

**BIBLIOTHÈQUE PROFESSIONNELLE**

**MANUEL DE L'ÉLECTRICIEN**

**INSTALLATIONS INDUSTRIELLES**

★ ★

**INSTALLATION, ENTRETIEN, CONTRÔLE**

**R. CABAUD**

**J.B. BAILLIÈRE & FILS**





N° Bib = 388 377 / - 16 4907  
BIBLIOTHÈQUE PROFESSIONNELLE

# Installations Électriques Industrielles



Installation - Entretien - Contrôle

BMEC 47

## EN VENTE A LA MÊME LIBRAIRIE

- Hydraulique générale et appliquée**, par M. EYDOUX, prof. sup. à l'École des Ponts et Chaussées. 1922, 1 vol. gr. in-8 de 510 pages, avec 214 figures. Broché. 40 fr.; relié..... 50 fr.
- Hydraulique industrielle et Usines hydrauliques**, par M. EYDOUX, prof. sup. à l'École des Ponts et Chaussées. 1921, 1 vol. gr. in-8 de 538 pages, avec 312 figures. Broché, 40 fr.; relié..... 50 fr.
- Précis d'Électricité industrielle**, par R. BUSQUET, ancien professeur à l'École centrale de Lyon et E. MAREC, directeur de station centrale d'électricité. 1919, 2 vol. in-8 formant 879 pages, avec 669 figures..... 24 fr.
- Traité de manipulations et de mesures électriques et magnétiques industrielles**, par A. PÉCHEUX. 1907, 1 vol. in-18 de 536 pages, avec 189 figures... 10 fr.
- Précis d'Électricité et de Physique industrielles**, par PÉCHEUX, sous-directeur de l'École des arts et métiers de Lille. 1922, 1 vol. in-18 de 550 pages, avec 396 figures..... 15 fr.
- Le Monteur électricien (Énergie électrique. Phénomènes magnétiques. Générateurs. Dynamos. Alternateurs. Installation. Conduite et entretien des machines. Transformateurs. Éclairage électrique. Moteurs. Accidents)**, par BARNI et MONTPELLIER. 5<sup>e</sup> édition, par MAREC, ancien chef de travaux à l'École supérieure d'électricité. 1920, 1 vol. in-16 de 576 pages, avec 350 figures..... 15 fr.
- Installations électriques particulières (éclairage, chauffage, sonneries et tableaux indicateurs)**, par P. MAURER. 1922. 1 vol. in-18 de 274 pages, avec 174 fig. Cart. (*Bibliothèque Professionnelle*).... 8 fr.
- Stations centrales, Dynamos, Alternateurs, Transports d'énergie**, par ADR. CURCHOD, 1921. 1 vol in-18 de 328 pages, avec 114 figures. Cartonné. (*Bibliothèque Professionnelle*)..... 8 fr.
- Construction des réseaux d'énergie**, par H. DAVAL. 1922, 1 vol. in-18 de 300 pages, avec 150 figures. Cartonné..... 8 fr.
- Électricité agricole**, par A. PETIT, ingénieur agronome et ingénieur électricien. 3<sup>e</sup> édition, 1920, 1 vol. in-18 de 400 pages, avec 96 figures..... 10 fr.

Ajouter 10 p. 100 pour port et frais d'emballage  
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

~~1497~~ 27/2

BIBLIOTHÈQUE PROFESSIONNELLE  
Publiée sous la direction de M. René DHOMMÉE  
*Inspecteur Général adj<sup>t</sup> de l'Enseignement Technique*

---

# Installations Électriques Industrielles



Installation - Entretien - Contrôle

PAR

**R. CABAUD**

*Ingénieur-Électricien (E.C.L. et E.S.E.)*

Avec 70 figures intercalées dans le texte



MUSEE  
COMMERCIAL  
LILLE

PARIS  
LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS  
19, rue Hautefeuille, 19

—  
1922

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1



## PRÉFACE

---

Tous les ouvriers intelligents, à quelque métier qu'ils appartiennent, peuvent constater chaque jour qu'il leur manque le premier et le plus indispensable des outils, celui qui apprend à manier tous les autres, le seul qui ne soit pas un serviteur inerte, mais au contraire et tout ensemble un maître accompli, un guide éprouvé, un conseiller fidèle et désintéressé. Cet outil, c'est le livre. Vous le cherchez en vain, à l'heure actuelle, chez le maréchal-ferrant, chez le maçon ou le menuisier du village. A la ville même, chez la plupart des petits patrons ou des contremaitres, il est très rare, sinon introuvable.

Cette lourde faute n'est nullement imputable à nos travailleurs, car ils aimeraient à lire et à relire des livres faits pour eux, à leur mesure, et écrits dans leur langue. On n'y a pas songé; non pas évidemment que nous manquions de grands savants ni d'éminents professeurs, mais leurs gros livres sont inabordables et inintelligibles pour les travailleurs manuels. L'ouvrier, l'employé le mieux doué n'est condamné que trop souvent à devenir un manœuvre routinier ou un rouage inconscient: on le confine dans un travail jalousement spécialisé, on lui interdit toute initiative, on tue en lui le goût du travail bien compris, bien vu d'en-

semble, et du même coup on tarit pour lui toute source de profit légitime et rémunérateur.

Il n'y a que deux remèdes, et l'on a trop tardé à les employer: c'est le cours professionnel, et c'est le livre professionnel. D'ailleurs, ils se confondent et se complètent, car le cours est en somme un livre récité et expliqué à haute voix par un maître, et le livre est un cours écrit.

L'enseignement professionnel est en voie d'organisation, mais son installation demandera beaucoup de temps et d'argent. C'est seulement une infime minorité parmi nos travailleurs qui pourra en bénéficier dans les grandes villes. Ses bienfaits ne pourront pas d'ici longtemps parvenir jusqu'au grand peuple des ouvriers déjà vieillis dans le métier et disséminés de tous côtés au fond de nos provinces.

Pour eux, il n'y a qu'un recours: le livre, le livre bien fait, qu'on a toujours sous la main, qui est toujours prêt à répondre, qui a prévu toutes les difficultés et sait les résoudre d'une façon claire, le livre abondamment illustré qui montre le maniement de chaque outil, expose les tours de main, le livre qui joint à un savoir solide le savoir-faire qui est tout aussi indispensable.

C'est ce livre que la Bibliothèque professionnelle offre à tous les travailleurs.

Chacun des 150 volumes qui composent cette Encyclopédie du travail national a été écrit par un spécialiste. Mais ce spécialiste ne s'est pas borné à travailler dans son cabinet et sur les livres: il s'honore d'avoir pratiqué lui-même et pendant de longues années le travail qu'il enseigne maintenant à ses jeunes camarades. Les

*ingénieurs, les chefs d'atelier, les professeurs qui ont mis dans ces petits livres le meilleur de leur expérience ont manié les outils dont ils parlent; ils ont eux-mêmes frappé sur l'enclume, charpenté ou menuisé le bois, ajusté des pièces ou conduit des machines. Quels que soient leurs titres, le nom qui leur convient le mieux, c'est encore celui de « maître-ouvrier ».*

*Avec eux, grâce à eux, et comme eux, tout ouvrier, tout employé peut devenir, lui aussi, un maître dans sa partie. La plus belle récompense des auteurs de la Bibliothèque professionnelle sera justement d'avoir ouvert les portes de la maîtrise à tous ceux qui voudront s'en rendre dignes.*

RENÉ DHOMMÉE,

*Inspecteur général adj<sup>l</sup>  
de l'Enseignement technique.*

---



# INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES INDUSTRIELLES

---

Installation - Entretien - Contrôle

---

## PREMIÈRE PARTIE

### ÉTUDE ET EXÉCUTION DES INSTALLATIONS

---

#### CHAPITRE PREMIER

##### PRINCIPES GÉNÉRAUX A OBSERVER DANS L'ORGANISATION D'UNE INSTALLATION

---

1. *Choix du genre de courant : continu ou alternatif. Etude des cas où le courant continu s'impose; choix de la tension. — 2. Installations à courants alternatifs : choix du nombre de phases, de la fréquence, de la tension. — 3. Principe de l'indépendance des circuits; répartition des appareils récepteurs sur les lignes. — 4. Organisation de la protection des lignes et appareils récepteurs; équipement des moteurs. — 5. Organisation des postes de transformation et tableaux de dis-*

*tribution. — 6. Répartition de la force motrice sur les différents moteurs. Transmissions et commande individuelle. Détermination de la puissance. — 7. Questions relatives au facteur de puissance. — 8. Installations de lumière. — 9. Centrales pour installations autonomes et centrales de secours.*

Nous étudierons dans ce chapitre quels sont les principes généraux à observer dans l'organisation d'une installation, et comment on détermine les différents éléments de cette installation.

