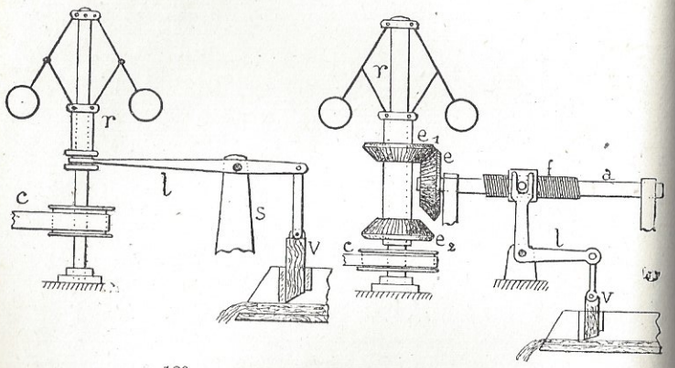
CHAPITRE IX

RÉGULATEURS

Régulateur à action directe (fig. 129). — Un **tachymètre centrifuge, régulateur à boules,** ou un **pendule,** agit directement pour lever ou abaisser la vanne d'ad-



129 130

Fig. 129. — Régulateur à action directe.
Fig. 130. — Régulateur à action indirecte.

mission d'eau ; ce procédé élémentaire ne peut convenir que dans les cas où l'organe de vannage ne demande qu'une très faible force pour sa manœuvre ; il est sensible, à condition que des obstacles même petits n'entravent pas le mouvement de la vanne ; mais il n'agit

qu'avec un **retard** fâcheux sur les mouvements de la vanne.

Régulateurs à action mécanique indirecte. — Le régulateur à boules agit pour engrener des pignons ou manœuvrer un embrayage quelconque ; cet organe auxiliaire met en mouvement une vis qui entraîne un écrou solidaire du mécanisme de vannage ; la force nécessaire à manœuvrer le vannage peut être fournie soit par l'arbre même du régulateur, comme figure 130, soit par un arbre auxiliaire mu par courroie.

Ce système a l'inconvénient de produire les effets d'ouverture et de fermeture avec des retards et des excès en plus ou en moins, d'où résultent des **oscillations à longues périodes** dans la vitesse de la machine hydraulique.

Régulateur Crozet-Fourneyron. — Dans sa nouvelle turbine à axe horizontal centripète radiale avec adduction de l'eau par bâche en spirale, ce constructeur déplace longitudinalement le rotor et obtient la fermeture ou l'ouverture des orifices d'admission par un **mouvement louvoyant,** c'est-à-dire de rotation et de translation simultanées ; à cet effet, comme le montre la figure 131, le rotor de la turbine porte un prolongement en forme de tiroir cylindrique *a*. Il est claveté sur l'arbre qui tourne dans le presse-étoupe *b* et le palier *b'*. Sur ce même arbre est fixé le volant-poulie et la chape *c*. Tout cet ensemble peut, non seulement tourner autour de son axe, mais se déplacer aussi parallèlement à cet axe de telle sorte que le tiroir cylindrique peut venir étrangler, puis obturer l'arrivée de l'eau.

Ce déplacement ne demande qu'une force insignifiante parce que c'est un mouvement louvoyant. Il est produit dans le sens de la fermeture par l'action de la

force centrifuge sur les masses du régulateur, et dans le sens de l'ouverture par la tension de deux ressorts R

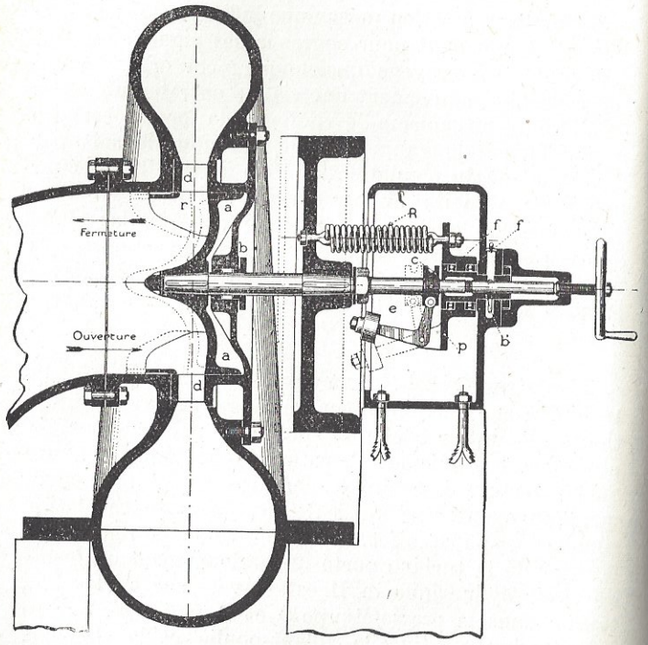


Fig. 131. — Régulateur Crozet-Fourneyron.

fixés par une extrémité à la poulie V et par l'autre au plateau *p*.

Ce dernier tourne avec l'arbre, entraîné qu'il est par la chape *c* du régulateur, mais il ne peut pas se déplacer parallèlement à l'axe à cause des deux butées à billes *f* et *f'*.

La turbine devient ainsi **autorégulatrice,** mais ce procédé n'est applicable qu'à des turbines de petite et moyenne importance, à cause de l'inertie considérable qu'a le rotor dans les fortes machines ; il donne une excellente régulation avec des écarts de 10 p. 100 environ pour décharge et de 5 p. 100 pour pleine charge brusque avec retour à la vitesse normale en cinq à six secondes et il a l'avantage d'être très simple et robuste.

Régulateurs à pression d'eau. — Dans cet appareil, dont la figure 132 montre un spécimen, la pression de

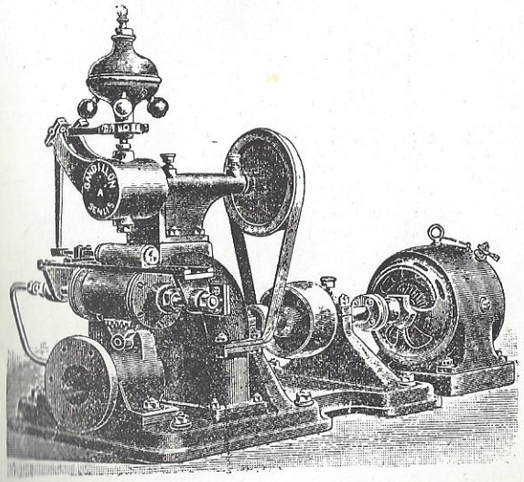
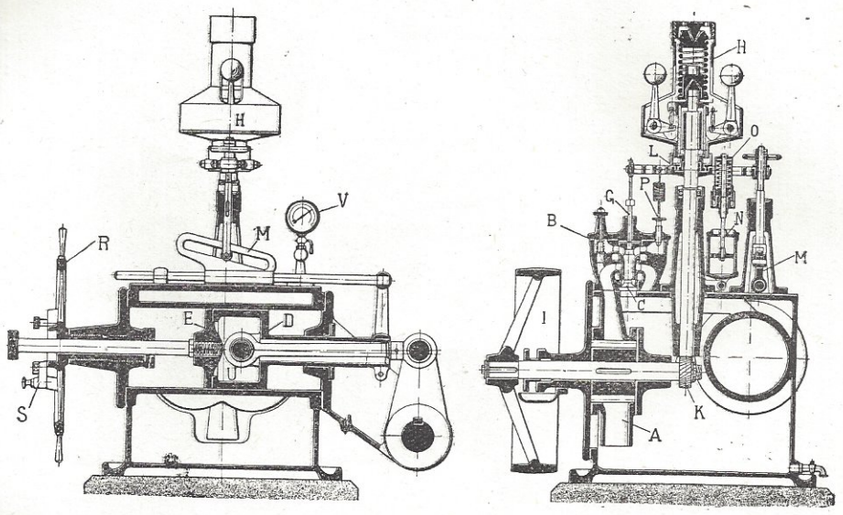
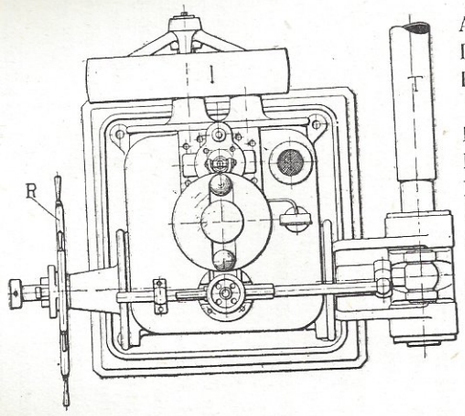


Fig. 132. — Régulateur Gandillon et Vigreux.

l'eau qui actionne la turbine agit dans un cylindre muni d'un piston et un régulateur à boules (**tachymètre**) com-



LÉGENDE



A. Pompe à engrenages.
B. Soupape de réglage.
H. Tachymètre à ressort.
I. Poulie de commande.
K. Engrenages helicoïdaux.
M. Came d'asservissement.
N. Frein à huile.
O. Ressort compensateur.
P. Dispositif pour varier le nombre de tours.
R. Volant du réglage à main.
S. Verrou du réglage à main.
T. Arbre de réglage.
U. Piston du servo-moteur.
V. Manomètre.

Fig. 133. — Tachymètre à servo-moteur, simple effet.

mande l'admission d'eau dans ce cylindre ; quand les boules s'élèvent par l'accélération de la vitesse, l'eau chasse le cylindre mobile qui ferme la vanne de la turbine ; dès que la vitesse normale est retrouvée, l'eau cesse d'entrer dans le cylindre qui est ramené en arrière par un ressort ou un contrepoids.

Divers dispositifs utilisent ce principe en modifiant plus ou moins les organes.

Dans le régulateur *Bouvier*, une pompe à engrenages mue par une courroie envoie l'eau dans un cylindre avec piston dont la tige agit sur le vannage de la turbine ; le tachymètre obture ou ouvre les orifices d'admission entre la pompe et le cylindre selon les variations de vitesse de la turbine ; ce régulateur à eau est à **servomoteur** dans le genre de ceux décrits ci-après.

Régulateur à pression d'huile à simple action pour turbines (*Ateliers de Vevey, Suisse*). — Ce régulateur comporte un servo-moteur à piston sur lequel agit l'huile constamment refoulée par une pompe à engrenages entraînée par une courroie ; la commande de l'admission d'huile sur l'une ou l'autre face du piston étant faite par un **régulateur à boules** servant de tachymètre ; en voici la description (fig. 133).

Une pompe à engrenages A, sans soupape ni clapet, refoule de l'huile sous pression dans le tiroir de distribution B et de là, suivant la position du piston-flotteur C, sur l'une ou l'autre des faces D et E du piston du servo-moteur. Un pointeau G qui suit tous les mouvements du tachymètre à ressorts H détermine la position du piston-flotteur qui est mû par l'huile sous pression.

Les résistances qui s'opposent au déplacement du tachymètre sont très faibles, ce qui permet d'obtenir un réglage précis.

Lors d'une décharge brusque, par exemple, il se produit une augmentation de vitesse de la turbine communiquée au tachymètre par la poulie I et les engrenages K. Le manchon L monte, entraînant le pointeau G et par suite le piston flotteur C ; ce dernier découvre le canal par lequel l'huile sous pression agit sur la face E du piston du servo-moteur qui, en se déplaçant, ferme le distributeur de la turbine par l'intermédiaire d'une tringlerie appropriée. Une came M, d'un profil déterminé, se meut avec le piston ; elle provoque l'asservissement du régulateur et limite la fermeture de la turbine à la valeur correspondant au nouvel état d'équilibre. Les oscillations sont amorties par un frein à huile N et un ressort O.

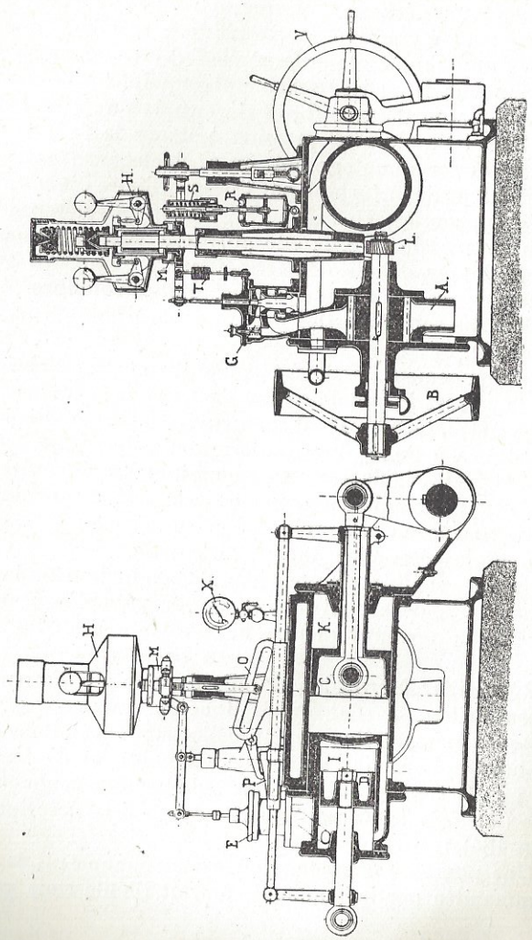
Le changement de vitesse pendant la marche s'obtient par le ressort P qui charge ou décharge le manchon du tachymètre. Ce ressort est manœuvré soit à la main, soit à distance à l'aide d'un petit moteur électrique.

Lorsque le régulateur est en équilibre et que la vitesse est normale, l'huile passe par le tiroir sans être utilisée ; elle retourne au réservoir presque sans pression et la pompe travaille avec une faible charge.

Un dispositif simple pour le réglage à main est adapté à chaque régulateur ; il peut être embrayé rapidement en marche au moyen d'un verrou.

Régulateur à pression d'huile à double action pour roues Pelton. — Cet appareil comporte deux servomoteurs agissant l'un sur un **déflecteur** qui détourne le jet hors de la roue et l'autre sur le pointeau de fermeture de la tuyère ; il est commandé par une seule courroie (*Ateliers de Vevey, Suisse*) : en voici la description (fig. 134) :

Une pompe à engrenages A, sans soupape ni clapet, commandée par la poulie B, fournit l'huile sous pres-



LÉGENDE

—

A. Pompe à engrenages.
B. Poulie de commande.
C.-D. Pistons des servo-moteurs.
E.-G. Soupapes de réglage.
H. Tachymètre à ressort.
L. Engrenages hélicoïdaux.
O.-P. Cames d'asservissement.
R. Frein à huile.
S. Ressort compensateur.
T. Dispositif pour varier le nombre de tours.
U. Arbre de réglage.
V. Volant du réglage à main.
X. Manomètre.

