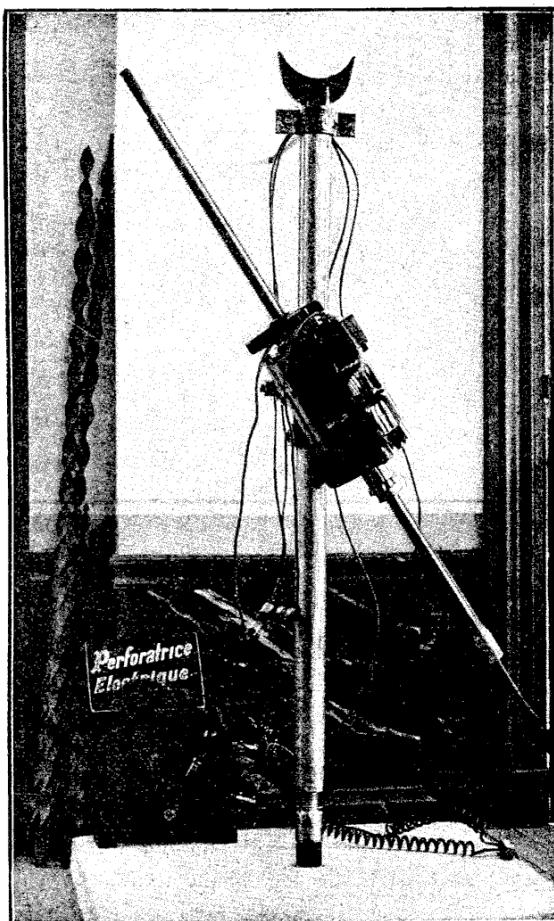


Fig. 83. — Perforatrice rotative de la Cie Thomson-Houston.

de touches que le collecteur à courant continu; il est aisément de comprendre, en effet, que le courant recueilli par les balais, sur ce second collecteur, est du courant alternatif de fréquence *deux fois plus faible* que celui que fournirait l'induit relié en deux de ses points à deux bagues collectrices.

Pour utiliser ce courant, l'un des balais est relié directement au point commun des deux bobines; l'autre communique avec un frotteur appuyant sur un commutateur placé aussi sur l'axe de la dynamo et formé de deux demi-bagues reliées chacune à l'extrémité de l'une des bobines.

Suivant que le frotteur appuie sur l'une ou l'autre demi-bague, le courant va donc à l'une ou l'autre bobine, et on s'arrange pour que la commutation qui se produit dans le frotteur qui se trouve à cheval sur la ligne de séparation des deux demi-bagues ait lieu au moment de l'annulation du courant alternatif. On conçoit d'ailleurs que, par suite de la self-induction des

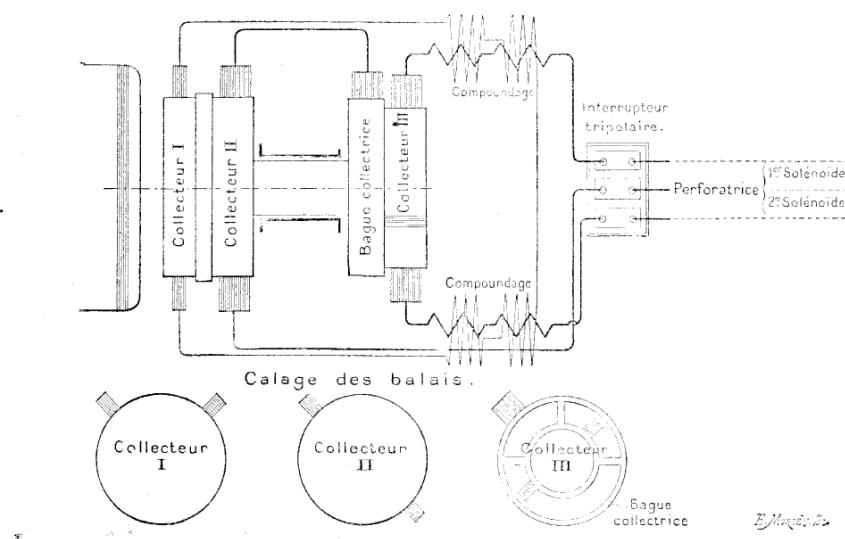


FIG. 84. — Détails de la dynamo pour perforatrices à percussion.

électros, le moment de l'annulation du courant est en retard sur celui de la f. e. m., de sorte qu'il y a un certain décalage bien déterminé dans la position du balai de commutation par rapport à celle des balais de collection.

La dynamo exposée, commandée par un moteur à 300 volts, recevait son courant du tableau de distribution spécial. Elle peut suffire à trois perforatrices. La figure 84 montre l'ensemble des connexions de la génératrice spéciale avec ses trois collecteurs et la bague collectrice qui assurent les communications nécessaires aux instants opportuns entre la dynamo et les deux solénoïdes qu'elle doit alimenter.