### **1. Choix du genre de courant : continu ou alternatif — Etude des cas où le courant continu s'impose ; choix de la tension.**

L'avantage primordial du courant alternatif est la possibilité de *transporter l'énergie* depuis les points de production sous de hautes tensions, c'est-à-dire dans des conditions économiques, aussi bien au point de vue frais de premier établissement, qu'à celui des pertes d'énergie, tout en l'utilisant sous de basses tensions, grâce à l'emploi du *transformateur statique*, appareil à rendement élevé.

Cet avantage s'accompagne de certains avantages secondaires, tels que la *simplicité* et la *robustesse* des moteurs, ne nécessitant presque pas d'entretien.

Par contre, il ne faut pas nier que les courants alternatifs présentent relativement aux courants continus des inconvénients très sérieux dans certains cas.

La *vitesse* des moteurs alternatifs est presque constante, et on ne peut la régler entre des limites un peu éloignées qu'en employant des dispositifs dispendieux au point de vue rendement (comme la régulation des moteurs asynchrones par introduction de résistances dans l'induit), ou des machines chères et relativement délicates (comme les moteurs à collecteur ou à changement du nombre de pôles).

D'autre part, les moteurs asynchrones absorbent pour leur excitation une portion importante de *courant déphasé*; ce courant qui ne correspond à aucune production de force motrice, ne sert qu'à surcharger les machines génératrices, les lignes et les enroulements, augmentant les pertes d'énergie, conduisant à des échauffements élevés, et obligeant à une mauvaise utilisation du cuivre.

On peut, il est vrai, y remédier en employant des moteurs synchrones, mais ce genre de moteurs présente de sérieux inconvénients, qui les font rejeter dans un très grand nombre de cas.

Les grands réseaux de distribution d'énergie électrique étant tous à courant alternatif, nous devons considérer le courant alternatif comme le *mode normal de production* et de transport de l'énergie électrique, et nous allons voir quels sont les cas où les avantages du courant continu sont suffisamment précieux pour justifier l'emploi d'un mode de transformation d'alternatif ou continu.

En principe, il y a 3 catégories d'applications pour lesquelles le courant continu semble le plus indiqué :

a) La commande de machines nécessitant un fort *couple de démarrage*. Pour ces machines, l'emploi du moteur série ou fortement compoundé permet d'obtenir ce couple de démarrage, sans appel exagéré de courant (Voir la forme de la caractéristique, vol. I, fig. 35 et 38). Au contraire, dans les machines asynchrones, qui sont à caractéristiques shunt, l'intensité est proportionnelle au couple; on arrivera bien à construire un moteur développant le couple nécessaire, mais ce moteur sera très mal utilisé en marche normale, et on n'évitera pas un à-coup dangereux sur les machines génératrices. L'emploi de certains moteurs à collecteur permet, il est vrai, l'obtention d'une caractéristique série; mais ces moteurs sont lourds et chers.

Ce cas est celui des locomotives électriques utilisées dans les grandes usines, et de certains appareils de manutention, tels les cabestans.

b) La commande de machines à *à-coups* ou à *coups de collier*. Pour les mêmes raisons qu'au démarrage, en marche normale, si le couple résistant devient considérable pendant quelques instants, il faut que l'intensité ne monte pas d'une façon exagérée. L'effort supplémentaire doit produire une baisse momentanée de vitesse, mais non une augmentation de l'intensité. C'est encore le moteur continu série ou fortement compoundé qui permet de résoudre le problème le plus facilement.

On emploie, il est vrai, très souvent dans ce cas un moteur asynchrone à fort glissement, accouplé à un *volant* très puissant qui emmagasine de l'énergie pendant les périodes de marche à faible charge, et la restitue en entraî-

nant le moteur, lorsque celui-ci, sous l'effet de l'à-coup, baisse de vitesse. C'est le système Ilgner. Mais la solution par le moteur continu sera le plus souvent plus complète et plus efficace.

C'est le cas des laminoirs, des métiers renvideurs de filatures, etc.

c) Enfin la commande des machines à *vitesse variable*. Si la variation de vitesse peut être *discontinue*, on s'en tirera encore en alternatif par l'emploi d'un changement de vitesse mécanique, comme dans les petites machines-outils des usines de constructions mécaniques, encore que le rendement de ces changements de vitesse (poulies cônes, engrenages, etc.) soit le plus souvent déplorable.

Mais si la puissance à transmettre est trop considérable pour permettre l'emploi de tels changements de vitesse, on devra recourir au moteur continu avec variation de vitesse par le champ inducteur.

De même, si le changement de vitesse doit être *continu*, c'est-à-dire si on doit pouvoir réaliser tous les intermédiaires entre la vitesse maxima et la vitesse minima, comme pour les machines à papier, les machines d'extraction de mines, les laminoirs reversibles, c'est encore le moteur à courant continu qui donnera la solution idéale.

On peut même, du fait que l'usine comporte quelques machines nécessitant l'emploi du continu, abandonner complètement l'emploi de l'*alternatif*, même pour les autres machines.

C'est un cas d'espèce à examiner dans chaque installation, mais nous croyons que la plupart du temps, lorsque l'installation est alimentée

par un réseau à courant alternatif, et que la puissance installée dans chaque catégorie de machines est importante, il ne faut pas hésiter à avoir *deux réseaux distincts* : l'un à courant continu, l'autre à courant alternatif, le premier étant alimenté par un groupe convertisseur. En effet, il ne faut pas oublier que le rendement des groupes convertisseurs dépasse rarement 75 p. 100. Il y a donc intérêt à réduire la puissance installée en continu. Avec une commutatrice, le rendement serait meilleur, mais le réglage de la tension continue est un problème délicat, nécessitant des installations supplémentaires coûteuses.

Dans l'industrie métallurgique, beaucoup de grandes aciéries possèdent ainsi une double distribution : continu pour les laminoirs, les appareils de levage et de manutention, les grosses machines-outils, et alternatif pour le reste : ventilateurs, pompes, petites machines-outils, etc.

Enfin, il va sans dire qu'il y a des cas particuliers où le continu s'impose lui-même, sans discussion : c'est par exemple le cas d'une usine alimentée par un *réseau de distribution à courant continu*, comme il en existe encore dans beaucoup de grandes villes.

D'autre part, on emploie encore le continu pour de *petites usines* ne consommant que 10 ou 20 kw. et possédant leur propre centrale. En effet, les alternateurs de petite puissance ont une régulation de tension assez mauvaise, et il est abusif d'immobiliser un homme pour régler la tension dans une centrale de si faible importance. Avec la dynamo à courant continu, surtout compound, la régulation est incompa-

rablement meilleure, sans même nécessiter un réglage constant.