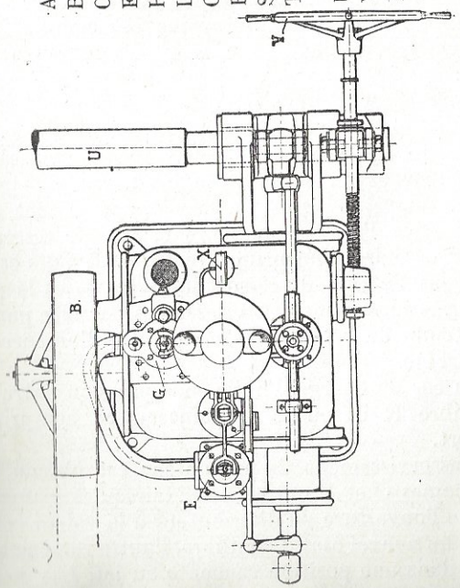


FIG. 131. — Tachymètre à servo-moteur, double effet.

sion pour la manœuvre des deux pistons C et D, dont l'un C, est accouplé rigidement au pointeau de la turbine et l'autre D, à la tringlerie de commande du déflecteur.

L'huile refoulée par la pompe est conduite dans les deux soupapes de réglage E et G, placées sous la dépendance du même tachymètre H et de là, suivant la position des pistons-flotteurs, dans les espaces annulaires I et K. La pression s'exerce sur un seul côté des pistons C et D ; la contre-pression est fournie par deux ressorts ; l'un tend toujours à fermer le pointeau, l'autre à ramener le déflecteur dans sa position de repos.

Lors d'une décharge brusque, par exemple, l'augmentation de vitesse de la turbine est communiquée au tachymètre par la poulie B et les engrenages L. Le manchon M monte en provoquant le déplacement des pistons-flotteurs ; celui de la soupape E découvre le canal par lequel l'huile s'introduit dans l'espace annulaire I ; le piston D se déplace en entraînant le déflecteur et en chassant le jet hors de la roue. En même temps, le piston de la soupape G met en communication l'espace annulaire K avec le réservoir par l'intermédiaire d'un orifice réglable. L'huile est expulsée sous l'action du ressort antagoniste et le pointeau se ferme lentement ; sa vitesse est calculée pour éviter tout coup de bélier dans la conduite d'amenée d'eau à la turbine.

En cas de charge, l'huile sous pression entre dans la chambre K et ouvre le pointeau en comprimant le ressort.

L'asservissement du régulateur est obtenu à l'aide des cames O et P qui sont solidaires des pistons ; l'une limite l'ouverture du distributeur à la valeur correspondant au nouvel état d'équilibre, l'autre ramène le déflecteur dans une position tangente au jet. Les oscillations

sont amorties par un frein à huile R et un ressort compensateur S.

Le changement de vitesse pendant la marche est provoqué par le ressort T qui charge ou décharge le manchon du tachymètre. Ce ressort est manœuvré soit à la main, soit à distance à l'aide d'un petit moteur électrique.

CHAPITRE X

MOTEURS HYDRAULIQUES ANCIENS UTILISANT LA PRESSION DE L'EAU

Les moteurs hydrauliques de cette catégorie sont à **mouvement alternatif ;** on en a construit à **cylindre oscillant** ayant absolument le même mécanisme qu'une machine à vapeur de ce type ; on peut aussi les faire comme une machine à vapeur ou à air comprimé avec soupapes ou tiroir pour la distribution : l'eau est un fluide qui peut agir comme la vapeur ou l'air comprimé, mais il n'est pas **élastique,** ce qui oblige à une marche très lente du moteur. Le moteur *Schmid de Zurich* et le moteur *Brotherhood* sont décrits dans le dictionnaire *Lami* ; le moteur *Schmid* est à cylindre oscillant à double effet et les moteurs *Brotherhood* comportent trois pistons plongeurs à simple effet avec distribution par tiroir ; ces moteurs ne présentent pas grand intérêt maintenant.

Les grues, cabestans et palans emploient des cylindres à eau sous pression avec pistons agissant directement sur les chaînes de levage ; nous les avons décrits au *volume IV* de cette *Encyclopédie.*

On a employé dans les mines des machines hydrauliques destinées à l'élévation des eaux du fond ; la première de ces machines était celle dite de *Chemnitz*, établie en Hongrie en 1755, dérivée de la *Fontaine de Héron d'Alexandrie* qui vivait cent vingt ans avant J.-C. ; ces appareils sont décrits dans tous les traités de physique, nous dirons quelques mots de la machine de

Chemnitz : un premier réservoir clos R, figure 135, est situé au niveau de l'orifice du puits de la mine et reçoit un courant d'eau sous pression provenant d'un bac R_1 situé à une hauteur *h* supérieure à la profondeur du

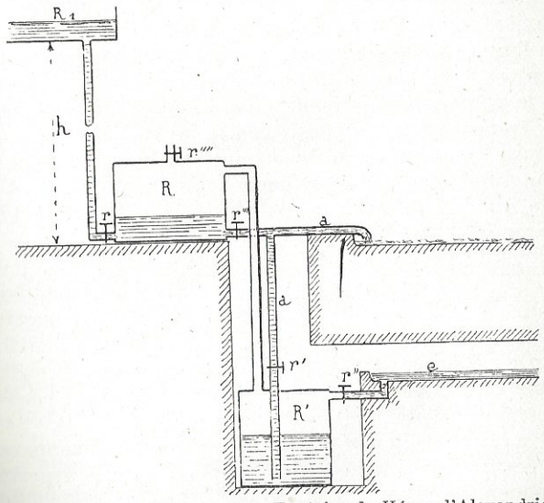


Fig. 135. —Schéma de la Fontaine de Héron d'Alexandrie.

puits de mine : l'eau comprime l'air dans le réservoir R et cet air comprimé est envoyé dans un deuxième réservoir clos R', situé au fond du puits, qui reçoit par le tuyau à robinet *r''* les eaux qu'il s'agit d'épuiser. Quand la pression de l'air est devenue suffisante, il expulse l'eau de R' par un tuyau *a* débouchant au-dessus du sol. On fait fonctionner la machine en manœuvrant convenablement les robinets *r*, *r'* et *r''* pour expulser l'eau du réservoir R quand elle a produit son effet et remplir R'.

On peut réaliser la manœuvre automatique de ces robinets.

Les machines à **colonne d'eau** ont été employées autrefois pour épuiser l'eau des mines ; celle à **simple** effet fut inventée en 1736 par *Bélidor* et perfectionnée par *Juncker* en France vers 1830 et par *de Reichenbach* en Bavière, qui la firent **à double effet.** Elles comportent un long cylindre dans lequel se meut un piston dont la tige est manchonnée directement sur la tige du piston de la pompe d'épuisement, ce qui évite tout mécanisme de transmission et constitue un avantage ; l'eau est admise sous le piston de la machine et sa hauteur de chute doit être suffisante pour soulever ce piston et sa tige qui pèsent quelquefois plusieurs milliers de kilogrammes ; dans la machine à simple effet, le poids de la tige du piston est suffisant pour refouler l'eau de la pompe hors du puits de mine ; dans les machines à double effet, l'eau de la chute est amenée successivement sur les deux faces du piston moteur ; la distribution de l'eau se fait dans les deux cas au moyen d'un **tiroir cylindrique** avec deux pistons équilibrés sous la pression de l'eau.

En raison de la non-élasticité de l'eau la bonne marche de ces machines a nécessité l'application de dispositifs ingénieux qui donnent la fermeture très progressive des orifices ; on en trouvera la description complète dans le *dictionnaire Lami* à l'article **moteur hydraulique** et dans le *Manuel de l'ingénieur* de *Debauve*, fascicule 8, pages 352 à 360.

TROISIÈME PARTIE

LES MOTEURS ÉLECTRIQUES

CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS

Le fonctionnement des moteurs électriques repose sur les phénomènes de l'**induction** électro-magnétique ; nous les avons étudiés dans le *volume Ier* du livre : *Comment on devient électricien-mécanicien.* Quant à la construction de ces moteurs, elle constitue une industrie tout à fait spéciale et son étude est trop importante pour que nous puissions l'entreprendre ici. Nous envisageons donc seulement l'**utilisation** du moteur électrique dans les ateliers où l'on emploie selon leur appropriation aux besoins, les types suivants :

1° **Moteurs à courant continu ;** à cause de leur aptitude à démarrer **sous charge,** ces moteurs sont préférables toutes les fois que des démarrages fréquents sont nécessaires et que le moteur est accouplé directement à la machine d'utilisation ; selon leur mode d'**excitation,** on distingue :

Les **moteurs série** : grande puissance de démarrage, vitesse croissante si la résistance diminue ; applicables à la **traction,** aux **ascenseurs** et **appareils de levage** où le contrôle de la vitesse est fait à la main du conducteur.

Les **moteurs en dérivation** ou **shunt :** puissance de démarrage, vitesse ne pouvant pas dépasser celle prévue par

le constructeur même en marche à vide ; utilisés généralement pour toutes les machines-outils.

Les **moteurs compound** : puissants au démarrage, grande régularité de vitesse même en cas de surcharges brusques : appliqués aux machines dont la vitesse doit être constante même en cas de variations dans la charge ou dans la tension du courant du secteur et aux appareils de levage.

2° **Moteurs à courants alternatifs.** — Ces moteurs ne peuvent pas démarrer à pleine charge, certains ne peuvent démarrer qu'à vide (**moteurs en court-circuit**) et d'autres doivent être mis artificiellement en vitesse avant d'être mis en circuit d'alimentation normal (moteurs synchrones). Malgré ces inconvénients que l'on supprime par des combinaisons mécaniques ou électriques, les moteurs d'alternatif sont les plus répandus à cause de la facilité de transporter au loin et de transformer les courants alternatifs par des transformateurs simples (**transformateurs statiques**). Nous donnons ci-après quelques documents sur les divers moteurs électriques. Tout moteur électrique doit être précédé d'un coupe-circuit garni de **plombs fusibles,** de grosseur appropriée à l'intensité du courant dépensé. Voir *chapitre IV* ci-après.

CHAPITRE II

MOTEURS A COURANT CONTINU

Un moteur à courant continu est construit comme une dynamo génératrice et une telle machine peut être employée indifféremment comme génératrice ou comme moteur.

La seule modification à lui faire subir pour l'un ou l'autre emploi est un **léger décalage** des balais qui doivent, dans le cas de la génératrice, être **avancés** sur le collecteur par rapport au plan de commutation normal et, dans le cas du moteur, être **reculés** un peu en arrière de ce plan de commutation (nous savons que le plan de commutation passe à égale distance des pôles, c'est-à-dire par la ligne neutre du champ magnétique de l'inducteur).

On s'aperçoit, du reste, de la nécessité de régler le calage des balais parce qu'ils crachent des étincelles. L'ouvrier procède alors par tâtonnements en faisant osciller un peu le support des porte-balais en arrière ou en avant, jusqu'à ce qu'il ait atteint la position où il y a le moins de crachements d'étincelles.

Si les balais *portent bien* sur le collecteur *en bon état*, il ne doit alors se produire *aucune étincelle* aux balais.

Excitation des moteurs à courant continu. — De même que pour les dynamos génératrices, le champ magné-

tique des moteurs à courant continu peut être alimenté ou excité de trois manières bien différentes qui sont :

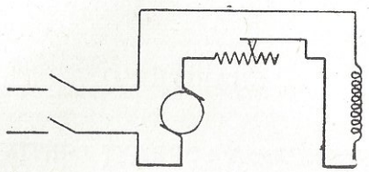


Fig. 136. — Excitation d'un moteur série.

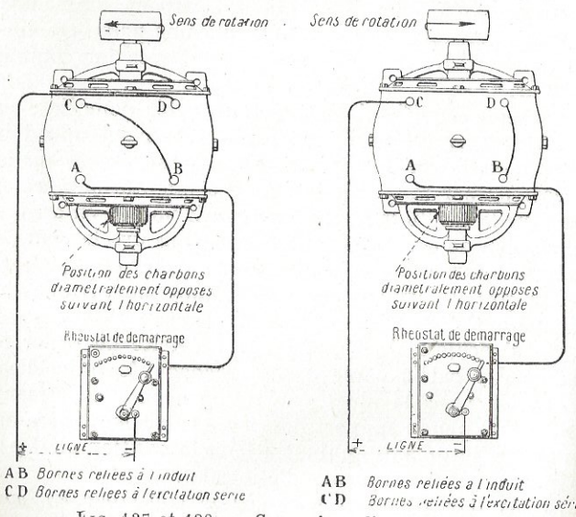


Fig. 137 et 138. — Connexions d'un moteur série.

1° *Excitation en série* (**moteur série**) dans laquelle la totalité du courant passe dans l'inducteur ainsi que dans l'induit (fig. 136, 137 et 138).

2° *Excitation en dérivation* ou shunt (**moteur shunt**) dans laquelle une faible partie, environ un dixième, du

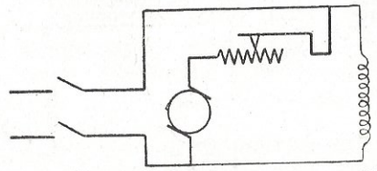


Fig. 139. — Excitation d'un moteur shunt ou en dérivation

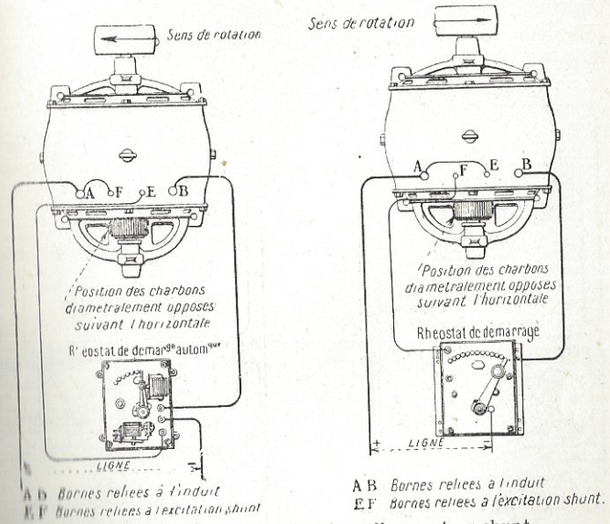


Fig. 140 et 141. — Connexions d'un moteur shunt.

courant passe dans les inducteurs, tandis que la presque totalité du courant passe dans l'induit (fig. 139, 140, 141).