**Perforatrice de mine de la Compagnie générale électrique de Nancy.** — Cette perforatrice appartient à la classe des perforatrices portatives et à rotation. Elle peut servir pour forer des trous de mine dans la roche tendre. La mèche, qui peut être de différents diamètres et de constructions diverses, se fixe à l'aide d'un emmanchement carré très facilement sur un bout *ad hoc* d'une lance filetée; cette lance elle-même est, d'une part, avancée lentement à l'aide d'un écrou qui prend dans le filet, et, d'autre part, animée d'un mouvement de rotation à l'aide de deux entraîneurs, qui prennent dans deux rainures, pratiquées le long de la lance; il en résulte un mouvement rotatif et un mouvement d'avancement du foret. L'écrou qui agit sur l'avancement

de la lance est accouplé avec l'arbre secondaire du moteur, à l'aide d'un collier de friction, de sorte qu'en cas de résistance anormale opposée à la mèche, l'écrou glisse, et l'avancement ne s'effectue plus. Le mouvement du moteur est transmis à la lance par une paire de roues dentées logées dans un carter en fonte, et la lance, avec tous ses organes de mouvement, est placée directement sur le moteur. Ce moteur, les engrenages, la lance et les organes de mouvement constituent un ensemble.

Afin de faciliter les manœuvres, la lance s'enlève très facilement en faisant basculer une douille filetée.

Pour maintenir le moteur en place, ainsi que pour le suspendre à une hauteur déterminée, on emploie un cadre composé de deux fers plats et de deux traverses en fonte qui permettent de réunir les deux fers plats en un tout très rigide. Pour effectuer la fixation de l'ensemble aux parois de la mine, une des traverses porte une pointe fixe, l'autre un écrou très long qui se termine en forme de pointe. En manœuvrant l'écrou, on allonge la longueur entre les pointes et on fait appuyer fortement le cadre entre les parois supérieures et inférieures du couloir. Le cadre étant ainsi fixé en deux points situés dans l'axe, il n'existe aucun effort de torsion sur le cadre, et on peut déplacer très facilement le foret de façon à percer plusieurs trous l'un à côté de l'autre sans desserrer le cadre, en le faisant simplement pivoter autour de son axe. Si l'on veut rendre la fixation du cadre plus solide, on relève la traverse portant la pointe fixe de façon à faire dépasser les deux fers plats au-delà de la pointe fixe; dans ce cas, on fait porter le cadre en trois pointes, et on a une fixation d'une rigidité à toute épreuve.

La traverse avec pointe fixe est assez basse pour que l'on puisse descendre avec le foret jusqu'à tout près de la paroi, et suivant qu'on place la pointe fixe à l'extrémité supérieure ou inférieure du couloir, on peut perforez des trous au plafond ou au bas de la galerie. Pour que la perforatrice puisse s'adapter aux différentes galeries, chaque perforatrice comporte trois paires de fers plats de longueurs différentes et qui permettent une adaptation de la perforatrice dans des galeries dont la hauteur varie entre 1,6 m et 2,75 m. Le moteur avec les engrenages, le carter et les organes de mouvement de la vis pèse environ 50 kg. Le cadre assemblé avec traverses en pèse autant. Pour mettre le tout en place, il faut deux hommes pendant cinq à sept minutes.

Pour perforez un trou de 1 m. de longueur sur 30 à 40 mm. de diamètre, il faut une minute à une minute et demie, suivant la dureté de la roche. La puissance du moteur est de 700 à 1 000 watts. La perforatrice est complétée par un rhéostat de démarrage hermétiquement

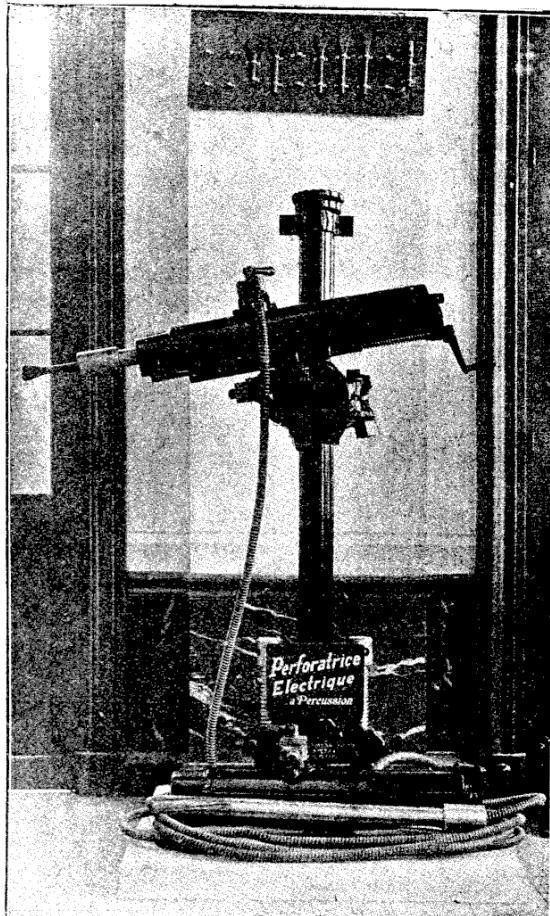


FIG. 83. — Perforatrice à percussion de la C<sup>o</sup> Thomson-Houston.

fermé, portant deux bornes de prises de courant et une manivelle pour la mise en route. Ce démarreur est pourvu d'une anse qui le rend très facilement transportable.

#### APPLICATIONS DIVERSES

**Appareils à adhérence magnétique.** — M. DE BOVET, de Paris, exposait une collection de photographies très intéressante relative aux applications de l'adhérence magnétique au touage, à l'embrayage et au freinage. Voici quelques indications sommaires sur ces divers appareils.

**Poulie de touage.** — *Electro-aimant circulaire.* — Les deux pôles forment les deux gorges de la poulie ; l'armature est constituée par de la chaîne qui s'enroule dans la gorge.