En résumé, à part quelques cas particuliers assez bien définis, c'est le fonctionnement sur alternatif qui est *le cas le plus général*; il a le gros avantage, avons-nous dit, de permettre le rattachement aux grands réseaux de distribution et de transport d'énergie.

Dans les cas où le continu est adopté, quelle *tension* choisirons-nous ?

Nous avons vu que les tensions types de distribution sont en continu : 115, 230 et 460.

La tension de *115 volts* est trop basse; elle conduit à des sections de conducteurs exagérées, si on veut transporter une puissance un peu importante. En principe, on devra la réserver pour l'éclairage.

La tension de *230 volts*, avec fil neutre, si on doit alimenter un réseau d'éclairage en même temps que la force motrice, est la plus courante. Elle a l'avantage de ne pas être dangereuse : si le neutre est à la terre, la tension entre terre et un fil est de 115 volts, tension qu'un homme peut généralement supporter impunément (installation de la première catégorie des règlements ministériels).

La tension de *460 volts* est indiquée lorsqu'on a des puissances considérables et des distances de plusieurs centaines de mètres à franchir. Elle est déjà dangereuse, ce qui nécessite des précautions spéciales pour éviter que le personnel ne touche l'appareillage (barrières protectrices, appareillage protégé).

Dans tous les cas, il y aura lieu de calculer la chute de tension et la perte d'énergie admissibles dans les lignes, ainsi que les prix res-

pectifs des lignes suivant la tension adoptée, ce qui déterminera la solution la plus économique.

## 2. Installations à courant alternatif ; choix du nombre de phases, de la fréquence, de la tension.

Dans les installations sur secteur, la fréquence et le nombre de phases sont des données auxquelles on ne peut rien changer, et qu'on devra adopter sans discussion.

Dans les installations autonomes, on pourra les choisir à volonté; mais, étant donné que c'est le *triphase 50 périodes* qui tend à se généraliser et qu'on doit toujours envisager un rattachement ultérieur à un secteur, que, d'autre part, il faut pouvoir acheter du matériel courant, qui sera toujours plus facile à trouver et meilleur marché que le matériel spécial, ce type de courant doit être la règle.

Seules peuvent envisager d'autres solutions, en particulier des fréquences plus basses permettant un meilleur fonctionnement des commutatrices, les entreprises de traction électrique; mais nous ne nous occupons ici que des installations industrielles.

Quant au choix de la *tension*, à part le cas d'alimentation en basse tension par un secteur, c'est un cas d'espèce, comme en courant continu.

Les tensions type sont :

115, 200, 500, 1.000, 3.000, 5.500 et 10.000

(les tensions supérieures : 13.500, 15.000 et 22.000 n'étant à considérer que pour le cas de

lignes longues avec transformation à l'arrivée et au départ).

La tension de *115 volts* est à réserver pour la lumière : elle conduit à des conducteurs beaucoup trop volumineux.

La tension de *200 volts* est la tension de distribution la plus employée dans les usines de petite et moyenne importance. Employée avec un fil neutre, elle permet d'alimenter le réseau d'éclairage sous 115 volts, sans déséquilibre sensible des phases, même si les ponts sont inégalement chargés. Son emploi n'est pas dangereux.

La tension de *500 volts* s'impose dès que les distances deviennent un peu grandes et les puissances importantes. Elle exige un isolement déjà renforcé, et son emploi est dangereux (installations de la deuxième catégorie des circulaires ministérielles) : il faut mettre les bâtis à la terre, entourer les machines et tableaux de barrières inaccessibles au personnel non électricien, employer un appareillage protégé ou même blindé. On ne peut pas prendre l'éclairage sur le même réseau (à moins de mettre plusieurs lampes en série).

A partir de *1.000 volts*, nous tombons dans ce qu'on est convenu d'appeler les *hautes tensions* ; elles peuvent être employées, soit directement pour l'alimentation des moteurs dits à haute tension, soit indirectement pour alimenter des postes de transformation répartis dans les divers bâtiments de l'usine.

L'emploi des *moteurs à haute tension* est intéressant pour les grosses puissances, de l'ordre de 100 kw. Il est en effet nécessaire de placer le moteur dans un local spécial, de pré-

voir une arrivée de ligne spacieuse et munie d'un appareillage de protection, ce qui reviendrait fort cher pour les petites puissances.

Au contraire, avec les *cabines de transformation* réparties dans l'usine, on a les avantages de la haute tension, quant à l'économie de cuivre, et ceux de la basse tension, puisque la cabine de transformation est un local que l'on pourra condamner facilement puisqu'on n'aura que rarement quelque chose à y faire, et la distribution aux moteurs peut se faire en basse tension au moyen de lignes intérieures pour lesquelles on n'aura pas de sujétions très dures d'isolation.

D'une façon générale, ce sera toujours au moyen d'une étude complète des conditions du problème : poids du cuivre, perte et chute de tension en ligne, qu'on arrivera à déterminer la tension à employer.

### **3. Principe de l'indépendance des circuits ; répartition des appareils récepteurs sur les lignes.**

Dans toute installation quelque peu importante, il y a lieu de séparer les appareils récepteurs, moteurs ou lampes, en plusieurs *groupes* que l'on commandera séparément par des lignes distinctes et indépendantes partant toutes du même point, qui est le *tableau de distribution* de l'usine.

Voyons d'abord les avantages de cette façon de faire :

En cas d'*accident* ou de *réparation* dans l'installation, il est évident que, par l'emploi de

plusieurs lignes, on évite l'arrêt total de l'usine, et ce n'est pas d'une mince importance. En outre, la recherche des défauts en est facilitée, puisqu'on peut déjà les localiser sur une partie bien définie du réseau.

La *régularité de la tension* peut être plus grande : si, en effet, on se contentait d'une ligne unique traversant toute l'usine, la tension serait trop élevée au commencement et trop basse à l'extrémité. Par l'emploi de plusieurs lignes, sur lesquelles les machines réceptrices sont judicieusement réparties, on peut, au contraire, régler cette chute de tension de façon que tous les moteurs soient alimentés sensiblement à la même tension.

Nous savons que la densité de courant admissible dans un conducteur, pour une même densité de courant, est d'autant plus forte que le conducteur est plus petit, le cuivre se refroidissant mieux. Il vaut donc mieux avoir plusieurs conducteurs de petites dimensions qu'un seul de grosses dimensions.

En cas de *court-circuit* dans une dérivation ou dans un moteur, les appareils de protection du tableau fonctionneront d'autant mieux qu'ils sont réglés pour des surintensités plus faibles, ce qu'on ne peut réaliser qu'avec une subdivision de la puissance en plusieurs lignes, chacune comportant ses appareils de protection.

Il est possible d'alimenter séparément les *différents ateliers* ou services, ce qui permet, par l'emploi d'appareils de mesure appropriés, de connaître la part de force motrice consommée par chaque atelier ou service; renseignement précieux pour la répartition des frais généraux.

Ces avantages étant fixés, il faut pourtant se mettre en garde contre une *exagération* de ce principe, qui a conduit de nombreux électriciens à faire du tableau de distribution un central compliqué, d'où, par une broussaille de petites lignes, et au moyen d'une forêt d'interrupteurs, on commande séparément presque chaque lampe ou chaque moteur. C'est extrêmement coûteux, c'est une source d'ennuis et d'accidents, et on ne s'y reconnaît plus. Les tableaux perdent toute leur simplicité.

On ne saurait indiquer un chiffre, fixant le nombre de départs que doit comporter une installation, car les cas sont trop différents; c'est une question de bon sens, et on devra l'étudier en se basant sur les *règles* suivantes :

On doit grouper sur une même ligne :

Des moteurs qui se trouvent sensiblement à la même *distance* du tableau de distribution, afin de ne pas avoir des chutes de tensions trop différentes aux différents moteurs;

Des moteurs appartenant à un même *service* ou *atelier*, afin de ne pas arrêter, en cas d'accident ou de réparation, plusieurs ateliers différents, et afin de permettre le contrôle de la consommation ;

On évitera de placer sur une même ligne plusieurs moteurs sujets à subir des *à-coups* considérables : en effet, en cas de coïncidence entre les à-coups de moteurs différents, il pourrait se produire une surcharge exagérée de cette ligne.