2° *Excitation compound* (**moteur compound**), le mot

compound signifiant **composé**, dans laquelle les bobines inductrices reçoivent une excitation en série et une exci-

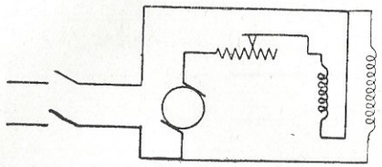


Fig. 142. — Excitation d'un moteur Compound.

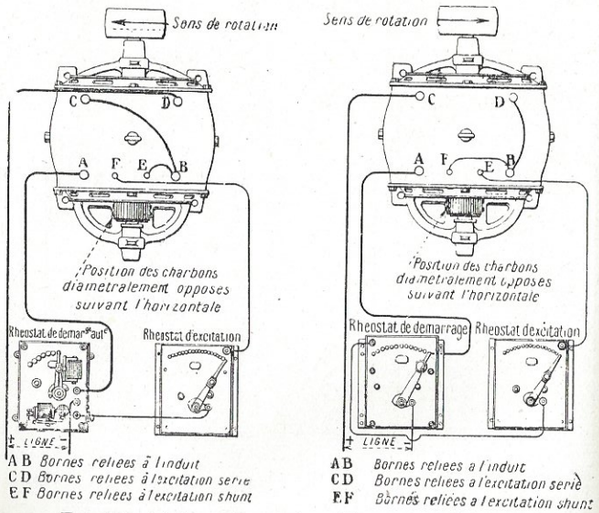


Fig. 143 et 144. — Connexions d'un moteur Compound.

tation en dérivation combinées de manière à maintenir constante la vitesse du moteur quelle que soit la charge (fig. 142).

Le réglage de la vitesse se fait par un **rhéostat de démarrage** agissant sur le champ magnétique et sur le courant principal ; le rhéostat peut être pourvu d'un système de **déclanchement automatique** à maxima et à minima, interrompant le circuit si la dépense de courant dépasse certaines limites ou si ce courant vient à manquer pour une cause extérieure.

Les figures 143 et 144 montrent les connexions des moteurs et des rhéostats dans les divers cas.

Inversion du sens de marche dans un moteur à courant continu. — Pour changer le sens de marche, il suffit de changer le sens du courant dans les bobines inductrices, comme le montrent les figures ci-dessus.

MOTEURS A COURANT CONTINU

Nombre maximum d'ampères absorbés selon la puissance du moteur.

VOLTS	PUISSANCE MAXIMUM du moteur en chevaux	AMPÈRES LIMITE maximum
110	0,11 — 0,27	1,15 — 2,8
	0,33 — 1	3,4 — 10
	1,1 — 2,25	10,4 — 20
	2,5 — 3,2	22 — 28,5
	3,7 — 4,5	33 — 38,5
	5 — 7,25	44 — 59
	7,6 — 9	63,5 — 72
	10 — 13	80 — 108
	14,5 — 17	119 — 132
	19 — 25	150 — 194
	32 — 36	250 — 278
220	0,11 — 0,27	0,58 — 1,38
	0,33 — 0,95	1,7 — 4,5
	1,1 — 2,5	5,5 — 11,2
	2,6 — 4	11,5 — 17
	4,25 — 5,5	18,5 — 23,5
	5,75 — 7	24 — 28,5
	7,2 — 9,5	30 — 38,5
	10 — 13,5	42 — 57
	15 — 18	58,5 — 71
	20 — 24	78,5 — 93
	30 — 35	116 — 136
440	0,6 — 1	1,54 — 2,57
	1,2 — 2,5	2,8 — 5,6
	2,75 — 3,9	6,5 — 8,9
	4 — 5,5	8,9 — 11,2
	5,6 — 7,5	12,2 — 16,1
	8 — 10,5	17 — 21
	11,5 — 14,5	24 — 30
	17 — 21	34 — 41
	22 — 32	44 — 63

CHAPITRE III

MOTEURS POUR COURANTS ALTERNATIFS

Moteurs synchrones. — Les alternateurs sont des machines **réversibles,** absolument comme les dynamos à courant continu, c'est-à-dire que si l'on accouple deux alternateurs ayant leurs circuits inducteurs alimentés de courant continu et qu'on fasse tourner l'un en génératrice, l'autre pourra être employé comme moteur. Mais il ne fonctionnera comme moteur qu'à la condition d'être en **concordance de phase** et **de fréquence** avec l'alternateur-générateur dont il suivra alors exactement la vitesse de rotation.

Un moteur synchrone ne démarre donc pas par la simple admission du courant alternatif. Il faut d'abord le lancer à la vitesse de synchronisme, ce qui s'obtient au moyen d'un moteur auxiliaire.

Avec les moteurs synchrones triphasés, le démarrage est obtenu par la simple admission du courant triphasé, le circuit inducteur étant alors interrompu ; on excite le moteur lorsqu'il a atteint la vitesse de synchronisme.

Enfin dans certains moteurs synchrones monophasés il y a enroulement auxiliaire de démarrage permettant la création d'un champ tournant au moyen de courants **décalés** par des bobines de self-induction.

Les moteurs synchrones sont peu employés dans la pratique industrielle à cause de leurs complications de démarrage et du **décrochage** qu'ils subissent en cas de surcharge brusque et importante. On les utilise dans le

cas où l'on a besoin d'une vitesse absolument constante, quelle que soit la charge imposée au moteur, ou d'une grande puissance de démarrage (**trains de laminoirs**). On les emploie aussi à cause de leur rendement supérieur à celui des moteurs asynchrones lorsqu'ils ne travaillent pas constamment à pleine charge.

Moteurs asynchrones. — Les courants alternatifs distribués par les secteurs publics sont généralement des courants triphasés à 50 périodes par seconde. La démonstration élémentaire qui suit sera donc faite en prenant pour type un de ces moteurs qui sont représentés, tel que l'industrie nous les livre, par les figures 147 à 149.

Dans la carcasse de ce moteur il y a des bobinages

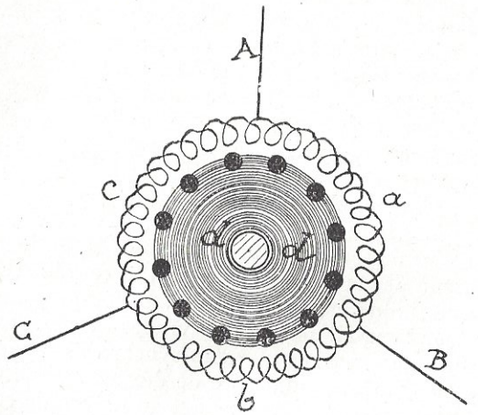


Fig. 145. — Schéma d'un moteur triphasé.

groupés tout autour par séries de trois, comme le montre la figure 145. Ces bobinages sont faits sur une pesante

armature composée de tôles minces serrées les unes contre les autres. L'ensemble de ces tôles et de ces bobinages constitue le **stator** du moteur. Le courant alternatif est amené au stator par 3 câbles ABC. Le courant amené par A traverse le bobinage *a* et va en B (fig. 145). Le courant amené par B traverse le bobinage *b* et va en C, etc.

Ces courants, se succédant à un tiers de période,

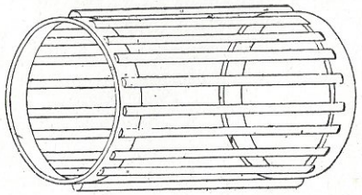


Fig. 146. — Schéma d'un rotor en cage d'écureuil.

comme nous l'avons exposé précédemment, **courent l'un après l'autre** tout autour du stator et, naturellement, le champ magnétique que crée ces courants, les suit dans ce mouvement de rotation : il se forme donc un **champ magnétique tournant,** simplement par la nature spéciale du courant alternatif et sans l'intervention d'aucun mécanisme.

Si, dans l'intérieur du stator, nous plaçons un induit ou rotor formé de barres métalliques soudées à deux disques en forme de cage d'écureuil, comme le montre la figure 146, ou garni de bobinages convenablement disposés, le champ magnétique du stator développera, par induction, dans cet induit, des courants énergiques qui seront attirés par les courants qui circulent dans les bobinages du stator. Mais, comme ces courants se dépla-

cent constamment tout autour du stator, le rotor suivra ce mouvement de rotation :

Et notre moteur alternatif tournera sans collecteur, sans balais : c'est **un moteur à champ tournant**, que l'on nomme aussi **moteur asynchrone** (le mot asynchrone signifie : **pas en même temps**), parce que ce moteur n'est pas forcément en concordance de phase avec l'alternateur qui lui fournit le courant.

L'induit suit le champ tournant du stator avec un certain retard qu'on appelle le **glissement**.

Les moteurs asynchrones marchent à vitesse à peu près constante. Le glissement, c'est-à-dire la différence entre marche à vide et en charge, est compris suivant les types entre 3 et 7 p. 100.

En charge la vitesse tombe de 3 à 8 p. 100 suivant le type du moteur et la puissance. Une chute de vitesse plus grande, et même le ralentissement à vide, peuvent être obtenus, avec les moteurs bobinés, par l'introduction de résistances dans le rotor, mais au détriment du rendement. Ainsi un moteur faisant 3 HP à 1 500 tours par minute, pourra faire environ 2 HP à 1 000 tours en perdant inutilement 1 HP dans la résistance de réglage.

On voit combien ce moteur est simple, comparé aux moteurs à courant continu.

Le moteur asynchrone à **cage d'écureuil** est aussi appelé moteur en **court-circuit** parce que les courants induits qui se forment dans l'induit passent dans des circuits complètement fermés sur eux-mêmes.

La mise en marche de ces moteurs se fait par la simple fermeture d'un interrupteur. Il en résulte que le courant arrivant d'un seul coup en totalité dans l'inducteur, produit un champ magnétique très puissant qui crée dans le rotor des courants intenses : le démarrage est brutal et produit une forte réaction sur le circuit extérieur, car l'absorption d'énergie au démarrage est consi-

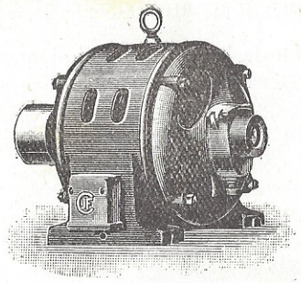


Fig. 147. Moteur court-circuit, rotor en cage d'écureuil.

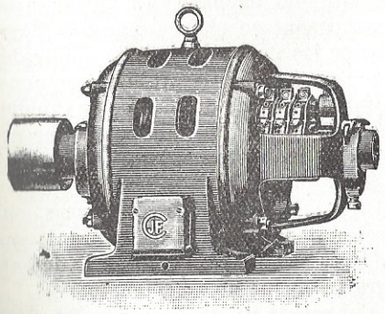


Fig. 148. Moteur bobiné à bagues sans relevage des balais.

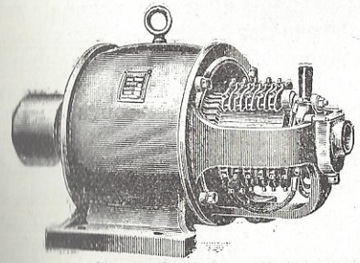


Fig. 149. Moteur bobiné à bagues avec relevage des balais.

Fig. 147 à 149. — Moteurs asynchrones.

dérable à cause même de la brutalité de ce démarrage.

Ces moteurs en court-circuit ne peuvent ainsi convenir qu'aux faibles puissances et ne peuvent démarrer que s'ils ne sont pas en charge ; la moindre résistance de la machine que commandent ces moteurs peut occasionner un échauffement exagéré du rotor et des perturbations dans le circuit extérieur au moment du démarrage. Une fois le moteur démarré, il peut être chargé sans inconvénient et marche dans la perfection.

Il fallait trouver un moyen permettant de démarrer progressivement les moteurs asynchrones de toutes les forces et aussi ceux qui sont en charge modérée. Pour cela il fallait empêcher les courants induits d'envahir brusquement le rotor : on a résolu le problème en construisant des rotors bobinés munis de bagues auxquelles viennent aboutir les extrémités des bobinages. Sur ces bagues frottent des balais en bronze spécial ou en charbon qui sont reliés à un rhéostat.

Ainsi, au moment du démarrage, des **résistances** sont interposées dans le circuit du rotor et les courants qui s'y forment sont modérés par ces résistances : le démarrage s'effectue progressivement et sans brutalité.

Quand le moteur a acquis sa vitesse normale, les résistances, les balais et les bagues deviennent inutiles, aussi certains moteurs sont-ils munis d'un mécanisme de **mise en court-circuit** et **relevage des balais** ; ces deux opérations se font simultanément par la simple manœuvre d'une fourchette (que l'on voit sur la figure 149 au-dessus des bagues) reliée à une manette ou à un petit volant.

Les dispositifs de mise en court-circuit et relevage des balais varient selon les constructeurs, il sera bon de les examiner attentivement quand vous achèterez un moteur.

Certains moteurs sont munis d'un dispositif basé sur

l'action de la force centrifuge réalisant automatiquement la mise en court-circuit et le relevage ; ce procédé est peu employé parce que ces organes automatiques ne fonctionnent pas toujours très bien.

Donc, il est bien compris que le **stator** d'un moteur d'alternatif doit être bobiné spécialement selon qu'il doit recevoir des courants biphasés ou triphasés. Dans ces deux cas, le rotor formé de barres **en cage d'écureuil** ne mérite pas d'autres explications que celles déjà données.

Les rotors bobinés ont toujours trois séries d'enroulements ; les extrémités des fils de ces enroulements sont soudées respectivement à trois bagues en bronze fixées et isolées sur l'arbre du moteur.