Appliqué au touage, cet appareil a permis de réaliser entre le toueur et la chaîne l'adhérence nécessaire au service en n'ayant sur l'appareil de touage que 2 à 3 mètres de chaîne au lieu des 50 à 60 m que nécessitaient les anciens systèmes. Cela permet à un toueur de jeter sa chaîne à l'eau en un point quelconque de son parcours, sans déplacer celle-ci longitudinalement et, par conséquent, en plaçant l'appareil sur un bateau muni de roues ou d'hélices, de faire, avec ce bateau, du touage en montant et du remorquage en descendant, par conséquent, un service à deux voies avec une chaîne unique dans des conditions d'autant meilleures que le touage, excellent pour la remonte, est, pour la descente, inférieur au remorquage.

Le système est appliqué depuis 1892 sur la Seine. Un toueur remorqueur à adhérence magnétique a un homme d'équipage de moins que les anciens toueurs, et fait de 25 à 35 pour 100 de recette de plus.

Un dessin donne la coupe de la poulie : une photographie représente l'appareil de touage des toueurs de la Seine : des trois poulies qui s'y montrent, la première du côté de l'entrée de la chaîne n'est qu'un galet-guide ; la seconde, au milieu, est la poulie de touage aimantée à saturation, de 1,20 mm de diamètre ; la troisième, du côté de la sortie, est un galet de 0,70 mm aimanté très faiblement, et disposé de façon à avoir la même vitesse circonférentielle que la grande poulie. Ce galet arrache la chaîne-anneau par anneau de la poulie principale ; comme il est lui-même très faiblement aimanté, la chaîne s'en détache d'elle-même.

La poulie principale et le galet de sortie consomment ensemble, pour le maintien de leur aimantation, 28 ampères sur 70 volts : même sur la chaîne la plus usée, ils donnent une adhérence suffisante pour qu'il n'y ait jamais de patinage, l'effort sur chaîne en service étant normalement de 4 000 à 5 000 kg.

Non seulement ce dispositif permet de faire un bateau susceptible de fonctionner alternativement comme toueur et comme remorqueur ; mais, par rapport aux systèmes anciens, il fatigue énormément moins la chaîne. On en trouve la preuve dans la constatation suivante :

Sur les anciens toueurs, la chaîne embrasse, sur deux treuils, quatre circonférences complètes dans des gorges garnies en lames d'acier très dur, dont l'usure atteint 3 à 4 mm par an ; la gorge unique d'une poulie magnétique, construite en métal très doux, n'use pas plus de 1,5 mm. par an.

**Touage individuel.** — Construite sur de petites dimensions et actionnée alors par un moteur électrique avec prise de courant en route, cette poulie aimantée permet de réaliser un appareil compact et peu encombrant du poids de 1 200 kg. environ, susceptible d'être posé momentanément à bord d'une embarcation, de façon que celle-ci puisse se touer elle-même pendant son parcours en canaux. Une des photographies exposée représentait une péniche ayant cet appareil à bord et prête pour un parcours sur canal.

On connaît l'importance de la question de la traction mécanique des bateaux sur les canaux et les très nombreuses études auxquelles elle a déjà donné lieu. M. de Bovet considère comme un fait acquis que, sur les canaux à biefs courts et inégaux où les écluses ne peuvent laisser passer qu'une embarcation à la fois, il n'y a d'économiquement admissible que des procédés permettant la traction individuelle des bateaux.

Celui préconisé par l'inventeur n'a encore été l'objet que d'expériences, au cours desquelles

ont été prises les photographies exposées; mais les résultats acquis jusqu'ici permettent de considérer que tous les moyens proposés, y compris le tricycle et la locomotive électrique, le touage individuel est le seul qui permette un prix de revient inférieur à celui du cheval de hâche.

**TRAINAGES SUR CHAINE.** — A signaler, en passant, que la poulie magnétique peut se prêter à toutes autres applications où il s'agit soit d'adhérer une chaîne, soit d'entrainer celle-ci qui, en ce cas, n'a — pas plus du reste que la chaîne de touage — pas besoin d'être calibrée. En particulier, elle substituerait avantageusement, dans les trainages sur chaîne, les poulies à pas variable, de construction à la fois compliquée et délicate.

**EMBRAYAGE.** — L'utilisation du même champ magnétique que celui de la poulie toueuse, a disposé un peu différemment, mais fermé avec une armature en forme de couronne circulaire, a permis de réaliser des embrayages d'une très grande élasticité, en ce sens qu'ils se prêtent à exécuter les embrayages et les débrayages en pleine marche à toutes vitesses, et qu'ils sont capables de transmettre depuis quelques kilogrammètres par seconde jusqu'à des puissances quelconques. Il faut ajouter que la manœuvre peut s'en faire à toute distance au moyen d'un commutateur et qu'en outre l'appareil peut fonctionner comme limiteur de force. La forme en coin des mâchoires avec faces inclinées à 45° permet de donner tel développement que l'on veut aux surfaces en contact exposées à supporter des périodes variables de glissement; elle assure le bon centrage de l'appareil, quelles que soient les dispositions prises pour le montage.