Il sera bon, enfin, si c'est possible, que chaque groupe corresponde à des *puissances du même ordre de grandeur*, ce qui permettra une très

avantageuse unification des sections de câbles et des types d'appareils.

Le nombre des lignes sera variable, mais nous ne conseillons pas de dépasser 8 ou 9, ce qui correspond déjà à une installation importante ou possédant de nombreux ateliers ou services différents.

Il est un cas où la répartition doit être conçue un peu différemment, c'est celui d'une usine *très étendue* et comportant de nombreux *bâtiments séparés*. La subdivision que nous venons de définir conduirait à un trop grand nombre de lignes, ce qui compliquerait l'installation. Il sera préférable d'alimenter du tableau de distribution principal un nombre limité d'artères ou feeders, chacun aboutissant à un tableau auxiliaire, alimentant tout un groupe de bâtiments, au moyen de lignes subdivisées. Ce cas se trouve le plus fréquemment lorsque la distribution principale est en haute tension : un poste principal alimente donc en haute tension plusieurs artères. Chacune de ces artères aboutit à un poste de transformation auxiliaire, dont le tableau basse tension alimente les différents services et ateliers de tout un groupe de bâtiments. (Voir chap. II, § 6.)

#### 4. Organisation de la protection des lignes et appareils récepteurs — Equipement des moteurs.

**Protection contre les surtensions.** — Pour les lignes *intérieures*, cette protection n'est pas nécessaire, sauf cependant :

- a) Sur les machines génératrices à courant

alternatif, où il sera bon de placer un *limiteur de tension à rouleaux* entre phases, afin d'éviter les effets des harmoniques ou des ruptures brusques.

b) Sur la *basse tension des transformateurs*, en cas de contact accidentel entre primaire et secondaire. On se contentera le plus souvent d'un parafoudre à lame de mica, dit *Cardew*, sur une phase. Si le fil neutre est à la terre, cette précaution sera même inutile.

Par contre, toute ligne ayant un parcours notable à l'*extérieur* des bâtiments devra être protégée aux endroits où elle rentre et où elle sort. La protection étant faite contre les phénomènes d'origine externe, c'est un appareil du type *parafoudre* qui s'impose, c'est-à-dire branché entre fils et terre.

Il sera suivi d'une self de protection, entre le parafoudre et l'installation à protéger.

Pour les basses tensions, et les hautes tensions jusqu'à 3.000 ou même 5.000 volts, seul le parafoudre à *rouleaux* est capable de rendre des services.

Pour les tensions plus élevées, le parafoudre à *cornes* fonctionne suffisamment bien.

On n'emploiera de *déchargeurs* que pour des lignes assez longues et surtout en pays de montagne.

Les plus grands soins devront être consacrés à l'étude de la disposition de la *ligne de terre*, qui devra être peu résistante, courte, et surtout aussi droite que possible pour ne pas avoir de réactance.

**Protection contre les surintensités.** — Cette protection peut être réalisée au moyen de fu-

sibles ou de disjoncteurs, mais il faut employer ces appareils d'une façon judicieuse, sinon ils ne protègent rien du tout.

En principe, il faudra remarquer qu'un coupe-circuit ou un disjoncteur ne protège que ce qui est en *aval* de lui. On devra donc mettre :

a) Sur le tableau de distribution, sur chacune des *lignes*, un disjoncteur à maxima de courant et à manque de tension : cet appareil devra donc déclancher en cas de surcharge sur la ligne et en cas d'arrêt du réseau (afin de permettre de remettre les moteurs à leur position de démarrage, en attendant le retour du courant).

Quelquefois, on se contente d'un disjoncteur à maxima d'intensité et à manque de tension, unique, sur le courant total de l'installation. Un tel appareil remplit bien son rôle en tant que manque de tension; de même, il permet bien d'empêcher de prendre plus que la puissance souscrite, ce qui peut être voulu par le secteur fournisseur de courant, mais il ne remplit que très imparfaitement son rôle au point de vue de la protection contre les surintensités, car il doit être réglé pour une intensité telle, que les surcharges et les court-circuits dans les lignes dérivées pourront très bien ne pas le faire déclancher. Ce n'est que sur le départ de chaque ligne que la protection est efficace.

Dans les installations à haute tension, on protège le transformateur du côté haute tension par un disjoncteur à maxima de courant et à manque de tension, la basse tension ayant la protection que nous venons de décrire.

Quelquefois, dans les installations écono-

miques, et pour de faibles puissances, on remplace tous ces disjoncteurs par des coupe-circuit fusibles; il est nécessaire de bien se rendre compte que cette protection est beaucoup moins efficace: en effet, il n'y a pas de protection contre le manque de tension; en outre, le réglage du point de fusion d'un fusible est beaucoup moins précis que le réglage du déclenchement dans un bon disjoncteur.

b) Au point de départ de chaque *dérivation* prise sur les lignes principales, immédiatement après cette dérivation, il est nécessaire d'avoir un appareil de protection contre les surintensités: cet appareil sera en général un coupe-circuit fusible; il est destiné à protéger toute la dérivation: l'appareil placé en tête de ligne peut, en effet, n'être pas assez sensible pour une surintensité dans une dérivation de faible section par rapport à la ligne.

Cette précaution est souvent oubliée: on devra donc porter son attention d'une façon toute spéciale sur ce point.

c) Sur chaque *moteur*, en aval de l'interrupteur, il faudra avoir au moins un coupe-circuit fusible. Un disjoncteur à maxima et manque de tension sera encore mieux, mais on devra en général le réserver pour les moteurs de puissance importante. On pourra aussi grouper les moteurs par 2 ou 3 sur un même disjoncteur, chacun possédant cependant son coupe-circuit individuel sur son interrupteur particulier. Cette disposition n'est efficace que si les moteurs sont sensiblement de la même puissance (fig. 1 et 2).

Pour les lampes, c'est une disposition ana-

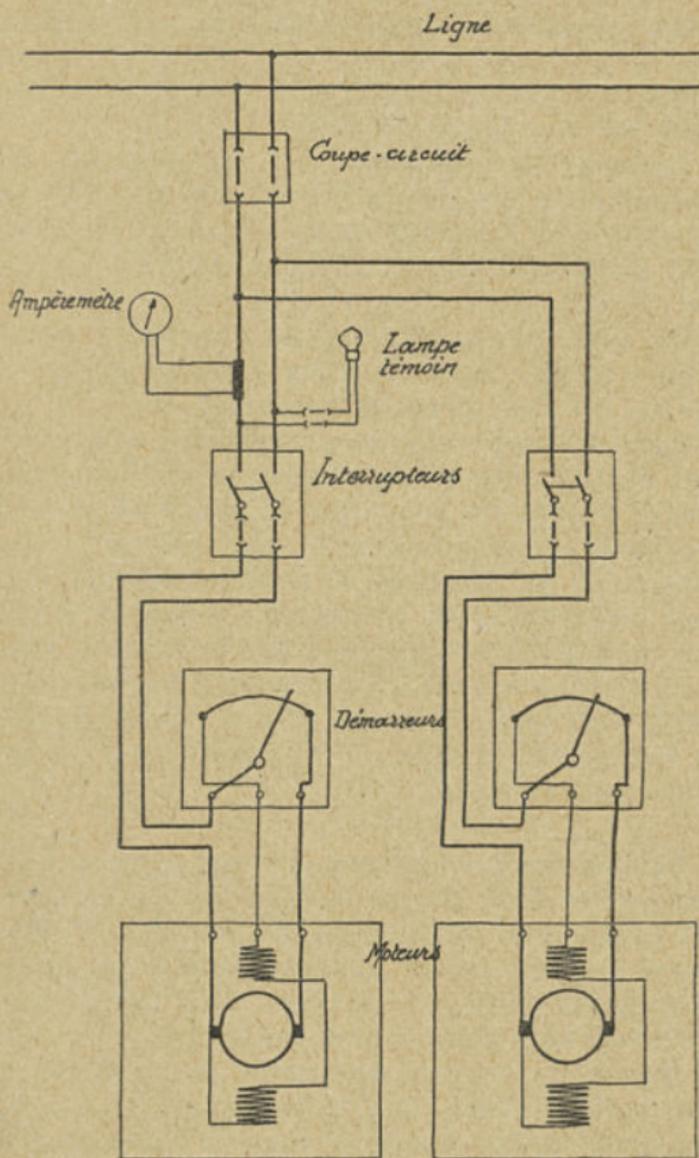


FIG. 1. — Montage de deux moteurs à courant continu sur une dérivation d'une ligne principale.