Sur ces bagues frottent trois balais en bronze spécial (bronze tendre et gras, bronze plombeux) isolés entre eux et dont la présence n'a pour but que de permettre d'introduire des résistances entre les circuits du rotor au moment du démarrage. Dès que le moteur a pris sa vitesse normale, les bagues et les balais ne servent plus à rien qu'à maintenir la communication entre les bobinages du rotor : pour éviter l'usure de ces balais et bagues, **on relève les balais** après avoir mis en **court-circuit** les bobinages du rotor.

Généralement la mise en court-circuit est faite par une tige de bronze qui est dans l'intérieur de l'arbre du moteur, où elle passe dans un fourreau de matière isolante ; en poussant cette tige, son extrémité intérieure met en court-circuit les trois bagues ; à ce moment, les trois balais sont relevés par une tringle en métal garnie d'un isolant quelconque.

Ces deux mouvements : mise en court-circuit des trois bagues et relevage des balais sont faits simultanément par la manœuvre d'un seul levier. A partir de cet instant, le moteur fonctionne comme un moteur en court-circuit.

Il faut avoir bien soin, quand on arrête un moteur d'alternatif, de ramener toujours la manette du rhéostat au plot mort, afin d'éviter un coup de feu au moteur quand on voudra le remettre en marche ; ici le moindre inconvénient serait la fusion des plombs du coupe-circuit.

Dans les moteurs bobinés à bagues, avec relevage des balais, il arrive que le moteur démarre bien par le rhéostat, mais qu'il s'arrête au moment où l'on opère le relevage des balais au moyen du levier spécial : ceci provient de ce que la mise en court-circuit des trois bagues du rotor ne se fait pas convenablement, lorsque le mécanisme qui opère cette mise en court-circuit est usé ou encrassé. Il faudrait alors démonter la tige ou le collier qui donne le court-circuit, les vérifier, nettoyer et remonter correctement.

Au cas où vous ne pourriez pas, ou ne voudriez pas faire de suite cette réparation, vous n'avez qu'à faire marcher le moteur sans relever les balais, cela n'a aucun inconvénient ; car, ainsi que nous l'avons expliqué, le relevage des balais n'est qu'un accessoire non indispensable a la bonne marche du moteur.

Les moteurs employant les **courants monophasés** sont d'une construction spéciale au stator, et leur rotor est à bagues ou à collecteur. Ils se conduisent comme les moteurs ci-dessus décrits. Ces moteurs monophasés sont rarement employés maintenant dans les secteurs publics.

En résumé, les moteurs asynchrones se classent comme suit :

Moteurs à cage d'écureuil ou court-circuit de 1/20 à 1 1/2 ou 2 chevaux.

Moteurs en court-circuit bobinés de 1/2 à 4 chevaux.

Moteurs bobinés à bagues, avec rhéostat de démarrage :

1° Sans relevage des balais, la mise en court-circuit étant faite par le rhéostat au dernier plot ;

2° Avec relevage des balais et mise en court-circuit par une manette sur le moteur ;

3° Avec mise en court-circuit et relevage des balais automatiques par dispositif centrifuge.

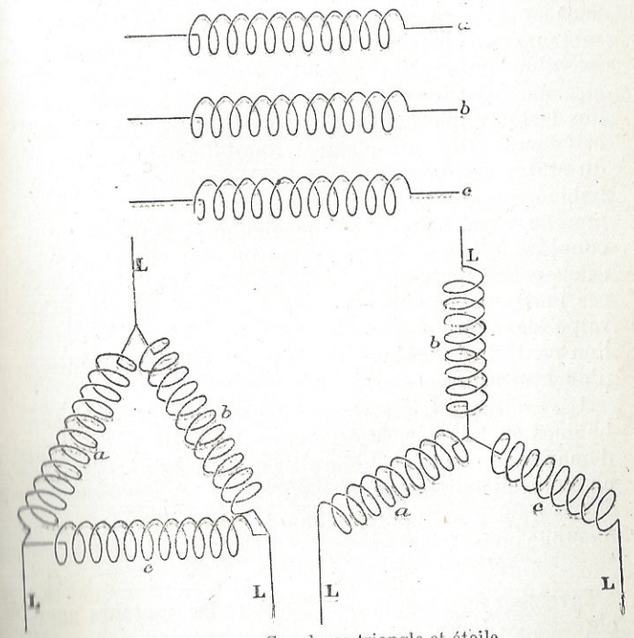


Fig. 150. — Couplages triangle et étoile.

Les moteurs asynchrones bobinés à bagues se construisent pour toutes les puissances depuis 1/4 de cheval jusqu'à plus de 500 chevaux-vapeur. Nos gravures montrent quelques spécimens de moteurs à bagues fig. 148 et 149.

Bobinages en étoile ou en triangle. — Considérons trois bobines représentées en *abc*, figure 150. Nous pouvons les connecter de deux manières différentes comme en (2) **en étoile**, ou comme en (1) **en triangle.** Ces deux modes de connexion des bobinages des stators et des rotors sont employés par les constructeurs d'alternateurs et de moteurs selon les résultats qu'ils désirent obtenir. L'usager d'un moteur n'a pas à s'occuper de ces questions, si nous en parlons ici, c'est simplement pour donner à nos lecteurs une explication de ces deux termes **étoile** et **triangle**. Disons seulement que le couplage en étoile du stator est employé pour le démarrage des moteurs bobinés court-circuit, et le couplage en triangle pour la marche normale de ces mêmes moteurs ; le passage d'un couplage à l'autre se fait au moyen d'une sorte d'inverseur spécial dont nous parlerons plus loin. En ce cas, ces moteurs portent six bornes sur leur carcasse, correspondant aux six extrémités des trois bobinages, que l'on peut ainsi réunir en étoile ou en triangle au moyen d'un inverseur spécial.

Les moteurs triphasés à bagues sont généralement bobinés en triangle. Mais, avant d'acheter un moteur, demandez au secteur public si ce moteur doit être bobiné en étoile ou en triangle.

Les transformateurs statiques sont accouplés de même en étoile ou en triangle.

Inversion du sens de marche dans les moteurs asynchrones. — Pour changer le sens de rotation :

D'un moteur monophasé : intervertir deux des fils allant de l'interrupteur-inverseur au moteur.

D'un moteur biphasé : intervertir deux fils de ligne d'une seule phase, par exemple les deux fils arrivant à droite du moteur ;

D'un moteur triphasé : intervertir deux seulement des fils de ligne arrivant au moteur.

Dans le cas où les inversions de sens de marche doivent être souvent répétées, on dispose, sur les deux fils à intervertir, un inverseur de courant bipolaire.

Mettez d'abord le moteur à l'arrêt complet, ramenez le rhéostat en arrière, inversez le courant et démarrez au rhéostat. Il existe des rhéostats inverseurs. Pour les moteurs court-circuit sans rhéostat, la simple manœuvre de l'inverseur détermine le démarrage en sens inverse.

Moteurs asynchrones monophasés. — Le moteur à courant alternatif monophasé ne peut pas démarrer sous la seule influence du courant simple qui ne crée pas d'emblée un **champ tournant**. Cependant, une fois qu'un moteur biphasé est en marche, si l'on coupe une des phases, le moteur continue à tourner et à effectuer un travail correspondant à la consommation de courant. Il suffit donc d'assurer, par un artifice quelconque, le démarrage d'un moteur asynchrone monophasé pour qu'il puisse être ensuite utilisé avec un rendement d'environ 85 p. 100.

Pour obtenir le démarrage, on met sur le stator (inducteur) un deuxième bobinage alimenté par une dérivation du courant principal **décalé** au moyen d'une résistance (bobine de self-induction) ou d'un condensateur. On obtient ainsi deux courants décalés l'un par rapport à l'autre, qui créent le champ tournant nécessaire au démarrage. Celui-ci effectué, on coupe le courant de la dérivation et le moteur continue à tourner. Le démarrage s'effectue avec un simple inverseur bipolaire. Ce système est représenté schématiquement figures 151 et 155.

Moteurs monophasés à collecteur. — Un moteur **série**

à courant continu, construit spécialement avec des pôles inducteurs formés de tôles minces (feuilletés), peut tourner sous l'influence d'un courant alternatif simple. Le courant changeant de sens en même temps dans l'induc-

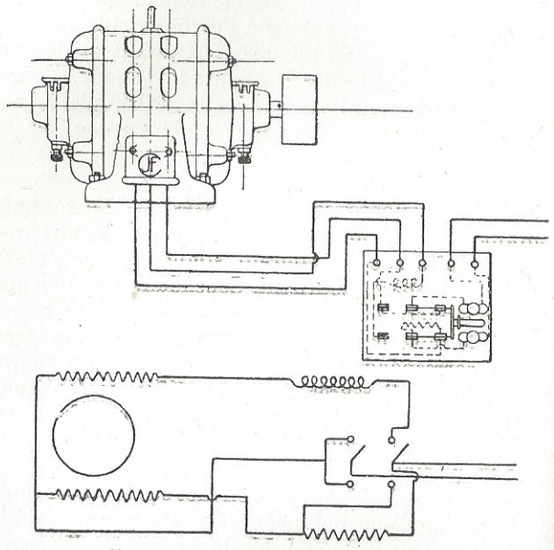


Fig. 151. — Monophasé court-circuit.

teur et dans l'induit, les attractions brèves, mais nombreuses, dues au courant alternatif, expliquent parfaitement la rotation du moteur et son bon rendement.

Mais, afin d'éviter la production d'étincelles aux balais, la construction des moteurs monophasés à collecteur est spécialement faite : elle comporte principalement plusieurs séries de pôles inducteurs et autant de paires de balais.

Ce genre de moteurs a été appliqué à la traction, aux grues, monte-charges, ascenseurs, etc. Ils ont un bon couple de démarrage, peuvent supporter des surcharges de 50 p. 100 sans inconvénient, mais il faut contrôler

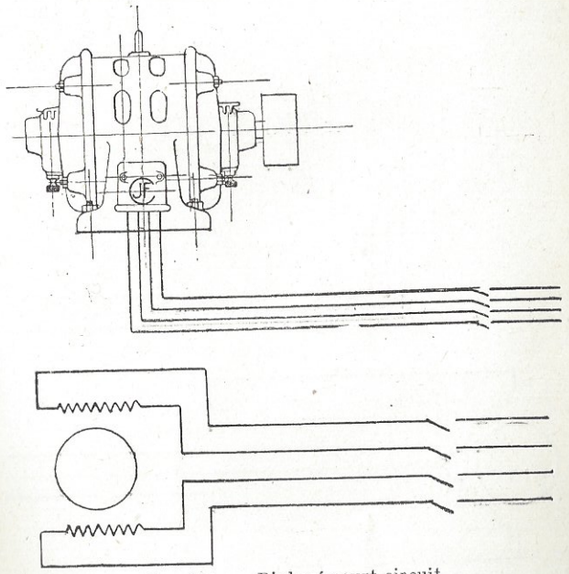


Fig. 152. — Biphasé court-circuit.

leur vitesse, ce sont des **moteurs série** ; ils en ont les qualités et les défauts.

Connexions des moteurs asynchrones. — Les figures ci-après montrent les manières de brancher les divers moteurs asynchrones sur le circuit extérieur et le rhéostat ou démarreur.

Fig. 151. — *Moteur monophasé court-circuit.* — Le démarrage se fait au moyen d'un interrupteur-inverseur tout à fait spécial. Deux fils de ligne sont reliés à cet interrupteur-inverseur.

Trois fils vont de l'interrupteur au moteur.

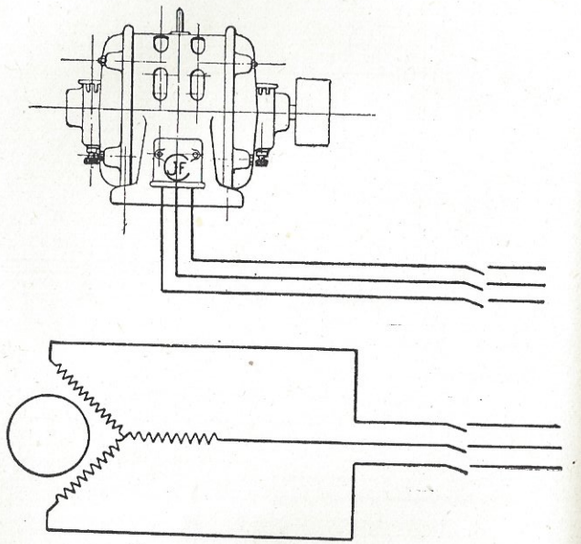


Fig. 153. — Triphasé court-circuit.

Un coupe-circuit à deux plombs fusibles avant l'interrupteur.

Fig. 152. — *Moteur biphasé court-circuit.* — Quatre fils de ligne sont envoyés au moteur par l'intermédiaire d'un simple interrupteur à quatre couteaux ; un coupe-circuit à quatre plombs fusibles ou deux coupe-circuits à

chacun deux plombs fusibles, entre l'interrupteur et le moteur.

Fig. 153. — *Moteur triphasé court-circuit.* — Trois fils de ligne vont au moteur par l'intermédiaire d'un simple

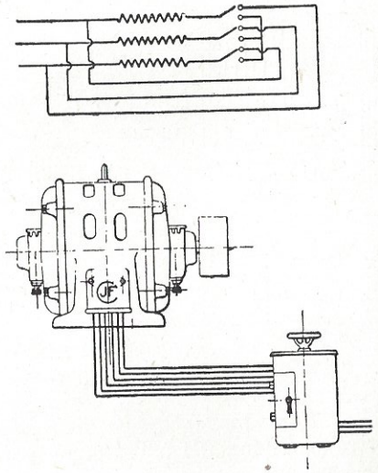


Fig. 154. — Triphasé, étoile-triangle.

interrupteur à trois couteaux : un coupe-circuit à trois plombs fusibles, entre l'interrupteur et le moteur.

Fig. 154. — *Moteur triphasé court-circuit* avec démarreur spécial dit démarreur *étoile-triangle.* Cet appareil rend moins brusque le démarrage du moteur, qui se fait en deux temps.

Un coupe-circuit à trois plombs fusibles doit être placé avant le démarreur.