MM. *Hillairet et Huguet*, qui ont construit beaucoup de ces appareils, en montraient un dans leur exposition. Les applications possibles sont évidentes, soit comme embrayages manœuvrables à toutes distances, soit comme limiteurs de force, soit comme débrayages de sécurité, etc., etc. Il en a été fait déjà de suffisantes pour bien montrer toute l'élasticité de l'appareil. Nous citerons comme exemple de très petits appareils (60 kgm par seconde à 100 tours par minute) employés au réglage des turbines qui actionnent les dynamos génératrices du touage électrique du souterrain de Pouilly (canal de Bourgogne).

Cinq embrayages (de 5 chevaux à 100 tours par minute et 8 chevaux à 100 tours, montés à la fonderie de caractères Debeny, où ils servent à lier, à la transmission générale, les deux moteurs à gaz qui l'actionnent et trois dynamos. L'installation a été faite en 1894. Quand un seul moteur à gaz marche et qu'on veut mettre l'autre en route, on l'entraîne au moyen de l'embrayage qui lui correspond.

Sur les toueurs à adhérence de la Société générale de Touage et de Remorquage, des embrayages de 100 chevaux à 100 tours ont été montés sur l'arbre d'hélice pour permettre, pendant la marche sur chaîne, de mettre celle-ci en mouvement sans arrêter la machine. Le but n'est pas tant de tenir vivement le bateau en cas de rupture de la chaîne, car c'est là un accident rare; il est surtout bon dans les paysages en courbe d'augmenter l'action du gouvernail par le courant que l'hélice projette sur lui. Ces appareils servent donc couramment, et depuis six ans ils ont fonctionné sans une réparation.

Un embrayage de 850 chevaux à 100 tours par minute est monté à l'usine du secteur des Champs-Élysées.

D'autres appareils de faible puissance ont été placés par MM. *Hillairet et Huguet* dans les cabestans de manœuvre de la Compagnie des chemins de fer du Nord, et d'autres bien plus petits encore (0.25 cheval à 100 tours par minute) sont placés par la maison Bréguet dans les électro-sémaphores de cette même Compagnie. La consommation de courant nécessaire pour maintenir l'embrayage varie, en général, de 2 pour 100 de la puissance qu'ils peuvent transmettre (pour les petits appareils à moins de 0.3 pour 100 pour les grands).

**FEINTS.** — L'emploi d'une poulie identique à la poulie de touage, avec, comme armature, une lame élastique garnie de sabots en acier, permet de réaliser un frein à la fois très souple et très énergique.

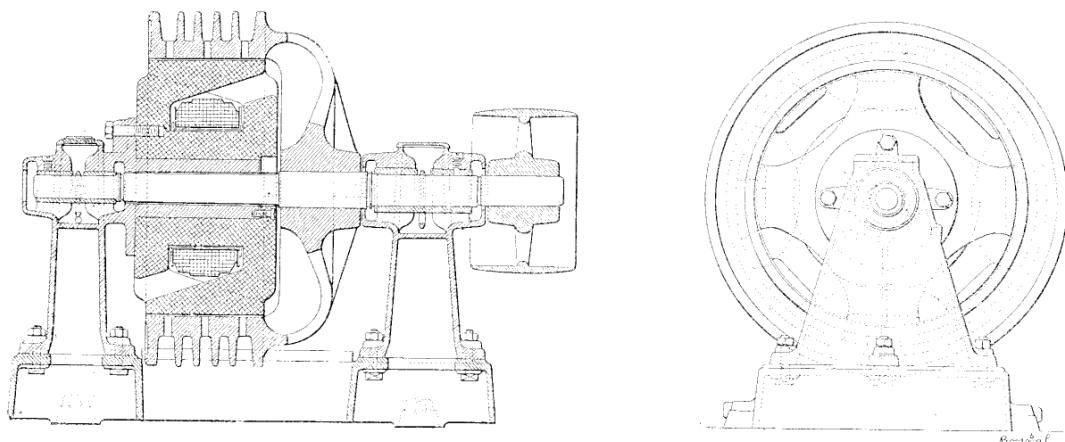
Ce frein est représenté par deux photographies de l'appareil qui a servi aux essais.

La simultanéité assurée d'un nombre quelconque de freins le rendrait surtout précieux

pour les chemins de fer; mais il est aisément de comprendre que c'est là une application difficile; au moment surtout où s'achevait l'installation générale des freins à air, et que, par conséquent, on a dû en rester jusqu'ici aux premiers essais faits à l'atelier.

**Régulateur à frein électrique.** — Le régulateur électrique à frein de M. H. RIETER a pour objet de maintenir constante la vitesse angulaire d'une turbine, etc., pour une charge variable dans le cas où la turbine ne posséderait pas de régularisation automatique, ou un régulateur insuffisant, ce qui arrive souvent pour des turbines à faible chute et à grande variation de charge.

Le principe du régulateur de M. Rieter est des plus simples; il est fondé sur les courants de Foucault ou sur la résistance qu'oppose au mouvement une masse métallique soumise à l'influence d'un champ magnétique. Le couple résistant est proportionnel à l'intensité de ce champ; on agira donc sur ce dernier en faisant varier l'excitation.



Coupe longitudinale.

Vue en bout.

FIG. 86. — Frein électromagnétique du régulateur de turbines de Rieter.

Cette variation est obtenue à l'aide d'un rhéostat actionné par un régulateur à boules monté sur l'axe de la turbine. Par la force centrifuge, les boules s'écartent plus ou moins et soulèvent ainsi une pièce portant des contacts dont les longueurs vont en diminuant. Ces tiges se trouvent au-dessus d'une cuve à mercure; lorsque la vitesse croît, le porte-contact s'abaisse et le rhéostat est supprimé du circuit, l'excitation augmente, et le frein agit; l'inverse se passe lorsque la vitesse diminue.