logue que l'on adopte, mais avec un fusible : les lampes sont groupées par 4 ou 5 sur une même dérivation, protégée à son point de départ par un coupe-circuit.

Lorsque la protection est réalisée par des disjoncteurs, on devra faire l'échelle entre les intensités de déclenchement et, si les appareils sont à fonctionnement retardé ou différé, entre les retards. (Voir chap. II, § 6.)

De cette façon, en cas de surcharge ou de court-circuit, on n'arrêtera que la partie de l'usine où s'est produit l'accident.

Tous ces appareils de protection : coupe-circuit et disjoncteurs automatiques, doivent comporter autant de pôles que le genre de courant comporte de conducteurs : par exemple 2 en continu, 3 en triphasé. Cependant les fils neutres, en triphasé et en continu 3 fils, ne seront pas munis de fusibles : on risquerait, en effet, si ce fusible venait à fondre seul, accidentellement, un déséquilibre des tensions capable de brûler les lampes, si les ponts ne sont pas également chargés.

**Equipement des moteurs.**— Nous avons vu que chaque moteur devait comporter un appareil de protection, fusible ou disjoncteur. Il faut aussi pouvoir isoler instantanément du réseau le moteur ; c'est pourquoi on aura toujours un *interrupteur*, comportant autant de pôles que le genre de courant comporte de conducteurs. On voit souvent des installations à courant continu, où l'on coupe le moteur au moyen du rhéostat de démarrage ; c'est insuffisant, car le moteur reste toujours sous tension, ce qui peut être dangereux. En outre, la rupture brusque

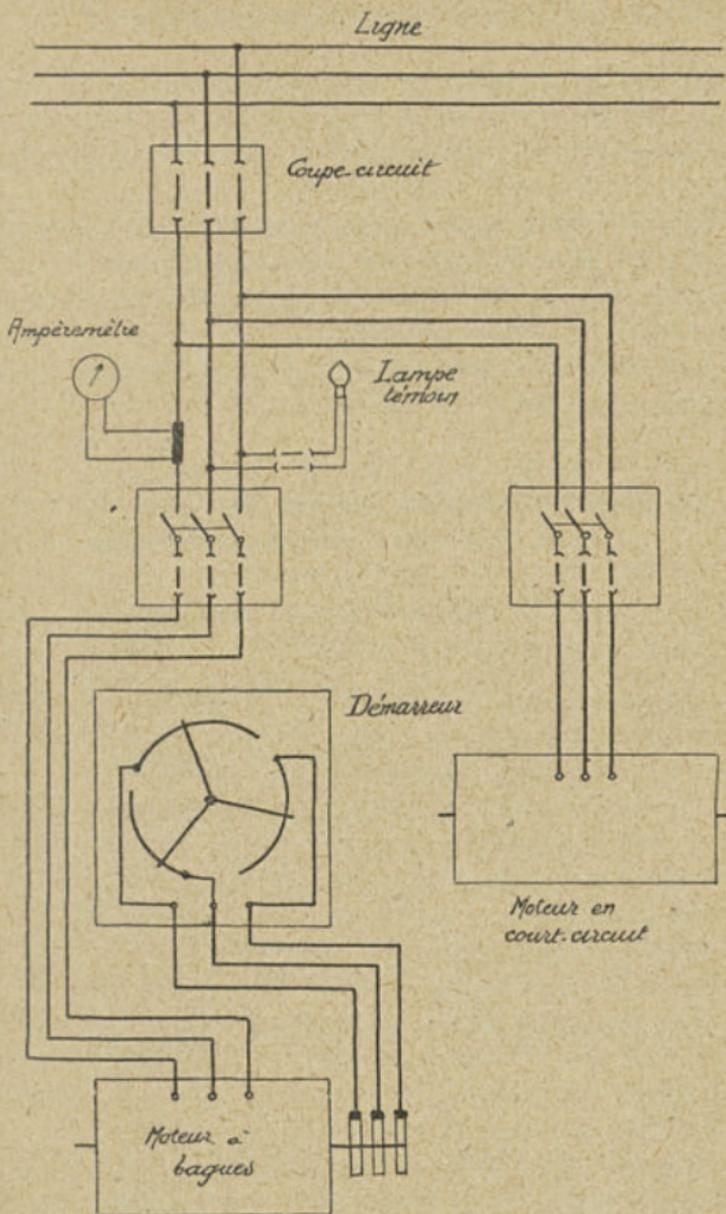


FIG. 2. — Montage de deux moteurs à courant triphasé sur une dérivation d'une ligne principale.

étant plus difficile à réaliser sur le plot de coupure d'un rhéostat que sur un interrupteur, on risquerait de détériorer assez vite le rhéostat.

Les fusibles doivent être en aval de l'interrupteur, afin de pouvoir les toucher sans être sous tension, après avoir simplement coupé l'interrupteur du moteur.

Les schémas des figures 1 et 2 sont à respecter dans tous les cas.

## 5. Organisation des postes de transformation et tableaux de distribution

Un *poste de transformation* comporte essentiellement (fig. 11, 12 et 19) :

Un sectionneur, à l'entrée, comportant autant de couteaux que de conducteurs, et destiné à isoler l'installation en cas de réparations;

Un parafoudre à cornes ou à rouleaux avec ses résistances; ce parafoudre est souvent monté en même temps en limiteur de tension (vol. I, fig. 107). Un jeu de sectionneurs permet d'isoler le parafoudre de la tension du réseau afin de permettre les réparations, et les réglages.

Un jeu de selfs de protection, destiné à arrêter les surtensions à haute fréquence, afin qu'elles s'écoulent uniquement par le parafoudre;

Un jeu de fusibles formant en même temps sectionneur, ou mieux, pour des installations de quelque importance, un jeu de sectionneurs suivi d'un disjoncteur;

Le transformateur;

Du transformateur, les conducteurs basse tension se rendent au tableau de distribution.

On devra prévoir au minimum 2 prises de terre, comportant chacune une ligne de terre différente : l'une sera celle des parafoudres, l'autre réunira tous les bâtis métalliques : tiges de scellement des appareils, ferrures de supports, grillages de protection, cuves de transformateurs et de disjoncteurs, fer des transformateurs de mesure, arbres de commande des appareils, etc.

Ces lignes seront toujours de grosses sections, 20 mm<sup>2</sup> au moins, et comporteront le minimum de coudes possible.

Lorsque le neutre est à la terre, on fait généralement une troisième prise de terre.

Un tableau de distribution se compose d'un ou plusieurs panneaux, suivant son importance. On évitera de trop charger les panneaux, ce qui complique le montage et nuit à la clarté. On mettra sur un même panneau des appareils se rapportant à une même ligne.