Démarreur étoile-triangle. Ce démarreur est en réalité un triple interrupteur-inverseur qui a pout but de modifier les connexions des bobinages du stator. En ce cas six fils partent du moteur et vont au démarreur.

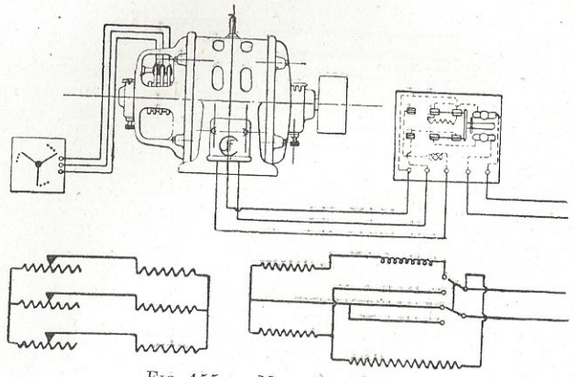


Fig. 155. — Monophasé bobiné.

Fig. 155. — *Moteur monophasé bobiné à bagues.* — Le courant arrive par deux fils à l'interrupteur-inverseur d'un modèle spécial.

Trois fils vont de l'interrupteur au moteur et trois autres fils vont des balais du moteur à un rhéostat à trois touches. Un coupe-circuit à deux plombs fusibles avant l'interrupteur.

Fig. 156. — *Moteur biphasé bobiné à bagues.* — Le courant est amené au moteur par quatre fils de ligne avec un interrupteur à quatre couteaux, et un coupe-circuit à quatre plombs fusibles. Trois fils vont des balais du moteur au rhéostat à trois touches.

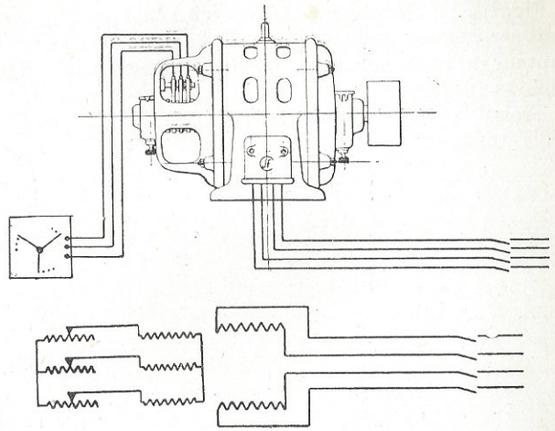


Fig. 156. — Biphasé bobiné.

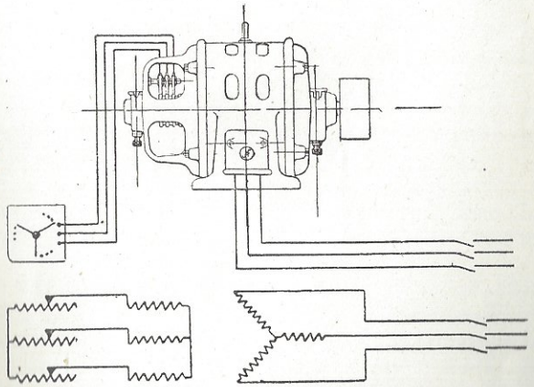


Fig. 157. — Triphasé bobiné.

Fig. 157. — *Moteur triphasé bobiné à bagues.* — Le courant arrive au moteur par trois fils de ligne avec un interrupteur à trois couteaux et un coupe-circuit à trois plombs fusibles.

Trois fils vont du moteur au rhéostat de démarrage à trois touches.

CHAPITRE IV

LA VENTILATION DES MACHINES ÉLECTRIQUES

Il y a le plus grand intérêt à empêcher le plus possible l'échauffement de la masse des machines électriques, génératrices ou moteurs ; en effet, non seulement une température élevée risque de détériorer les couches de coton, de papier et de vernis qui isolent les spires des bobinages des tôles des armatures et entre elles ; mais, d'autre part, les fils conducteurs de ces bobinages perdent une partie de leur conductibilité par l'élévation de température, d'où mauvais rendement de la machine.

Quand une machine électrique fonctionne dans un local bien aéré, sa température s'élève peu ; mais si cette machine est placée dans un sous-sol, dans un atelier clos, ou dans une salle de machine à vapeur ou de moteurs à gaz, on s'aperçoit qu'elle prend rapidement une température exagérée. Dans bien des cas, il est impossible de maintenir la main sur l'extérieur de la carcasse : quelle doit être alors la température dans l'intérieur des bobines de l'inducteur et dans le noyau d'induit ?

Le seul moyen d'empêcher l'élévation de température de nos machines électriques, c'est la **ventilation** de l'intérieur de la carcasse ; la ventilation se fait par l'action même du rotor. L'air est aspiré par le centre des flasques et refoulé par les ouvertures existant sur la circonférence du stator ; le rotor fait ainsi l'office d'une

turbine de ventilateur, sans absorption supplémentaire d'énergie.

Les bons constructeurs garantissent leurs machines avec une élévation de température de 40 degrés centigrades pour les pôles, 45 degrés pour l'induit et 50 degrés pour le collecteur, la machine étant en marche continue à sa charge normale ; cette élévation de température étant comptée au-dessus de la température ambiante, nous voyons que certaines parties de la machine atteignent près de 100 degrés pour peu que le local où elle se trouve soit dans des conditions défavorables : chaleur ou mauvaise aération.

Donc il faut recommander aux électriciens de veiller à la bonne ventilation de leurs machines et de vérifier de temps à autre leur température.

Dans les endroits où l'on fait usage de moteurs **blindés**, ou complètement enfermés, il faut que ces moteurs soient spécialement prévus par le constructeur pour éviter un échauffement exagéré. Généralement ce sont des moteurs que l'on fait travailler au-dessous de leur puissance réelle. Certains moteurs, blindés dans leur partie supérieure, sont ventilés cependant par une petite turbine à ailettes en hélice, montée sur l'arbre du rotor : l'air est aspiré et refoulé par des orifices spécialement réservés à la partie inférieure de la carcasse.

Enfin, dans les locaux très poussiéreux, scieries, moulins, broyages, il est excellent d'adopter le dispositif que montre la figure 158 où l'air du dehors arrive dans le moteur par un conduit souterrain et est évacué de même. Ces conduites d'air peuvent être faites en élévation, quand il n'y a pas de caniveaux souterrains ; on emploie alors, pour cela, des tuyaux de tôle mince galvanisés ou peints à l'huile, pour empêcher la rouille.

Quand des machines non blindées travaillent dans des locaux poussiéreux, il arrive généralement que, mal-

gré la ventilation normale réalisée par la rotation de l'induit, les poussières se déposent en couches épaisses sur les bobinages de la machine. Ces couches de pous-

Application des moteurs blindés ventilés.

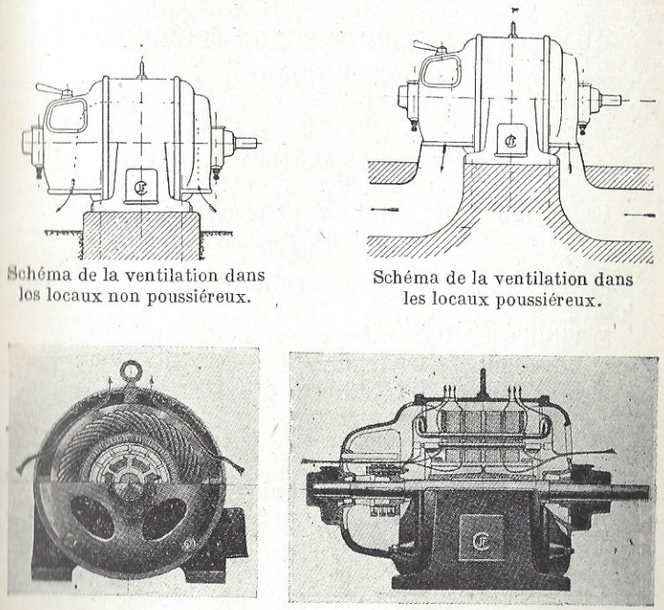


Schéma de la ventilation dans les locaux non poussiéreux.

Schéma de la ventilation dans les locaux poussiéreux.

Fig. 158. — Ventilation des moteurs.

sière empêchent la radiation de la chaleur, agissant ici comme isolants calorifuges ; l'électricien devra posséder un fort soufflet et s'en servir souvent pour chasser ces poussières.

CHAPITRE V

CAUSES DES ACCIDENTS AUX MACHINES ÉLECTRIQUES

Courant continu.

1° *La dynamo ne donne pas de courant. Le moteur ne démarre pas.*

a) Contacts mauvais aux câbles des bornes ou des balais.
b) Fils d'excitation mal connectés.
c) Interruption dans les bobinages de la machine :
Des inducteurs (fils connecteurs rompus).
De l'induit.
d) Les balais ne portent pas sur le collecteur ou sont encrassés.
e) Le courant ne passe pas dans la ligne extérieure.
f) Défauts d'isolement ou court-circuit dans :
Les bobines inductrices (fils connecteurs dénudés).
Les balais et porte-balais.
Les bornes et plaques de support des bornes.
Contact des fils d'induit ou du collecteur avec l'arbre d'induit.
g) Court-circuit dans la ligne extérieure, empêchant le passage du courant.
h) Manque de magnétisme rémanent (très rare).
i) Fils du rhéostat brûlés.
j) Corps étranger dans l'entrefer.

2° *Etincelles rougeâtres aux balais.*

a) Mauvais calage des porte-balais.
b) Collecteur détérioré.
c) Balais sales ou en mauvais état : mal taillés, etc.
d) Voltage ou ampérage excessifs.
e) Inducteurs mal isolés.

3° *Etincelles blanches et fortes aux balais.*

a) Interruption dans une ou plusieurs sections d'induit.
b) Court-circuit entre les sections d'induit.

4° *La machine chauffe.*

a) Aux paliers et bouts d'arbre :
Courroie trop tendue.
Arbre faussé.
Coussinets trop serrés ou mal réglés.
Graissage insuffisant.
Mauvaise huile de graissage (trop épaisse).
Bagues de graissage arrêtées par dépôt au fond des paliers.
Bagues de graissage mal placées sur l'arbre.
Poulie qui frotte contre la joue du palier.
Jeu latéral insuffisant à l'arbre d'induit.
b) Au collecteur :
Balais trop serrés.
Balais ayant une section trop faible pour l'ampérage.
c) A l'inducteur :
Humidité des bobines.
Courant d'excitation trop fort.
Court-circuit dans les bobinages.
Courants parasites (de Foucault) dans les pièces polaires.
d) A l'induit :
Ampérage exagéré (surcharge).

Courts-circuits dans les sections d'induit.
Humidité des sections d'induit.
Courants parasites de Foucault (vice de construction).

5° *Insuffisance de vitesse de rotation.*

a) Courroie détendue ou mal calculée (pas assez large).
b) Surcharge exagérée (échauffement consécutif).
c) Paliers qui chauffent (fumée et odeur d'huile).
d) Induit en mauvais état (il chauffe ; étincelles).
e) L'induit frotte contre les masses polaires (bruit anormal).

6° *Bruits et trépidations.*

a) Scellement insuffisant sur le sol.
b) Boulons de scellement desserrés.
c) Courroie tirant de travers et chocs de la poulie contre les joues du palier.
d) Joints de courroie faisant des ressauts.
e) Balais sautillant et grinçant (lames de mica du collecteur à gratter).
f) Frottement de l'induit contre les pièces polaires.
g) Jeu dans les coussinets de l'arbre d'induit.
h) Partie tournante mal équilibrée (vice de construction).

Alternateurs et commutatrices.

En ce qui concerne la partie mécanique et l'excitation ou production du courant continu, se reporter au tableau ci-dessus.

En ce qui concerne le courant alternatif :

1° *La tension n'est pas constante :*

a) Courant inducteur trop faible.

b) Mauvais isolement ou courts-circuits dans l'inducteur.
c) Vitesse insuffisante du rotor.
d) Courts-circuits dans les bobines induites.
e) Courants parasites dans les masses métalliques (vice de construction).
f) Bagues ayant mauvais contact avec les balais.

2° *Inégalité de tension entre les phases :*

a) Charges inégales dans le circuit extérieur.
b) Court-circuit entre deux fils extérieurs ou intérieurs de la machine.

Moteur d'alternatif.

En plus des causes énumérées au tableau ci-dessus :

a) Mauvais contact aux plots du rhéostat de démarrage.
b) Mauvais contact à la mise en court-circuit de l'induit.
c) Mauvais contact entre les balais et les bagues du rotor.
d) Barres dessoudées aux rotors en cage d'écureuil.
e) Fils rompus dans l'arbre creux, entre l'induit et les bagues.

Transformateurs statiques

a) Humidité des bobines (chauffe).
b) Courts-circuits dans les bobines ou avec le fer (chauffe ; la tension baisse).
c) Fils de connexion rompus entre les bobines (interruption du courant).
d) Défaut de fixation des bobines (bruits de ronflement).

CHAPITRE VI

DOCUMENTS ET RENSEIGNEMENTS ÉLECTRIQUES

Tableau des plombs fusibles à employer avec les divers moteurs électriques et nombre d'ampères absorbés par les moteurs.