Le courant d'excitation du système peut être pris soit directement sur la dynamo que l'on cherche à régler, soit sur une batterie d'accumulateurs.

Le frein consiste en un système inducteur mobile et un grand anneau de fer fixe. Cet anneau est muni d'ailettes facilitant le refroidissement nécessaire pour lutter contre l'échauffement qui tend à se produire et qui est d'ailleurs sans inconvénient.

Voici quelques résultats obtenus avec cet appareil:

Puissance motrice durant les essais : 52,8 chevaux.

1<sup>o</sup> *On n'a pas de régulateurs à freins.* — La vitesse étant régulière, on décharge la transmission de 11,6 chevaux; la vitesse passe de 223 tours par minute à 323 graduellement en 13 secondes; puis on charge brusquement de 10,3 chevaux. En trois secondes la vitesse angulaire passe de 323 tours par minute à 228.

2<sup>o</sup> *On a un régulateur à frein électrique.* — On diminue la rapidité d'action du régulateur au moyen d'une cataracte à huile. Une décharge de la transmission de 8,7 chevaux fait augmenter en quatre secondes la vitesse; elle passe de 230 tours par minute à 276; puis, cinq secondes après, elle reprend la valeur initiale, soit 330 t/m. Il y a donc déjà un grand progrès.

3<sup>o</sup> *On emploie un régulateur à frein électrique sans cataracte.* — Après une brusque décharge de 8,7 chevaux sur l'ensemble, la vitesse ne s'accroît que de très peu (243 tours par minute à 231) et, au bout de deux ou trois secondes la vitesse se maintient à 243 tours par minute. La perturbation totale n'a duré que cinq secondes.

4<sup>o</sup> *Régulateur à frein électrique seul.* — La transmission marchant à vide, on la charge brusquement au maximum, la vitesse angulaire éprouve une brusque diminution de 30 tours par minute en deux secondes et, quatre secondes plus tard, elle avait repris sa valeur initiale.

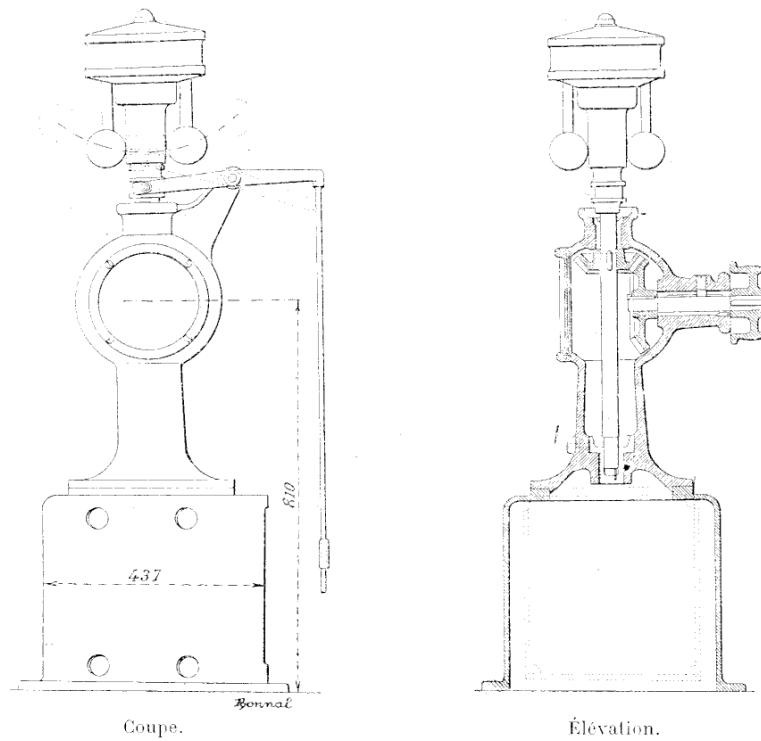


Fig. 87. — Commande du frein électromagnétique.

5<sup>o</sup> *Régulateur à frein hydraulique seul.* — (Ce frein consiste en un cylindre contenant de l'eau et muni d'un orifice; un piston force l'eau à s'échapper, formant ainsi un frein.) La transmission est déchargée de 1,25 cheval; le frein met 9,5 secondes à entrer en action, la vitesse passe de 330 tours par minute à 303, puis diminue, et, après neuf secondes, revient à 330 tours par minute.

**Électro-aimants industriels.** — MM. *Albert Guénée et Cie*, de Paris, se sont appliqués à réaliser des électro-aimants à longues courses, à effort constant ou à effort variable, suivant une loi déterminée à volonté.

L'appareil exposé exercit un effort constant de 650 kg avec une course de 22 cm, ce qui représente un travail de 143 kgm pour une seule attraction. Les variations des efforts avec les chemins parcourus sont basées sur le principe suivant :

Quand le déplacement à vitesse constante de la pièce mobile d'un électro-aimant produit une variation constante de flux, l'effort est constant. Si la variation du flux n'est pas constante, plus cette variation sera grande, plus l'effort sera grand.

Ce principe peut être appliqué d'un certain nombre de façons différentes, mais la solution adoptée présente l'avantage de n'exiger que des pièces extrêmement robustes.