Le tableau comportera essentiellement :

Sur une phase : un fusible Cardew mettant la basse tension à la terre en cas de contact accidentel entre la haute et la basse tension du transformateur : cet appareil est inutile lorsque le neutre de la basse tension est relié à la terre.

Les compteurs, qui sont en général des appareils sur transformateurs : si la tarification est faite en haute tension, il y aura, en triphasé, 2 transformateurs d'intensité et 2 transformateurs de tension, montés sur la haute tension, avant le disjoncteur ou les fusibles. Si la tarification est en basse tension, il y aura 2 trans-

formateurs d'intensité, montés avant l'interrupteur général.

C'est à ce point qu'on place également les divers appareils de contrôle permanent : voltmètres, ampèremètres, wattmètres, fréquence-mètres, et phasemètres enregistreurs. L'organisation d'un poste complet de *contrôle* est une chose très utile pour l'industriel qui exploite une installation importante. On peut, en effet, se rendre compte des variations de la consommation aux différentes heures de la journée ou suivant les différents jours, de la qualité de l'énergie fournie par le secteur, du déphasage de l'installation.

Après l'interrupteur général se trouve la dérivation alimentant le tableau lumière.

L'interrupteur alimente les barres omnibus force motrice, sur lesquelles seront prises les différentes lignes de distribution.

Ces lignes sont alimentées par l'intermédiaire d'interrupteurs à fusibles ou mieux de disjoncteurs à maxima d'intensité et manque de tension, destinés à protéger chacun la ligne qu'il commande (fig. 5, 7, 10, 11 et 20).

On place généralement un ampèremètre sur chaque départ.

Le tableau *lumière* est analogue comme schéma, mais les disjoncteurs sont toujours remplacés par des fusibles, qui sont généralement suffisants.

Un voltmètre muni d'un commutateur permet de se rendre compte de l'égalité des tensions sur les différents ponts.

On peut aussi avoir un ampèremètre sur chaque phase permettant de contrôler l'égalité des charges sur les 3 phases. Il est inutile

d'avoir un ampèremètre sur chaque départ lumière.

Lorsqu'il y a un *groupe convertisseur*, un panneau spécial supporte les différents appareils de démarrage du moteur et les appareils de départ du courant continu (fig. 13).

De même, lorsqu'il y a une *génératrice de secours*, un panneau est réservé pour les différents appareils de mise en route et de réglage (fig. 14).

S'il y a *plusieurs transformateurs* pouvant être couplés en parallèle, un panneau sera destiné aux interrupteurs permettant ces couplages.

Nous renvoyons, pour ces différents points, le lecteur aux schémas du chapitre II, qui résument les cas les plus fréquents.

## 6. Répartition de la force motrice sur les différents moteurs — Transmissions et commande individuelle — Détermination de la puissance.

Étant donnée une exploitation industrielle, comportant un nombre plus ou moins grand d'ateliers et de machines différentes, comment allons-nous attaquer ces machines pour obtenir le fonctionnement normal de la fabrication avec le minimum de dépense d'énergie et l'installation la moins chère possible ?

Voici un problème extrêmement vaste puisqu'il ne peut être résolu que par l'examen détaillé des cas particuliers : il n'y a, en effet, pas deux usines qui se ressemblent.

Cependant nous croyons utile de donner sur cette question quelques éclaircissements qui permettront de guider l'installateur dans son étude.

Deux systèmes principaux semblent se partager la faveur des installateurs : la commande par transmissions générales et la commande individuelle. Nous verrons que c'est bien souvent un troisième : la commande par groupes, qui vient les mettre d'accord.

La commande par *transmissions générales* a été le premier système employé dès les débuts de l'électricité industrielle. Les usines étaient en effet généralement commandées par machines à vapeur par l'intermédiaire d'une transmission qui, au moyen de renvois, de pignons d'angles et de manchonnements, arrivait à desservir tous les recoins. On a donc cru bon de substituer simplement un moteur électrique à la machine à vapeur.

Plus tard, on s'est aperçu que ces lourdes transmissions étaient encombrantes et dévoreuses d'énergie, et on les a fractionnées un peu, en mettant par exemple un moteur par atelier ou par groupe d'ateliers.

Un grand nombre d'usines étant actuellement équipées ainsi, voyons quels sont les avantages et inconvénients du système :

L'avantage qui semblait primordial était de ne pas multiplier les installations électriques, afin de ne pas être obligé d'avoir un *personnel spécial* d'électriciens pour en assurer l'entretien. Cet avantage peut avoir de la valeur dans certains cas, particulièrement dans les locaux humides ou poussiéreux, où le simple net-

toyage des moteurs et de leur appareillage peut devenir une lourde sujétion, où les isolements sont difficiles à tenir. Cependant il ne faut pas pousser le raisonnement trop loin, car les transmissions, si on veut les garder en bon état et pas trop dures, nécessitent un certain entretien et la présence d'un bon mécanicien.

La transformation des installations était *moins chère* : un gros moteur coûte moins cher que plusieurs petits. Ici c'est une raison assez sérieuse; la question économique a dans l'industrie moderne trop d'importance pour qu'on la néglige.

La transmission forme *volant* : elle permet donc de commander des machines à couple résistant irrégulier, des machines à à-coups, sans que ces à-coups se répercutent sur le moteur et sur le réseau; la puissance installée peut aussi être moins importante, puisque on peut profiter du foisonnement entre les charges des diverses machines, qui ne passent pas toutes en même temps par le point de puissance maxima.

Cet avantage est particulièrement important puisqu'il a, jusqu'ici, empêché d'employer la commande individuelle pour certaines machines, par exemple les métiers renvideurs des filatures.

Les moteurs étant de puissance notable sont des machines à *rendement et à facteur de puissance élevés*. Il ne faut pas exagérer l'importance de cet argument, car l'amélioration est bien souvent largement compensée par le fait que la transmission absorbe une importante partie de l'énergie produite par le moteur et aussi que, pendant les marches à faible charge de l'installation, le moteur travaille

dans de mauvaises conditions de rendement et de facteur de puissance.

Le deuxième système, plus moderne, et qui a eu de chauds partisans, mais dont on a peut-être un peu exagéré les avantages dans certains cas, est la *commande individuelle*. Il consiste à mettre un moteur sur chaque machine, avec une commande aussi directe que possible. Il y a donc suppression des anciennes transmissions. Ses avantages sont les suivants :

Suppression de la puissance absorbée en pure perte par les *frottements* des transmissions. Cette puissance est loin d'être négligeable, surtout avec les vieilles installations, où les paliers sont d'un système antique, ne sont pas de niveau, où l'on a, sous prétexte d'adjonction de nouvelles machines, multiplié à l'infini le nombre des renvois, allongé les portées des arbres, etc. Il nous a été donné de trouver des transmissions commandant des machines d'une puissance totale de 30 chevaux, absorber à elles seules une dizaine de chevaux.