PUISSANCE DU MOTEUR EN CHEVAUX				FILS DE PLOMB POUR COUPE-CIRCUIT		
Courant continu ou monophasé 110 volts (2 fils)	Courant continu ou monophasé 220 volts (2 fils)	Triphasé 200 volts (3 fils)	Biphasé 200 volts (4 fils)	Diamètre en dixièmes de millimètre	Section en millimètres carrés	Ampères en marche normale
1/20	1/10	1/8	1/6	2	0,031	0,5
1/16	1/8	1/5	1/4	3	0,071	
1/8	1/4	1/3	1/2	4	0,126	1,5
1/4	1/2	2/3	3/4	5	0,196	2
1/3	2/3	1	1 1/4	6	0,283	2,6
2/5	3/4	1 1/4	1 1/2	7	0,385	3,5
1/2	1	1 1/2	2	8	0,503	4,3
2/3	1 1/4	2	2 1/2	9	0,636	5
3/4	1 1/2	2 1/2	3	10	0,785	6
1	2	3	3 1/2	11	0,950	7,5
1 1/4	2 1/4	3 1/4	4	12	1,130	9
1 1/3	2 1/2	3 1/2	4 1/2	13	1,328	10
1 1/2	3	4 1/2	5	14	1,540	11,3
1 3/4	3 1/2	5	6	15	1,765	12,5
2	4	5 1/2	7	16	2,010	14
2 1/4	4 1/2	6	8	17	2,270	15,5
2 1/2	5	7	9	18	2,545	17
2 3/4	5 1/2	8	10	19	2,835	18,5
3	6	9	11	20	3,141	20
3 1/2	7	10	12	22	3,801	25
4	8	11	14	24	4,524	30
4 1/2	9	12	16	26	4,904	32
5	10	13	18	27	5,725	37
6	12	15	20	30	7,069	46
7	14	18	25	35	9,621	55
8	16	20	30	40	12,566	65
11	22	24	36	45	15,900	85
12	24	28	42	50	19,600	110
18	36	45	65	60	28,300	160

Exemples. — Un moteur triphasé de 11 HP est desservi par un coupe-circuit qui sera garni de trois plombs de 24 dixièmes. Un moteur continu de 48 chevaux exigerait des plombs ayant une **section** double de celle indiquée pour le moteur de 24 HP ; on mettra donc des plombs de 50 mm. de diamètre doublés à chaque borne du coupe-circuit.

Les plombs pour les moteurs à 440 volts et 400 volts seront moitié plus faibles que ceux des moteurs à 220 et 200 volts de même puissance en chevaux.

Pour un moteur de 24 chevaux à 400 volts, on prendra donc les mêmes plombs que pour un moteur de 12 chevaux à 200 volts.

Le tableau ci-contre permet de trouver ainsi, de suite, la grosseur des plombs pour n'importe quel moteur, mais il faut bien observer que lorsqu'on veut multiplier ou diviser la capacité de passage électrique d'un fil de plomb, c'est sur la **section en millimètres carrés** que doit se faire cette opération et non pas sur le diamètre : ainsi, on voit d'après ce tableau qu'un plomb de 27 mm. de diamètre a environ la même section que deux plombs de 19 mm. de diamètre ; on commettrait donc une grosse erreur en calculant sur le diamètre.

Nota. — Tous les fils de plomb vendus dans le commerce n'ont pas le même point de fusion. Certains fils fusibles fondent à une température bien inférieure à celle de fusion du plomb ; il en résulte que, dans ce cas, les diamètres et sections indiquées dans notre tableau seraient un peu faibles ; l'opérateur ne risquerait rien d'employer un diamètre immédiatement au-dessus de celui marqué pour la puissance de son moteur.

Le tableau suivant donne l'ampérage que supportent les plombs fusibles en rubans, il suffira de se reporter au tableau précédent pour trouver, par comparaison du

nombre d'ampères, les lames qui conviennent à chaque moteur.

Lames en ruban de plomb.

Largeur en millimètres.

Épaisseur des rubans en dixièmes de millimètres	7 millimètres	15 millimètres	20 millimètres
	Ampérage normal	Ampérage normal	Ampérage normal
1/10	5	11	14
2/10	10	21	28
3/10	15	32	42
5/10	25	55	70
10/10	50	105	140
15/10	75	160	210
20/10	100	210	280

Electrolyte liquide pour les accumulateurs. — Le liquide employé, appelé électrolyte, doit être composé d'eau distillée et d'acide sulfurique pur à 66°. La composition et la pureté de l'électrolyte ont une grande influence sur la durée des électrodes et sur le bon fonctionnement.

A défaut d'eau distillée, employez de l'eau de pluie bien claire ou, tout au moins, une eau non calcaire, c'est-à-dire cuisant bien les légumes et blanchissant bien le linge. En général, les eaux de puits ne sont pas bonnes pour cela.

Il est de toute importance de n'employer que de l'acide pur, dit acide au soufre, exempt de chlore, d'acide nitrique, de fer, etc. Tout autre acide que l'acide sulfurique, ou tout autre métal soluble dissous dans le liquide peut amener une destruction rapide des électrodes.

Les batteries sont généralement fournies avec l'électrolyte composé d'eau et d'acide en produits purs. Il ne reste donc plus qu'à le verser dans les éléments.

Le tableau ci-dessous indique les différents degrés des mélanges employés dans les accumulateurs d'éclairage et de traction.

DEGRÉ Baumé	DENSITÉ	GRAMMES d'acide à 66° conten. dans 1 l. de liquide	CENT. CUBES d'acide à 66° conten. dans 1 l. de liquide	DÉSIGNATION de l'emploi du liquide
8	1,060	98	52	Eau acidulée pour bains d'hydrogène ou désulfatation
24	1,200	355	182	Eau acidulée pour batteries stationnaires
28	1,241	400	217	Eau acidulée pr batterie d'allumage et voitures électriques

Pour préparer l'eau acidulée, verser dans un grand baquet en bois bien propre de l'eau distillée ou, à défaut, de l'eau de pluie et verser dans cette eau l'acide sulfurique, peu à peu, en remuant constamment l'eau avec un bâton. Il faut à peu près une partie d'acide pour cinq parties d'eau (en volumes). Ne jamais verser l'eau sur l'acide, mais l'acide dans l'eau, afin d'éviter des projections corrosives d'acide sulfurique.

L'eau s'échauffe, par suite de sa combinaison avec l'acide ; il faut la laisser refroidir, en vérifier la densité avec le *pèse-acides* et ajouter de l'eau ou de l'acide pur

pour atteindre exactement le degré indiqué par le vendeur des accumulateurs (20 à 28 degrés). Quand l'eau acidulée est froide, on peut la verser dans les bacs de verre.

RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE DES CORPS USUELS

Température 0°	Résistivité en microhms centimètre	Résistance en ohms de 100 mètres d'un millimètre carré de section	Accroissement de la résistance par degré centigrade entre 0 et 100 degrés
—	—	—	—
Argent	1,500	1,900	0,0038
Cuivre rouge ..	1,570	2,010	0,0041
Bronze phosphoreux	1,600	2,030	0,0040
Aluminium....	2,890	3,680	0,0039
Zinc.....	5,580	7,105	0,0036
Fer pur.....	9,635	12,270	0,0063
Ferro-nickel ...	78,000	165,000	0,0070
Nickel	12,356	15,730	0,0050
Plomb	19,465	24,780	0,0038
Mercure	94,340	120,120	0,0007
Maillechort....	27,000	60,000	0,0004
Argentan	42,000	90,000	0,0010

Au moyen de ce tableau, nous pouvons calculer la résistance d'un conducteur quelconque, en appliquant la formule connue :

Résistance totale (R) = coefficient de résistivité $\times \frac{\text{longueur du câble}}{\text{section du câble}}$, la section du câble s'obtient en multipliant le *carré du diamètre* par $\frac{\pi}{4} = \frac{3,1416}{4} = 0,7858$.

Le tableau ci-contre donne la classification des divers corps dans l'ordre de leur résistivité croissante :

CORPS dits conducteurs	CORPS dits semi-conducteurs	CORPS dits isolants ou diélectriques
Argent.	Charbon.	Laine.
Cuivre.	Acides.	Soie.
Or.	Solutions salines.	Verre.
Zinc.	Glace fondante.	Soufre.
Platine.	Eau pure.	Résine.
Fer.	Pierre.	Gutta-percha.
Etain.	Glace non fondante.	Caoutchouc.
Plomb.	Bois sec.	Gomme-laque.
Mercure.	Porcelaine.	Ebonite.
Métaux en général.	Marbre.	Huile de naphte.
Acides et solutions acidulées.	Papier sec.	Paraffine.
		Air sec.

Calcul de la consommation des moteurs électriques et de leurs câbles (*d'après Japy et Cie*). —

Moteur **continu** :

$$\text{Ampères absorbés} = \frac{HP + 736}{V \times \eta}.$$

HP = nombre de chevaux.
V = voltage.
η = rendement.

Moteur **triphasé** :

$$\text{Ampères absorbés par phase} = \frac{HP \times 736}{V \times \sqrt{3} \times \cos\varphi \times \eta}.$$

V = voltage composé, c'est-à-dire mesuré entre deux phases (1).

(1) Pour une distribution à quatre fils avec point neutre, à deux tensions (110 volts entre phase et neutre et 190 volts entre phase par exemple), il faut toujours introduire, dans la formule, pour V la tension la plus élevée (c'est-à-dire, dans le cas particulier, 190 volts).

TRANSFORMATION DES KILOWATTS EN CHEVAUX-VAPEUR ET RÉCIPROQUEMENT.

NOMBRE de KILOWATTS	NOMBRE de CHEVAUX	NOMBRE de KILOWATTS	NOMBRE de CHEVAUX	NOMBRE de CHEVAUX	NOMBRE de KILOWATTS	NOMBRE de CHEVAUX	NOMBRE de KILOWATTS
0,736	1	11	14,95	0,5	0,368	11	8,096
1	1,36	12	16,30	1	0,736	12	8,832
1,5	2,04	13	17,66	1,5	1,104	13	9,568
2	2,71	14	19,02	2	1,472	14	10,304
2,5	3,40	15	20,38	2,5	1,840	15	11,040
3	4,07	16	21,74	3	2,208	16	11,776
3,5	4,75	18	24,46	3,5	2,576	18	13,248
4	5,48	20	27,17	4	2,944	20	14,720
4,5	6,11	25	33,97	4,5	3,312	25	18,400
5	6,79	30	40,76	5	3,680	30	22,080
6	8,15	40	54,35	6	4,416	40	29,440
7	9,51	50	67,94	7	5,152	50	36,800
8	10,87	75	101,91	8	5,888	75	45,200
9	12,23	100	135,87	9	6,624	100	73,600
10	13,59			10	7,360		

CONSOMMATION DES MOTEURS A COURANT CONTINU

Puissance utile en chevaux	Rendement	Puissance absorbée en kilowatts	VOLTS		
			125	220	500
1/2	75 %	0.49	3.9	2.22	0.98
3/4	»	0.736	5.9	3.34	1.47
1	»	0.98	7.85	4.45	1.96
1.5	»	1.47	11.85	6.7	2.9
2 5	»	2 45	19.6	11.1	4.9
5	80 %	4.60	36.8	21	9.2
7.5	»	6.90	55	31	13.8
10	»	9.20	74	42	18.5
15	»	13.80	110	63	27.6
20	90 %	16.35	131	75	32.8
25	»	20.43	163	93	40.8
30	»	24.53	196	111	49
40	»	32.70	362	148	65.4
50	»	40.86	327	186	81.8
60	»	49.05	392	222	98
70	»	57.23	457	260	104.4
75	»	61.29	490	278	122.6
80	»	65.40	523	297	130.8
90	»	73.56	588	334	147
100	»	81.72	655	370	168
125	»	102.15	816	464	204
150	»	122.58	980	558	245

η = rendement. $\sqrt{3} = 1,732$.
$\cos \varphi$ = facteur de puissance (0,7 à 0,9).

CONSOMMATION DES MOTEURS A COURANT ALTERNATIF

Puissance utile en chevaux	Rendement	Décalage cos φ	Puissance absorbée en kilowats	VOLTS 125 biphasés	125 triphasés	220 biphasés	220 triphasés	500 biphasés	500 triphasés
1/2	75 %	0.7	0.49	2.2	1.85	1.3	1.04	0.6	0.46
3/4	»	»	0.736	3.4	2.73	1.9	1.55	0.8	0.68
1	»	»	0.98	4.5	3.65	2.5	2.07	1.1	0.91
1.5	»	»	1.47	6.7	5.30	3.8	3.11	1.7	1.37
2.5	»	»	2.45	11.2	8.95	6.4	5.18	2.8	2.28
5	80 %	0.75	4.60	22.2	18.1	12.6	10.3	5.6	4.52
7.5	»	»	6.90	33.2	27.02	18.9	15.4	8.4	6.78
10	»	»	9.20	44.4	36.2	25.2	20.6	11.2	9.04
15	»	»	13.80	66.6	54.2	37.8	30.9	16.8	13.6
20	90 %	0.8	16.35	94	76.2	53.5	43.3	23.5	19.1
25	»	»	20.43	118	95	66.5	54	29.2	24
30	»	»	24.53	141	114	79 6	65	35	29.6
40	»	»	32.70	188	152	107	86.6	47	38.2
50	»	0.9	40.86	208	170	118	96.5	52	42.5
60	»	»	49.05	250	204	142	115	62.5	51
70	»	»	57.23	292	238	165	134	73	59 5
75	»	»	61.29	313	255	177	144	78	64
80	»	»	65.40	333	272	189	154	83	68
90	»	»	73.56	374	306	212	173	94	76.5
100	»	»	81.72	416	340	236	193	104	85
125	»	»	102.15	520	425	295	241	130	106
150	»	»	122.58	624	510	354	290	156	127.5

Moteur **diphasé :**

$$\text{Ampères absorbés par phase} = \frac{\text{HP} \times 736}{2 \times \text{V} \times \cos\varphi \times \eta}.$$

Moteur **monophasé :**

$$\text{Ampères absorbés} = \frac{\text{HP} \times 736}{\text{V} \times \cos\varphi \times \eta}.$$

Lignes — Section à donner aux fils ou câbles :
Courant continu simple à deux fils :

$$q = \frac{\rho_0 \times \text{L} \times i}{100 \times p \times \text{E}};$$

q = section cuivre en millimètres carrés par conducteur simple.
L = longueur totale en mètres aller et retour.
i = courant en ampères.
ρ_0 = coefficient de résistivité du métal de la ligne.
p = coefficient de pertes admises en pour cent.
E = tension aux bornes de la génératrice.

Courant alternatif triphasé :

$$q = \frac{\rho_0 \times l \times \text{W}}{100 \,.\, p \times \text{E}^2 \times \cos^2\varphi};$$

q = section en millimètres carrés par conducteur simple.
l = longueur simple en mètres.
W = puissance à transporter en watts.
p = coefficient de pertes admises en pour cent.
E = tension au départ.
$\cos\varphi$ = facteur de puissance.
ρ_0 = coefficient de résistivité du métal de la ligne.
Nota. — Pour le cuivre $\rho_0 = 1{,}6$; pour l'aluminium $\rho_0 = 2{,}8$.