On s'est efforcé d'obtenir le maximum de flux possible pour une force magnéto-motrice déterminée et l'on a étudié la forme des cuirasses pour avoir le moins de frottement possible, et concentrer presque toute la réluctance du circuit au point même où doit se produire la variation de flux.

La première application importante de ces électro-aimants a été faite par le service du matériel fixe de la Compagnie de l'Ouest qui manœuvre les aiguilles, les sémaphores, etc., des lignes construites en vue de l'Exposition avec des électro-aimants de différentes puissances. Les électro-aimants qui actionnent les aiguilles font un effort constant dépassant 200 kg avec une course de 10 centimètres.

*Manœuvre d'aiguille par électro-aimant.* — Dans cet appareil, tout le mécanisme, à l'exception du contrepoids, est enfermé dans une boîte et il suffit d'atteler la tige de manœuvre d'aiguille à la chape fixée à la tige sortant de la boîte. L'effort de l'électro-aimant se fait directement sur la tige de manœuvre sans qu'aucun frottement d'axe ou de glissement se fasse sentir, autre que celui dû au poids des pièces.

Deux interrupteurs, mis chacun à une fin de course, permettent de rompre le circuit lorsque l'aiguille est arrivée à sa place. Ces interrupteurs sont commandés par les verrous et ne peuvent donc rompre le circuit que lorsque l'aiguille est verrouillée. La position des verrous est assurée par un contrepoids qui produit un effort suffisant pour empêcher tout mouvement de l'aiguille en temps normal, mais qui céderait forcément sous la pression énorme produite par la jante des roues, lorsque l'aiguille est prise en talon.

La dépense électrique est de 10 ampères sous 90 volts pendant 0,7 s et la course prévue pour l'aiguille est de 12,5 cm avec une résistance de 180 kg.

*Manœuvre de sémaphore par électro-aimant.* — Le principe de l'appareil est le suivant : Une batterie de piles située au poste de commande permet de lancer un courant de quelques milliampères dans un électro-aimant qui produit la fermeture d'un interrupteur à rupture liquide. Le courant d'une batterie d'accumulateurs (4 bacs), renfermé dans le socle de l'appareil, passe alors sous la bobine d'un gros électro-aimant qui produit la manœuvre du sémaphore, puis ferme le circuit de la pile sur un électro-aimant ; cet électro est suffisant, malgré le faible courant qu'il reçoit, pour soutenir l'armature au collage.

En même temps que ce dernier électro était excité, le courant était rompu dans celui qui manœuvre l'interrupteur des accumulateurs, qui ne fournissent l'énergie que juste pendant le temps nécessaire. Si la ligne venait à être rompue, le courant cessant dans l'électro de collage laisserait retomber l'armature, et le sémaphore, qui était à « voie libre » se mettrait automatiquement à « voie fermée ». Il est évident, *a priori*, qu'il serait très aisément de faire lancer le courant de pile par un interrupteur manœuvré par une pédale, et d'obtenir la mise à « voie libre » automatiquement, par le train sortant d'un cantonnement, et, par conséquent, d'obtenir le fonctionnement du block-système.

*Manœuvre d'aiguille par moteur à électro-aimant.* — Pour réduire l'intensité du courant nécessaire à la manœuvre et, par conséquent, les frais de câbles et d'installation, M. A. Guénée a pensé à assembler plusieurs électro-aimants, actionnant un même arbre, et en a fait un véritable moteur électrique, actionnant l'aiguille par l'intermédiaire de roues ou de vis sans fin.

L'avantage sur le premier système est la diminution de frais d'établissement ; l'inconvénient est une plus longue durée de manœuvre, cette durée ne dépassant pas cependant deux secondes.

On a réalisé ainsi un mécanisme très simple, permettant la prise en talon de l'aiguille, sans qu'aucune pièce sorte de la boîte contenant le moteur. D'un autre côté, le moteur se manœuvre comme les électro-aimants ordinaires, avec un simple commutateur unipolaire à deux directions, sans qu'il y ait d'inversion de sens de courant ; le moteur ne possède aucune inertie, part instantanément, s'arrête de même ; l'effort au démarrage est considérable et la robustesse que l'on obtient défie toute concurrence.

Un inconvénient primordial, d'ailleurs, est évité avec le moteur, grâce à sa faible inertie.

Lorsque l'aiguilleur s'aperçoit qu'il commet une fausse manœuvre, il est tenté, en effet, de revenir immédiatement en arrière ; il arrive alors assez fréquemment que le courant a passé pendant un temps suffisant pour lancer la dynamo qui, par inertie, continue son mouvement malgré la rupture du circuit, fait mouvoir l'aiguille et l'amène dans la position où l'inverseur nécessaire est sur le plot mort ; il est alors impossible de faire mouvoir l'aiguille, qui reste dans une fausse position.

Avec le moteur à électro, cet inconvénient est évité forcément : 1<sup>o</sup> parce que l'inertie, cause du mal, n'existe pas ; 2<sup>o</sup> parce que les interrupteurs manœuvrés automatiquement coupent le courant aux fins de course et que, si l'un est ouvert, l'autre est forcément fermé, donc l'aiguille en ramenant le levier dans sa position initiale, fera forcément revenir l'aiguille en arrière.

Dans ces deux appareils que nous proposons, lorsque l'aiguille a été prise en talon, elle est automatiquement ramenée dans sa position initiale.