Tout n'est évidemment pas gain dans la transformation, puisqu'il faut bien un système de courroies ou d'engrenages sur chaque machine, et que ce système absorbera forcément un peu d'énergie en frottements; d'autre part, le petit moteur que l'on mettra aura un rendement un peu plus faible que le gros. Cependant, dans la majorité des cas, il y aura avantage;

Suppression des marches à *charge réduite*, qui sont particulièrement désastreuses avec les transmissions dans certaines industries. Ici, lorsqu'on ne se servira pas d'une machine, on coupera son moteur. Les moteurs travaillent

done toujours au voisinage de la charge de régime;

*Souplesse* de l'installation, puisqu'on peut à peu de frais déplacer une machine ou en ajouter une nouvelle à l'installation, sans être assujetti à se placer sous une transmission;

Meilleur *éclairage* de l'atelier : on supprime en effet les transmissions qui obscurcissent le plafond et rendent son éclairage difficile à installer. Dans un atelier avec transmission, on ne peut pas faire d'éclairage général; il faut se contenter de mettre une lampe sur chaque machine. L'éclairage est bien moins avantageux. On a trouvé dans certains ateliers une diminution de 25 p. 100 de la production pendant les heures d'éclairage. Avec un éclairage général de l'atelier, la diminution est la plupart du temps insensible ;

Diminution des conséquences d'*accidents*. Avec une transmission générale, si un ouvrier vient à se faire prendre par une courroie, il faut courir au moteur pour l'arrêter. Avec la transmission individuelle, l'interrupteur est à portée de la main et l'accident, s'il ne peut toujours être évité, aura toutefois des conséquences infiniment moins dangereuses;

*Facilité de remplacement* des moteurs. Avec les gros moteurs, en cas d'accident au bobinage, il faudra souvent immobiliser un atelier pendant plusieurs jours pendant la réparation. Avec les petits moteurs, on n'immobilisera qu'une seule machine, et encore pourra-t-on le plus souvent avoir facilement quelques moteurs de rechange, qui permettront de ne presque pas interrompre le service.

Les plus gros inconvénients sont :

Le *coût élevé* du matériel moteurs, puisqu'on devra acheter des moteurs pour la totalité de la puissance installée;

La plus grande *complication* de l'installation, puisqu'il y aura de nombreuses lignes dans tout l'atelier;

La plus grande sujétion d'*entretien*.

On obtiendra souvent une solution bien meilleure par la *commande des machines par groupes* :

La commande par groupes consiste à constituer des ensembles de machines commandés par une transmission *légère*, mais la constitution de ces groupes n'est pas indifférente, et il faudra l'étudier d'une façon particulièrement judicieuse. On groupera ensemble :

Des machines *rapprochées*, afin que la transmission soit courte et ramassée sans renvois inutiles;

Des machines travaillant le plus souvent *ensemble*, afin de permettre aux moteurs de fonctionner au voisinage de leur pleine charge;

Un *petit nombre* de machines, afin de ne pas compliquer les transmissions, et de profiter des avantages des moteurs de petite puissance (facilité de remplacement);

Si possible on fera les groupes, afin de n'avoir qu'un nombre limité de *types* de moteurs, ce qui facilitera les remplacements;

Les transmissions devront être *légères* et offrir peu de tirage;

L'emploi des roulements à billes est, à notre sens, une solution très avantageuse à ce point de vue, d'autant plus que le graissage se réduit

à peu de chose et que les légères différences de niveau des supports des arbres ont moins d'importance que pour les paliers lisses.

On se rend compte sans peine que cette solution possède en partie les avantages respectifs des deux systèmes de commande envisagés plus haut : commande par transmissions et commande individuelle, en réduisant dans de fortes proportions leurs inconvénients. Aussi ce sera celle que l'on devra choisir dans un grand nombre de cas.

Pour nous résumer, voyons en quelques mots quels sont les cas qui conviendront plus particulièrement à chaque système :

*Transmission générale.* A employer lorsque l'irrégularité du couple résistant exige que la transmission constitue un volant à grande inertie permettant de passer les à-coups; lorsque l'énergie étant bon marché, c'est-à-dire les pertes de peu d'importance, on veut absolument faire l'installation à peu de frais; lorsque les machines étant très ramassées, et la marche continue et très régulière, la commande individuelle ne présente pas d'avantages sensibles; lorsqu'on a affaire à une installation dans un local très humide où il est très difficile de tenir l'isolement des nombreuses lignes et des moteurs (teintureries).

*Commande individuelle.* A employer lorsque l'énergie étant très chère, on ne doit pas hésiter à faire une dépense importante pour améliorer le rendement; lorsque le fonctionnement des machines est très irrégulier, et que, d'une façon normale, il y a peu de machines en fonctionnement simultanément; lorsque les machines sont sujettes à être déplacées souvent;

Dans tous les cas intermédiaires, c'est la commande par groupes qui donnera les meilleurs résultats.

Ainsi, dans les ateliers de *mécanique* effectuant un travail irrégulier (réparations, outillage), on emploiera avec avantage la commande individuelle. Lorsqu'on y fait, au contraire, du travail en série, on préférera la commande par groupes.

Dans les *tissages*, si les machines sont sujettes à de fréquents chômages partiels, on devra commander les métiers individuellement; au contraire, si on est sûr de travailler toujours à plein, ou au moins de pouvoir grouper ensemble les métiers travaillant à plein, on pourra avoir avantage à monter les métiers par groupes de 4 ou 5, avec un débrayage sur chaque métier.

Dans une *forge*, où plusieurs machines travaillent ensemble d'une façon régulière, pour l'exécution d'un travail en série, on pourra constituer avec avantage des groupes de forge actionnés chacun par un moteur, et comprenant l'ensemble des machines travaillant successivement la même ébauche.

Pour la commande de *métiers renvideurs* de filature, sujets à des à-coups considérables, on réduira les pointes de puissance, et en même temps la puissance des moteurs, en groupant plusieurs métiers sur une même transmission jouant le rôle de volant.

La détermination de la *puissance nécessaire* à un moteur pour entraîner une machine ou un groupe de machines déterminées, est un problème des plus difficiles à résoudre, d'autant plus qu'on n'a le plus souvent que des

données rudimentaires, et que la solution bonne ou mauvaise du problème peut influencer considérablement le résultat :

Un moteur *trop fort* a, en effet, un rendement et un facteur de puissance très mauvais; il coûte cher, sans utilité réelle;

Un moteur *trop faible* chauffe, et la durée de ses isolants en est raccourcie dans des proportions considérables; en cas de surcharge, il peut caler, si son couple maximum n'est pas suffisamment largement calculé par rapport au couple normal; son rendement et son facteur de puissance sont diminués;

Enfin, il faut tenir compte de certains facteurs que l'on néglige trop souvent, malgré leur importance primordiale. La puissance nominale d'un moteur correspond à des *conditions bien définies du courant d'alimentation* : fréquence et tension constantes et égales à la fréquence et à la tension nominales. Si ces conditions varient, et elles varient toujours en exploitation normale, la puissance que l'on peut demander au moteur ne sera pas toujours la même. Nous avons vu, par exemple, dans un atelier pour le travail du bois, la nécessité de prendre des moteurs de puissance nominale double de la puissance réellement nécessaire pour l'entraînement des machines, parce que des chutes de tension exagérées se produisaient dans les lignes intérieures de l'installation, par suite de leur insuffisance.

A ce point de vue, pour les moteurs asynchrones, la puissance varie proportionnellement à la fréquence et au carré de la tension. Par exemple si un moteur de 10 kw. à 200 volts

est employé sous 180 volts, on ne pourra plus lui demander, à moins de le faire chauffer, plus de :

$$10 \times \frac{180^2}{200^2} = 8 \text{ kw.}, \text{ au lieu de } 10.$$

A 48 périodes, on ne pourra lui demander plus de :

$$10 \times \frac{48}{50} = 9,6 \text{ kw.}, \text{ au lieu de } 10.$$

Pour les moteurs shunt à courant continu, la diminution de puissance en fonction des variations de la tension n'est pas aussi forte; elle est un peu plus que proportionnelle.

En tous cas, on devra tenir compte de ces variations en déterminant la puissance d'un moteur; cela conduira souvent à prendre un moteur un peu plus fort qu'il ne serait strictement nécessaire.

Lorsque le *constructeur* d'une machine donne la puissance qu'il faut lui fournir pour l'actionner, le problème est vite résolu; cependant il ne faut pas avoir une confiance aveugle dans ces chiffres; le constructeur peut être tenté d'exagérer, dans un sens ou dans l'autre: il pourra donner un chiffre trop faible, pour indiquer que sa machine a un rendement meilleur que celle de son concurrent, ou au contraire trop fort, pour être sûr qu'on ne lui reprochera pas une insuffisance de la machine à faire le travail demandé.