Vitesse des moteurs asynchrones. — La vitesse des

moteurs asynchrones à vide dépend uniquement de leur nombre de pôles et de la fréquence du courant d'alimentation.

Le nombre de pôles usuels est de 2, 4, 6, 8.

Le nombre de tours par minute à vide est :

60 fois la fréquence pour 2 pôles,
30 — — 4 —
20 — — 6 —
15 — — 8 —

Ainsi un moteur à 4 pôles fait à :

50 périodes : 30 × 50 = 1 500 tours par minute.
42 — 30 × 42 = 1 260 — —

Les différentes vitesses à vide possibles sont pour :

50 ∾		25 ∾	
TOURS PAR MINUTE	POLES	TOURS PAR MINUTE	POLES
3 000	2	1 500	2
1 500	4	750	4
1 000	6	500	6
750	8	375	8
600	10	300	10

Dans les puissances moyennes, le moteur normal est le moteur à 4 pôles ; il convient de l'adopter toujours à moins d'impossibilité absolue. Au-dessus de 8 HP, le moteur à 6 pôles est également recommandable. A 25 périodes, le moteur à 2 pôles s'emploie fréquemment surtout pour les puissances inférieures à 5 HP.

Amélioration du facteur de puissance des moteurs asynchrones.

En plaçant un condensateur statique à l'arrivée du courant sur un moteur asynchrone, on améliore considérablement le rendement de ce moteur, c'est-à-dire qu'on

Variations de Cos φ :

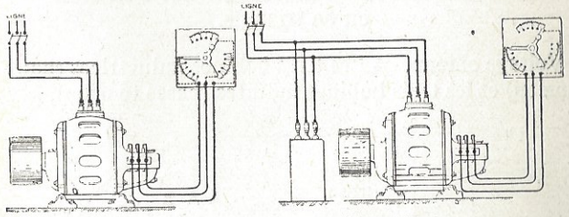


FIG. 159.

FIG. 160.

Figure 159 : Sans condensateur.

A pleine charge, le cos φ de ce moteur est de 0,85
A 3/4 de charge — — 0,80
A 1/2 de charge — — 0,72
A 1/4 de charge — — 0,56
A vide — — 0,3

Figure 160 : Avec condensateur de 30 microfarads.

A pleine charge, le cos φ de l'ensemble est de 0,98
A 3/4 de charge — — 0,98
A 1/2 de charge — — 0,98
A 1/4 de charge — — 0,99
A vide — — 0,995

diminue la valeur de l'angle de décalage ; cos φ se trouve donc augmenté. Les dessins et résultats qu'indiquent la figure 160 que nous a communiquée la *Compagnie française Thomson-Houston* font bien ressortir l'importance de cette amélioration qui se traduit par une grande économie d'argent, car les Compagnies font générale-

ment payer leur courant d'autant plus cher que le coefficient cos φ est moins élevé.

Ainsi qu'on le voit par la figure 160, l'installation de ces condensateurs statiques est des plus simples ; ils doivent être munis de coupe-circuits à plombs fusibles à leurs bornes de réunion aux fils de ligne.

Montage des transformateurs triphasés en étoile ou en triangle.

Voltage obtenu. — Les trois bobines inductrices (haute tension) et les trois bobines induites (basse tension), peu-

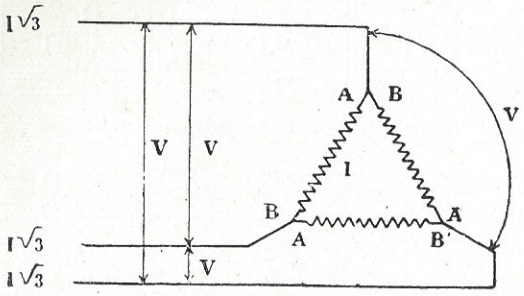


Fig. 161. — Triangle.

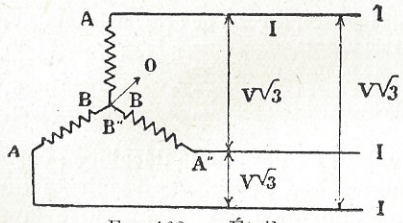


Fig. 162. — Étoile.

vent être montées respectivement en étoile ou en triangle (fig. 161 et 162).

Si nous appelons $\frac{1}{m}$ le rapport normal de transformation,

U*eff* le voltage efficace du courant inducteur, haute tension,

E*eff* le voltage efficace du courant induit basse tension,

Nous aurons pour les montages suivants :

Inducteur H. T. :		Induit B. T. :	
1° Etoile	—	Etoile	$Eeff = \frac{1}{m} Ueff,$
2° Triangle	—	Triangle	$Eeff = \frac{1}{m} Ueff,$
			$\sqrt{3} = 1{,}732),$
3° Etoile	—	Triangle	$Eeff = \frac{1}{m\sqrt{3}} Ueff,$
4° Triangle	—	Etoile	$Eeff = \sqrt{3}\,\frac{1}{m} Ueff.$

Ainsi, en supposant le rapport de transformation égal à $\frac{1}{10}$, dans les cas 1° et 2°, pour U*eff* = 2 000 volts, nous aurons :

$$Eeff = 200 \text{ volts ;}$$

Dans le cas 3°, pour U*eff* = 2 000 volts, nous aurons :

$$Eeff = 116 \text{ volts ;}$$

Dans le cas 4°, pour U*eff* = 2 000 volts, nous aurons :

$$Eeff = 346 \text{ volts.}$$

Avec un transformateur triphasé, on peut donc obtenir trois rapports différents de transformation en accouplant convenablement les trois bobines. Mais le rendement en ampères efficaces varie, bien entendu, en raison inverse des volts ainsi obtenus, de telle sorte que le produits volts *eff.* par ampères *eff.* reste toujours le même.

BIBLIOGRAPHIE

E. Arnold. — Machines dynamo à courant continu. 2 vol. in-8 raisin, avec 917 figures.

M. Bachellery. — Chemins de fer électriques. 1 vol. in-8 raisin de 445 pages, avec 224 figures.

Barni et Montpellier. — Le monteur électricien. 1 vol. in-16 de 576 pages, avec 350 figures.

R. Bardin. — La machine électrique industrielle. 1 vol. in-8 carré de 79 pages, avec 65 figures.

F. Baumgartner. — Manuel du constructeur des moulins et du meunier, tome II. Construction des moulins proprement dit. 1 vol. in-8 raisin avec 280 figures.

L. Bergeron. — Manuels électriques. 1 vol. in-8 raisin de 884 pages, avec 472 figures.

Boyeux. — Turbine hydraulique à réaction et à impulsion. 1 vol. in-8 raisin avec figures.

B. Busquet et E. Marec. — Précis d'électricité industrielle. 2 vol. in-8 de 879 pages, avec 669 figures.

J. Carol. — Résistance des matériaux appliquée aux machines. 2 vol. in-8 raisin, avec 617 figures.

M. Castanier. — Cours de construction des machines électriques. 2 vol. in-8 raisin de 345 pages, avec 322 figures, dont 33 planches et 1 atlas de 21 planches.

R. Champly. — La force motrice et l'eau à la campagne. 1 vol. in-8 raisin de 431 pages, avec 174 figures.

R. Champly. — Tables et recettes du Mécanicien-Électricien, 1 volume in-8° couronne de 420 pages avec 131 figures dans le texte.

R. Champly. — Comment on devient Mécanicien-Électricien, 2 volumes in-8° couronne, contenant ensemble 628 pages avec 418 figures dans le texte.

R. Champly. — Manuel pratique du moteur agricole. 1 vol. in-16, avec 247 figures.

R. Champly. — Le moteur électrique vulgarisé. 1 vol. in-16 de 160 pages, avec 121 figures.

H. Chevallier. — Cours pratique d'électricité industrielle, tome III, application des courants électriques. 1 vol. in-8 carré, avec 410 figures.

M. Crozet-Fourneyron. — Invention de la turbine. 1 vol. in-8 jésus de 55 pages, avec 32 figures.

A. Curchod. — Manuel de l'électricien. 1 vol. in-18 de 328 pages avec 114 figures.

J. Dalemond. — Construction des machines électriques. 1 vol. in-8 raisin, avec 136 figures et 42 planches.

M. Degove. — Utilisation des forces hydrauliques. 1 vol. in-8 raisin de 376 pages, avec 237 figures et 7 planches.

H. Delalande. — Essais des machines électriques. 1 vol. in-8 raisin avec 213 figures.

E. Duquesne et U. Rouvière. — Essais des machines électriques. 1 vol. in-8 raisin avec 233 figures.

C.-L. Duval. — Usines hydro-électriques, 1 vol. in-8 raisin de 512 pages, avec 317 figures.

D. Eydoux. — Hydraulique industrielle et usines hydrauliques. 1 vol. in-8 raisin de 538 pages, avec 312 figures.

J. Fischer-Hinen. — L'électrotechnique du praticien. 1 vol. in-8 raisin de 624 pages avec 332 figures.

E. Garnier. — Forces hydrauliques. 4 vol. in-8 couronne de 668 pages, avec 340 figures, 10 tableaux et 3 planches.

A.-R. Garnier. — Les moteurs électriques et leurs applications industrielles. 1 vol. in-8 raisin de 100 pages, avec 206 figures.

G. Gillon. — L'électricité et ses applications industrielles, 2e partie : dynamos et moteurs. 1 vol. in-8 raisin de 346 pages avec 390 figures.

L. Guillot. — Cours de mécanique, tome II et complément. 2 vol. in-16 colombier de 531 pages, avec 323 figures.

C. Gruet. — Moteurs pour dynamos. 1 vol. in-12, avec 176 figures.

Hütte. — Manuel de l'Ingénieur. 3 vol. in-16 couronne de plus de 4.200 pages, avec plus de 3.000 figures.

A. Iliovici. — Cours moyen d'électricité industrielle. 2 vol. in-8 raisin de 648 pages, avec 440 figures.

J. Klingenberg. — Grandes stations centrales électriques. 1 vol. in-4° carré de plus de 500 pages, avec 325 figures et 13 planches.

Koechlin. — Mécanisme de l'eau et principes généraux pour l'établissement d'usines hydro-électriques. 3 vol. in-8 raisin de 1.106 pages, avec 434 figures et 6 planches.

H. Kyser. — Transport de l'énergie électrique, tome I : Moteurs. Convertisseurs. Transformateurs. 1 vol. in-8 raisin de 450 pages, avec 305 figures et 6 planches.

L. L'Hoest. — La pratique des machines électriques. 1 vol. in-8 couronne, avec 39 figures.

H. Lorenz. — Nouvelles théories et calcul des roues-turbines. 1 vol. in-8 raisin de 311 pages, avec 121 figures.

E. Marec. — Formulaire aide-mémoire de l'électricien praticien. 1 vol. in-16 de 522 pages, avec 407 figures.

H. Martin. — Production et distribution de l'énergie électrique. 1 vol. in-8 raisin avec 870 figures.

R. Martin. — Traction électrique. 1 vol. in-8 raisin de 872 pages, avec 595 figures et 1 atlas de 55 planches.

P. Maurer. — Comment choisir un moteur électrique. 1 vol. in-8 raisin de 234 pages, avec 132 figures.

M. Milandre. — Moteurs électriques. 1 vol. in-8 raisin de 383 pages, avec 253 figures, dont 24 planches.

E. de Morsier. — Les turbines hydrauliques à grand débit. 1 vol. in-8 raisin de 99 pages et 27 figures.

F. Nègre et P. Beauvais. — Calcul, construction et essai d'une dynamo à courant continu. 1 vol. in-8 raisin, avec 302 figures.

V. Neveux. — Stations centrales. 3 vol. in-8 couronne de 665 pages, avec 382 figures et 21 tableaux.

P. Moulan et C. Gerday. — Cours élémentaire de mécanique. 1 vol. in-8 carré de 1.350 pages, avec 1.410 figures.

M. de Pistoy. — Etude mécanique et usinage des machines électriques. 1 vol. in-8 raisin de 839 pages, avec 802 figures.

A. Rateau, D. Eydoux et M. Gariel. — Turbines hydrauliques. 1 vol. in-8 raisin de 692 pages, avec 178 figures.

Rziha et Seidener. — Manuel de l'ingénieur électricien. 2 vol. in-8 couronne de 1.955 pages, avec 1.794 figures.

E.-E. Seefehlner et H.-H. Peter. — Traction électrique. 1 vol. in-4° carré de 694 pages, avec 751 figures et 1 planche.

M. Strulovici. — Manuel de l'électricien. 1 vol. in-18 de 580 pages, avec 334 figures.

R. Swyngedauw. — La dynamo à courant continu. 1 vol. in-8 raisin, avec 133 figures.

A. Tenot. — Cours de turbine hydraulique et régulation des groupes. 1 vol. in-8 raisin avec de nombreuses figures.

S. Thompson. — Machines dynamo-électriques. 2 vol. in-8 raisin, avec de nombreuses figures et planches.

S. Thompson. — Calcul et construction des machines dynamo-électriques. 1 vol. in-8 raisin avec 100 figures.

Thomann. — Les turbines hydrauliques et les turbo-pompes. 1 vol. in-4° de 176 pages, avec 147 figures.