*Manœuvre de sémaphore par moteur à électro-aimant.* — Pour cette application, MM. A. Guénée et Cie ont utilisé spécialement le manque d'inertie du système qui convient à un bon asservissement.

Une pédale placée sur la voie lance le courant dans le moteur du sémaphore placé immédiatement à côté ; le moteur se met en marche, met le sémaphore à l'arrêt, puis lance le courant dans le moteur du sémaphore précédent, qui se met en marche en sens inverse et ramène le sémaphore à la voie libre, puis coupe son propre courant.

On pourrait objecter que le train pourrait s'arrêter avant que la dernière voiture ait dépassé la pédale ; mais cela revient à dire qu'il faut calculer la distance entre le sémaphore et la pédale de façon à ce qu'un train suivant ne puisse en aucun cas attendre celui qui le précède en freinant dès que les pétards placés près du sémaphore ont explosé.

Pour éviter une fausse manœuvre en cas de rupture de la ligne, on a prévu deux pédales, une étant placée comme nous l'avons indiqué, l'autre étant placée en avant du signal produit une demi-course du moteur et amène le bras du sémaphore à 45° ; le mécanicien est ainsi prévenu que le courant passe bien et qu'il peut se fier au signal.

Si le sémaphore est à l'arrêt (position horizontale), cela peut indiquer soit que le train précédent n'est pas sorti du cantonnement, soit que le courant a été rompu avant sa sortie du cantonnement, le train s'arrête alors protégé par le sémaphore qu'il vient de passer et qui lui-même reste forcément à l'arrêt, que le courant soit rompu ou non ; si le sémaphore reste vertical, c'est que le courant est rompu après que le train précédent est sorti du cantonnement, et le train peut avancer ; mais il est prévenu qu'il n'est plus garanti par le block-système.

Pour une aiguille manœuvrée par moteurs à électro-aimant, la dépense électrique est de 4 ampères sous 90 volts pendant deux secondes ; pour un signal, la dépense est de 1 ampère sous 90 volts pendant deux secondes également.

*Moteur puissant à électro-aimant.* — Nous avons alors construit un moteur avec trois électro-aimants produisant 70 kg, frottements compris, sur une course de 10 c en absorbant 11 ampères. À l'arrêt, le courant sous 220 volts est de 40 ampères et une puissance de 2,4 chevaux.

L'utilité de ces moteurs peut être très grande à cause des deux principaux avantages dont ils jouissent : leur vitesse réduite et leur absence d'inertie. Ces deux qualités permettent, en effet, un démarrage instantané sans rhéostat.

Ils peuvent être employés avec avantage au pointage horizontal des tourelles et au pointage en hauteur des canons. Là ils ont l'avantage de pouvoir être réparés immédiatement sans avoir recours à des spécialistes.

Le commutateur pouvant être placé loin du moteur dont les électro peuvent être rendus parfaitement étanches, ce moteur peut manœuvrer en pleine eau et peut ainsi être utilisé pour les travaux sous-marins, pour l'épuisement des mines, etc.

*Servo-moteurs électriques.* — L'application la plus intéressante est celle faite à un réducteur commandé à distance dont le fonctionnement est absolument celui des servo-moteurs pour

les commandes de barres, etc. Un commutateur à deux directions permet la manœuvre en lançant le courant dans le moteur pour produire l'un des deux sens de marche. Dès que le moteur se met en mouvement, il entraîne un balai dont le sens de mouvement et la vitesse déterminent le sens de mouvement et la vitesse d'un moteur asservi qui actionne le commutateur à deux directions, dont le plot mort vient ainsi se placer sous le balai.

Ce servo-moteur permet ainsi soit d'amener avec une vitesse voulue l'appareil commandé à une position déterminée, soit de l'amener à cette position avec la vitesse maxima que peut prendre le moteur en plaçant immédiatement le balai du commutateur à deux directions dans la position correspondante.

La régularité du fonctionnement est déjà assurée, ainsi que nous l'avons dit, par l'absence d'inertie du moteur; elle l'est aussi par la puissance de l'électro sous un faible poids. Il est évident que, si l'armature était attirée par une force égale à son poids ou presque égale, la vitesse linéaire que pourrait prendre le moteur serait très faible; mais l'effort moyen sur une armature pesant 1 kg et parcourant 5 cm est de 11 kg; l'accélération est donc considérable et permet une vitesse du moteur relativement grande. Le moteur asservi tournant presque à vide peut atteindre une vitesse de 700 tours par minute, tandis que le moteur attelé à l'appareil à manœuvrer ne dépasse pas 500 tours, le premier peut donc dans tous les cas suivre le second. Autrement dit ni un démarrage brusque, ni un arrêt instantané ne peuvent décrocher le moteur asservi.

Pourtant, lorsque le servo-moteur doit actionner une barre, ou tout appareil dont l'asservissement doit être parfait, sans aucun risque, on a prévu un mécanisme permettant de ramener automatiquement la concordance, si elle avait disparu, chaque fois que l'aiguille de l'actiomètre est ramenée dans une ou plusieurs positions données.

Pour fixer les idées sur la puissance nécessaire pratiquement, nous donnons les quelques exemples suivants :

| FORCE EN KG | COURSE EN CM | TENSION EN VOLTS | COURANT EN AMPÈRES |
|-------------|--------------|------------------|--------------------|
| 21          | 4            | 110              | 1,25               |
| 23          | 8            | 90               | 6                  |
| 80          | 8            | 90               | 8                  |
| 100         | 8            | 90               | 10                 |
| 200         | 10           | 90               | 12                 |
| 650         | 22           | 220              | 28                 |

La dépense est relativement très faible et ne peut être comparée à celle d'aucun autre type.