M. Walker. — Calcul et spécification des machines dynamo-électriques. 1 vol. in-8 raisin, avec 345 figures et 23 tableaux.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

Pages

A

Accessoires des conduites d'eau 100
Accidents aux machines électriques 244
Accumulateurs (Electrolyte pour) 250
Aéromoteurs 6
— (Débit des pompes) 42
— (Graissage des) 28
— (Indice de réglage des) . 20
— (Orientation des) 12
— (Pompes pour 28, 42, 44
— (Puissance et rendement des) 23, 34 à 41, 45, 49
— (Transmission et mécanisme des) 23 à 28
— (Utilisation des) 33
— (Vitesse et puissance des) 49

Pages

Ailes d'aéromoteurs 10
— (Effacement des) ... 14
Ajutage de Ritter 70
Alternateurs (Accidents aux) 246
Amélioration et vitesse des moteurs asynchrones) ... 257 à 260
Aménagement des chutes d'eau 84
Ampères absorbés par les moteurs 222
Anciens moulins à vent .. 1
Anatoliens (moulins à vent) 22
Anciens moteurs hydrauliques 212
Appuis des tuyaux 98
Aubages (Profondeur des) 128
Aubages (Tracé des) 153
Aubes des turbines 149
Aubes des turbines (tracé des) ..... 145 à 15
Augets 134
Augets (calcul et dimensions) 136
Avions (Moulinets pour) . 49
Axes des turbines 145

B

Balais (Relevage des) 228
Barrages 105

Pages
Bâtardeaux 102
Bec de huche 141
Bollée (Turbines aériennes) 21
Broterhood (Moteurs) 212

C

Câbles électriques (Calcul des) ..... 253 à 257
Calcul des conduites forcées 91
— de la consommation des mot. él. et des câbles .... 253 à 257
— et dimensions des augets 136
Canal de décharge 86
— de dérivation ou d'amenée 84 à 86
— de fuite 86
Caniveaux 110
Caractéristiques des roues Pelton 197
Caractéristiques des turbines centripètes 166
Centripètes (Turbines américaines mixtes) 159
Chambre d'eau 88
Champ tournant 225
Chapelet 117
Chevaux - vapeur en kilowatts 254
Chutes d'eau (Aménagement des) 84
— (Mesure et puissance des) 82
Classification des turbines. 144
Col de cygne 135
Colladon (Roue) 117
Commande des dynamos . 41
Commutatrices (Accidents aux) 246
Compound (Moteurs) 219
Concession, autorisation et servitudes des eaux 63
Conduites en ciment armé 96
— d'eau (Accessoires) 100

Pages
Conduites (Epaisseurs des fondations des) 97
— forcées 99
— (dilatation) 98
— forcées (Calcul des) 91
Conduites en tôle 91
Conservation des eaux 55
Consommation des moteurs électriques et des câbles (Calcul des) ..... 253 à 257
Construction des conduites forcées 99
— des roues hydrauliques. 140
Coudes des tuyaux 91
Coulon (Description de) . 2
Couplage Étoile-triangle .. 232
— des transformateurs 260
Courants alternatifs (Moteurs pour) 223
— continu (Moteurs à) ..... 217 à 222
Couronnes des turbines .. 149
Cours d'eau (Curage, élargissement et redressement des) .. 69
— (Législation des) 55
Curage, élargissement et redressement des cours d'eau) 59

D

Debauve (principes de) .. 9
Débit des déversoirs 77
— d'eau (Détermination) 66
Débits et poids des tuyaux 91
Débit des pompes d'aéromoteurs 42
— des vannes verticales 80
Détermination du débit d'eau 66
Dérivation (Moteurs en) .. 219

Pages
Déversoirs (Débit des) 77
— (Jaugeage par) 73
Dilatation des tuyaux ... 98
Dimensions des turbines américaines 161 162
Documents électriques 248
Droits des riverains ... 57, 61
Dumont (Turbines aériennes) 21
Dynamos (Accidents aux) . 244
— (Commande des) 41

E

Eaux (Concessions, autorisations et servitudes) 63
— (Conservation des). 55
Eau (Détermination du débit) 66
Eaux (Police des) 58
Eau (Vitesse théorique de l') 76
Eaux pluviales 56
Ecartement des appuis des tuyaux 98
Effacement des ailes 14
Effacement de la roue 16 à 20
Effets du vent 9
Electricité (Documents et renseignements 248
— (Résistivité et résistance) ... 252
Electriques (Moteurs) 215
Electrolyte 250
Emploi des roues à augets 138
Epaisseurs des fondations des conduites d'eau 97
Epure des roues Pelton .. 190

F

Flotteurs (Jaugeage par) . 67
Fondation des conduites d'eau (Epaisseur des) .. 97
Fontaine (Turbine) 155
Fontaine de Héron d'Alexandrie 213

Pages
Francis (Turbine) 164, 170 à 179
Fusibles 248, 250

G

Glissement 226
Graissage des aéromoteurs 28
Grecs (Moulins à vent) ... 22
Grille d'eau 108

H

Héron d'Alexandrie (Fontaine de) 213
Hydrauliques (Moteurs) 55, 113

I

Indice de réglage des aéromoteurs 20
Injecteur des roues Pelton 190 à 196
Inversion du sens de marche des moteurs électriques 221, 232

J

Jaugeage par déversoirs . 73
— par flotteurs ... 67
— par tubes de Pitot 69
par vanne verticale ..... 78 à 81

K

Kilowatts en chevaux-vapeur 254

L

Lacour (Principes de) 6
Laurent-Collot (Turbines) 160, 168
Législation des cours d'eau. 55

Pages

M

Machine de Chemnitz 212
Machines à colonne d'eau . 214
— électriques (accidents aux) ... 244
Mammouth (Moulins) 48
Mécanismes des aéromoteurs ..... 23 à 28
Mesure et puissance des chutes d'eau 82
Montage des pylônes 31
Moteurs (Accidents aux) .. 244
— (Ampères absorbés) 222
— asynchrones 224
— asynchrones (Vitesse et amélioration des) 257 à 260
— biphasés 235, 239
— bobinés .. 229, 230
— Brotherhood 212
— à courant continu 217 à 222
— pour courants alternatifs 223
— électriques 215
— électriques (Calcul de la consommation) .... 253 à 257
— électriques (Inversion du sens de marche) .. 231, 232
— électriques (Ventilation des) 241
hydrauliques 55-113
— hydrauliques (anciens) 212
Moteurs monophasés. 233 à 238
Moteurs Schmid 212
Moteurs à vent 1
— synchrones 223
— triphasés. 237, 240
Moulinets pour avions .. 49
Moulinet hydrométrique .. 72
Moulinet de Woltmann .. 72
Moulins Mammouth 48
Moulins à vent 1
— anatoliens,

Pages

Moulins à vent grecs, polonais 22, 23

N

Négri (Turbine) 185
Norias 117

O

Ondes colorées 69
Orientation des aéromoteurs 12

P

Pananémones 51
Pelton (Roues à cuillers) 188 à 199
Pitot (Tubes de) 69
Pivots des turbines 163
— des turbines Francis 176
Plombs fusibles 248, 250
Poitrail 135
Poitrine (Roue de) 139
Police des eaux 58
Polonais (Moulins à vent) . 23
Pompes par aéromoteurs 28, 42, 44
— des aéromoteurs (débit des) 42
Poncelet (Roue de) 119 à 124
Pressions statique et dynamique 70
Pression du vent 11
Principes de Coulon, de Debauve, de Lacour et de Smeaton ..... 4 à 8
Profondeur des aubages .. 128
Puissance et rendement des aéromoteurs 23, 34 à 41, 45
— des turbines .. 145
Pylônes 29
— (Montage des) ... 31

Pages

R

Régulateurs des turbines 200 à 211
Relevage des balais 228
Rendement et puissance des aéromoteurs 23, 34 à 41, 45
Rendement des turbines .. 148
Renseignements électriques 248
Résistivité et résistance électrique 252
Ritter (Ajutage de) 70
Riverains (Droits des) 57, 61
Rivières flottables ou navigables 61
— non flottables 57
— non navigables ... 57
Rivure des tuyaux .. 93, 94
Roue à admission de côté ou intérieur 140
Roues aériennes (Vitesse des) 31
— à augets 133
— à augets (Emploi des) 138
— de bateaux, flottantes, pendantes ou de rivières 115
— de choc, à aubes planes ou en dessous 118
Roue Colladon 117
Roues de côté à aubes planes ou courbes 125
— à cuillers et Pelton 188 à 199
Roue (Effacement de la) 16 à 20
Roues étagées 138
— hydrauliques 115
— hydrauliques (Construction des) 140
Roue hydraulique (Transmission d'une) 137-142
— Pelton (Caractéristiques des) 197
— (Epure des) 190
— Pelton (Injecteur des) ..... 190 à 196
Roues de poitrine 139

Pages

Roue Poncelet ... 119 à 124
— Sagebien ... 129 à 132
— Zuppinger 132

S

Sagebien (Roue) .. 129 à 132
Sanderson (Turbines aériennes) 22
Schmid (Moteurs) 212
Sens de marche des moteurs (Inversion du) 221, 232
Série (Moteurs) 218
Shunt (Moteurs) 219
Smeaton (Principes de) .. 4
Sources 56

T

Tête d'eau 78-127
Théorie de la turbine 145
Torrents (Utilisation des) . 124
Tracé des aubages 153
Tracé des aubes des turbines ..... 145 à 154
Transformateurs (Accidents aux) 247
Transformateurs (Couplage des) 260
Transmission et mécanisme des aéromoteurs ... 23 à 28
Transmission d'une roue hydraulique 137-142
Tubes de Pitot 69
Tuyaux (Appuis des) 98
— (Débits et poids des) 91
— rivés 93, 94
— soudés 95
— (Vitesse de l'eau dans les) 91
Tuyauterie (Chambre d'eau) 89
— des turbines . 89
Turbines aériennes Bollée, Dumont, Sanderson ... 21, 22
— américaines (Dimensions des) 161, 162

Pages

Turbines américaines, mixtes, centripètes 159
— aubes et couronnes des) .. 149
— (axes, puissance, rhéorie et tracé des aubes) ... 145
— centripètes (Caractéristiques) 166
— (Classification) 143, 144
— éoliennes 6
Turbine Fontaine 155
— Francis 164, 170 à 179
— à hélice 181
Turbine Laurent-Collot 160, 168
Turbines (Pivots des) .. 163
— (Régulateurs des) 200 à 211
— (Tuyauterie des) 88, 89
— (Vitesse et rendement) . 147, 148
Turbine Négri 185
Turbines semblables 146

U

Utilisation des aéromoteurs 33
Utilisation des torrents .. 124

Pages

V

Vannes 108-127
— verticales (Débit des) 80
Vanne verticale (Jaugeage par) ..... 78 à 81
Vent (Effets, pression, vitesse par) ..... 9 à 11
Vent (Moteurs à) 1
— (Moulins à) 1
Ventilation des moteurs électriques 241
Vitesse des turbines 147
— et amélioration des moteurs asynchrones 257 à 260
— de l'eau dans les tuyaux 91
— et puissance des aéromoteurs 49
— des roues aériennes 31
— théorique de l'eau. 76
— du vent .. 9 et 11

W

Woltmann (Moulinet de) . 72

Z

Zuppinger (Roue) 132

ORLÉANS, IMP. H. TESSIER. — 12-1929

EN VENTE A LA MÊME LIBRAIRIE

E. SAUVAGE. — Manuel de la machine à vapeur.

Manuel de la machine à vapeur. Guide pratique décrivant le fonctionnement et les organes des machines et des chaudières à vapeur. Historiques. Données physiques. Constitution générale. Travail de la vapeur dans les cylindres. Distribution de la vapeur. Régularisation du mouvement. Principaux organes des machines à piston. Dispositions d'ensemble des machines à piston. Turbines à vapeur. Trompes à vapeur, pulsomètres. Condensation. Production de la vapeur. Rendement des machines — A l'usage des mécaniciens, chauffeurs, dessinateurs, étudiants, propriétaires d'appareils à vapeur, par Edouard SAUVAGE, professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers. 3e *édition* revue et augmentée. 1 volume in-8° écu avec 260 figures dans le texte. Relié (650 gr.) ..... 56 fr.

E. SAUVAGE. — La machine à vapeur.

La machine à vapeur. Traité général contenant la théorie du travail de la vapeur, l'examen des mécanismes de distribution et de régularisation, la description des principaux types d'appareils, l'étude de la condensation et de la production de la vapeur, par E. SAUVAGE, professeur à l'Ecole nationale supérieure des mines. 2 vol. in-8° jésus avec 1036 figures dans le texte. Relié (3580 gr.) 140 fr.

L. GUILLOT. — Cours de mécanique.

Cours de mécanique à l'usage des écoles d'arts et métiers et professé à l'Ecole des Arts et Métiers d'Angers, par L. GUILLOT, professeur à cette Ecole.

Tome III. — Chaudières à vapeur et machines à vapeur alternatives. Turbines à vapeur. Chaudières à vapeur, production de la vapeur, organes accessoires des chaudières, conduite et réglementation, condensation de la vapeur. Machines à vapeur alternatives, cycle de la machine à vapeur, perte dans les machines, distribution de la vapeur, étude géométrique de la distribution, commandes par excentriques ; machines à détente fixe, étude géométrique de la distribution, appareils de détente variable, machines à expansions multiples. Turbines à vapeur, modes d'utilisation de la vapeur, classification, description des principaux systèmes de turbines à vapeur, turbines marines, théorie des turbines à vapeur. 3e *édition revue et mise à jour.* 1 volume in-16 colombier de 566 pages, avec 311 figures dans le texte. Cartonné (850 gr.) ..... 65 fr.
Relié ..... 85 fr.

M. DEMOULIN. — Construction des machines à vapeur.

Traité pratique de la construction des machines à vapeur fixes et marines. Résumé des connaissances actuellement acquises sur les machines à vapeur, par MAURICE DEMOULIN, ingénieur des arts et manufactures. 1 volume in-8° jésus avec 488 figures dans le texte. Relié (1610 gr.) ..... 42 fr.

G. GRUET. — Manuel pratique d'électricité industrielle.

Manuel pratique d'électricité industrielle. — *Théorie.* — Etude générale des phénomènes électriques. — Piles primaires. — Accumulateurs. — Magnétisme. — Electromagnétisme. — Induction. — Machines à courant continu. — Machines à courants alternatifs. — Induit et inducteurs. — Transformateurs. — Instruments et méthodes de mesures industrielles. *Applications.* — Les canalisations électriques. — Les moteurs électriques. — Transport de la force. — Différents systèmes de prise du courant. — Eclairage électrique. — Calculs relatifs aux circuits d'éclairage. — Galvanoplastie, électro-chimie. — Télégraphie. — Lignes télégraphiques. — Appareils accessoires. — Téléphonie. — Les lignes téléphoniques. — Avertisseurs et contrôleurs. — A l'usage des contremaîtres, monteurs, ouvriers électriciens et mécaniciens s'occupant d'électricité, par Ch. GRUET ingénieur électricien, 3e *édition revue et augmentée.* 1 volume in-8° (12 × 18) de 512 pages et contenant 206 figures dessinées par l'auteur. Relié (610 gr.). 42 fr.