## TABLE DES MATIÈRES

### I

#### MOTEURS ÉLECTRIQUES

##### A. — MOTEURS A COURANT CONTINU

|   |   |
|---|---|
| Considérations générales.....                   | 3 |
| Dispositions générales.....                     | 3 |
| <b>Excitation des moteurs à courant continu</b> |   |
| Excitation shunt.....                           | 4 |
| Excitation série.....                           | 4 |
| Excitation compound.....                        | 5 |

##### Principaux types de moteurs à courant continu à poste fixe

|   |    |
|---|----|
| Moteurs de faible puissance (Gramme, Cuénod, Lecocq)..... | 5  |
| Moteurs à rotation irréversible.....                      | 8  |
| Moteurs sous pression.....                                | 8  |
| Moteurs type léger de la Société Gramme.....              | 8  |
| Moteurs blindés (Lahmeyer et C <sup>ie</sup> ).....       | 10 |
| Moteurs à vitesse variable.....                           | 10 |

##### Moteurs pour électromobiles

|  |    |
|--|----|
| Moteurs de la Société des Établissements Postel-Vinay.....                       | 11 |
| Moteurs des voitures Jeantaud, Kriéger, Compagnie de transports automobiles..... | 14 |
| Moteur fermé de la Société Gramme.....   | 18 |
| Moteur de la Vereinigte Elektricitäts Actiengesellschaft.....                    | 18 |

##### Moteurs de tramways

|  |    |
|--|----|
| Considérations générales.....                        | 22 |
| Moteur de tramway Schneider et C <sup>ie</sup> ..... | 22 |

##### Appareils de contrôle et de sécurité

|  |    |
|--|----|
| Dispositions générales.....  | 25 |
| Appareils de manœuvre pour moteurs de la marine Sautter-Harlé..... | 25 |

##### B. — MOTEURS A COURANTS ALTERNATIFS

|  |    |
|--|----|
| Classification.....                                | 29 |
| <i>a. — Moteurs synchrones ou à champ constant</i> |    |
| Considérations générales .....                     | 29 |
| <i>b. — Moteurs asynchrones à champ alternatif</i> |    |
| <i>    c. — MOTEURS DE CONDUCTION</i>              |    |
| Moteurs Schneider et C <sup>ie</sup> .....         | 30 |

## TABLE DES MATIÈRES

|   |    |
|---|----|
| <i>b. — MOTEURS D'INDUCTION OU A INDUIT FERMÉ</i> |    |
| Considerations générales.....                     | 31 |
| Conditions générales de construction.....         | 31 |
| Stator.....                                       | 31 |
| Rotor.....  | 32 |
| Dispositifs de démarrage.....                     | 33 |

*c. — Moteurs asynchrones à champ tournant*

|   |    |
|---|----|
| Considérations générales.....   | 37 |
| Petits moteurs des Ateliers du Creusot.....   | 37 |
| Moteurs de la Société alsacienne de constructions mécaniques.....   | 38 |
| Moteurs à inducteur mobile des Ateliers du Creusot.....   | 39 |
| Auto-démarrageur de la Société Westinghouse.....  | 40 |
| Moteur Boncherot.....   | 41 |
| Moteur à grand couple de démarrage de M. Max Déri.....  | 43 |
| Moteurs asynchrones divers (Ateliers d'Oerlikon, Compagnie internationale d'électricité de Liège, de l'Industrie électrotechnique de Slikkerveer, Farcot, Westinghouse..... | 46 |
| Données de construction et de fonctionnement de quelques moteurs asynchrones à courants triphasés.....  | 53 |

## II

## APPLICATIONS DES MOTEURS ÉLECTRIQUES

|  |    |
|--|----|
| <b>Machines-outils</b>   |    |
| Moteurs transportables .....   | 54 |
| Manœuvre d'aiguilles de chemins de fer.....                              | 55 |
| Commande de machines-outils.....   | 56 |
| Machines à riper de la Société réunie d'Électricité de Vienne .....      | 56 |
| Commande de métiers à filer et à tisser.....                             | 56 |
| Moteur double de la Société Gramme.....                                  | 57 |
| Machine électrique à fraiser.....  | 58 |
| Pompes.....  | 58 |
| Ventilateurs.....  | 58 |
| Essoreuses.....  | 58 |
| <b>Appareils de levage</b>   |    |
| Ponts-roulants .....   | 60 |
| Chariot-treuil à commande électrique.....                                | 60 |
| Monte-charges.....   | 60 |
| Grue Titan.....  | 61 |
| Treuil roulant système Singre.....                                       | 61 |
| Chemins élévateurs.....  | 66 |
| <b>Appareils de mines</b>  |    |
| Perforatrice électrique.....   | 66 |
| Perforatrice à rotation.....   | 66 |
| Perforatrice à percussion.....   | 67 |
| Perforatrice de la Compagnie générale électrique de Nancy.....           | 68 |
| <b>Appareils divers</b>  |    |
| Appareils à adhérence magnétique.....                                    | 70 |
| Régulateur à frein électrique de Rieter.....                             | 72 |
| Électro-aimants industriels de MM. Albert Guénée et C <sup>e</sup> ..... | 73 |