Aussi, toutes les fois que ce sera possible, devra-t-on entreprendre sans hésitation un *essai*; on monte provisoirement un moteur quelconque au moyen d'un dispositif de fortune, on ac-

tionne la machine, à laquelle on demande son travail normal, et avec un wattmètre on mesure la puissance absorbée, d'où, si on connaît à peu près le rendement du moteur, la puissance sur l'arbre nécessaire. C'est le meilleur moyen d'avoir un chiffre exact.

On a quelquefois un couple résistant assez irrégulier; devra-t-on prendre pour le moteur la puissance moyenne ou la puissance maximum ?

Il est certainement inutile de prendre la puissance maximum, car un moteur peut supporter momentanément un couple plus fort que son couple normal, sans ralentissement exagéré; pour les moteurs de construction courante, le couple maximum est égal à 1,5 fois le couple normal. Donc, en prenant une puissance de  $\frac{2}{3}$  de la puissance maximum, on aura une limite inférieure de la puissance à choisir. Il faut tenir compte, d'autre part, de l'échauffement, qui est exagéré aux moments où le couple atteint des valeurs élevées, ce qui conduit à choisir une puissance un peu supérieure à la limite inférieure que nous avons trouvée plus haut, supérieure aussi à la puissance moyenne. On tiendra compte aussi des variations possibles de tension et de fréquence. Somme toute, la puissance nominale sera toujours plus ou moins voisine des  $\frac{3}{4}$  de la puissance maximum.

Naturellement, la *durée du service* est à fixer en même temps; lorsque cette durée ne sera pas facile à définir par une durée simple, correspondant à la durée de fonctionnement du moteur, mais qu'il y a des périodes d'arrêt, suivies de marches à puissance réduite, puis

de marches en pleine charge, le tout entremêlé d'une façon plus ou moins compliquée, il vaudra mieux soumettre au constructeur le diagramme des puissances; il a toutes les données pour résoudre le problème au mieux (vol. I, fig. 9).

La *puissance d'une installation*, qu'il s'agisse d'un groupe de machines entraînées par une transmission commune, ou d'une ligne alimentant un ensemble de moteurs, n'est également pas très facile à déterminer.

Il serait simple, évidemment, de prendre la somme des puissances nécessitées par chaque machine, mais le résultat donnerait une puissance, généralement beaucoup trop forte.

On doit, en effet, tenir compte du *foisonnement* entre le fonctionnement des diverses machines; fonctionnement qui n'est jamais complètement simultané. Il peut y avoir toujours un certain nombre de machines arrêtées; en outre, les pointes de puissance ne coïncident que très rarement.

On devra donc en tenir compte, ce qui permettra une économie très notable sur les machines génératrices, les moteurs et les lignes.

On appelle *coefficient d'utilisation* d'une installation, le rapport de la puissance nécessaire à actionner cette installation, à la somme des puissances nécessaires pour actionner l'ensemble des machines à leur pleine charge, en fonctionnement simultané.

Ce coefficient est extrêmement variable selon les industries. Pour les minoteries, où le travail est sensiblement continu et régulier, il est voisin de 1. Pour les industries mécaniques, il tombe souvent au-dessous de 0,4 ou 0,3.

Il est nécessaire de le déterminer approxi-

mativement à l'avance pour une installation projetée, puisque cela servira à fixer la puissance des lignes (ou du moteur pour une installation sur transmission).

On utilisera pour cela les résultats de déterminations faites dans des *usines similaires*, en tenant compte que plus le nombre des machines de l'installation est grand, plus le facteur d'utilisation tend à baisser. Il dépend aussi de la façon dont on doit entreprendre la fabrication.

Nous verrons dans les exemples du chapitre suivant des exemples de telles déterminations.

### 7. Questions relatives au facteur de puissance

La nécessité de ne pas avoir un facteur de puissance trop bas est capitale dans toutes les installations à courant alternatif: les inconvénients d'un mauvais facteur de puissance sont en effet les suivants:

La puissance des machines génératrices étant *limitée par l'intensité maxima* qui peut y circuler, compatible avec un échauffement raisonnable, on a intérêt à avoir, pour une puissance déterminée, l'intensité minimum, c'est-à-dire le facteur de puissance le plus voisin de 1; on pourra de la sorte, avec le minimum de machines génératrices, produire le maximum de puissance.

Si nous devons par exemple produire une puissance de 1.000 kw. avec un facteur de puissance égal à 0,60, il faudra une génératrice de 1.666 kva.; au contraire, si le facteur de puissance était de 0,80, une machine de 1.250 kva.

suffirait. On comprend donc que les distributeurs d'électricité aient un gros intérêt à favoriser les clients à facteur de puissance élevé, de façon à réduire le capital immobilisé en machines génératrices.

Le raisonnement que nous venons de tenir pour les génératrices est également vrai pour les *lignes*: la puissance transportée par une ligne donnée étant limitée par l'intensité qui y circule, et non pas la puissance transportée.

Le rendement des génératrices est d'autant meilleur que le facteur de puissance est meilleur.

De même les pertes d'énergie dans les lignes pour une section déterminée, sont beaucoup plus fortes avec un mauvais facteur de puissance, c'est-à-dire avec une forte intensité; les pertes croissent en effet proportionnellement au carré de l'intensité.

La régulation des génératrices est beaucoup plus facile avec les facteurs de puissance élevés; la chute de tension d'un alternateur sous  $\cos \varphi = 0,80$  est souvent double de la chute de tension sous  $\cos \varphi = 1$ .

De même les chutes de tension en ligne sont plus fortes avec les bas facteurs de puissance, la chute de tension étant proportionnelle à l'intensité.

La *rupture des circuits* à courant déwatté important est beaucoup plus délicate et détériore beaucoup plus les appareils que lorsque la puissance est entièrement wattée.

Les moteurs à faible facteur de puissance ont naturellement un mauvais *rendement*, l'intensité dans les enroulements étant plus forte, par suite, les pertes exagérées.

Ces différents inconvénients se manifestent souvent d'une façon impérieuse dans les installations; soit que l'on se trouve dans la nécessité d'augmenter la section des lignes, pour pouvoir augmenter la puissance de l'installation, tandis que cette section aurait été encore suffisante si le facteur de puissance avait été meilleur; soit que la chute de tension exagérée soit la cause d'un fonctionnement défectueux des moteurs; soit que la consommation d'énergie soit affectée d'une façon exagérée par les pertes supplémentaires; soit que la puissance des machines génératrices devienne insuffisante; soit que le fournisseur de courant impose une *pénalité* très lourde à cause de la situation difficile de son exploitation, résultant de son bas facteur de puissance (une pénalité souvent appliquée par les compagnies est de 2 p. 100 de majoration du prix du kw, par centième du facteur de puissance en-dessous de 0,80, par exemple 40 p. 100 pour un cos de 0,60).

Dans ces différents cas, on se trouvera conduit à étudier les causes du mauvais facteur de puissance, puis à déterminer les meilleurs moyens à envisager pour y remédier. Nous allons donner quelques indications sur cette double étude.

Les *causes* du mauvais facteur de puissance sont :

L'emploi de *mauvais moteurs*; nous avons vu qu'il était important d'imposer aux fournisseurs de moteurs des garanties assez sévères relativement au facteur de puissance.

L'emploi de beaucoup de moteurs de *petite puissance*; les moteurs de petite puissance ont,

quelle que soit l'excellence de leur construction, un facteur de puissance assez bas. D'où une répercussion sur le réseau qui devra fournir une part importante de courant dévatté.

L'emploi de moteurs *trop puissants* pour le travail qu'ils ont à effectuer; c'est la cause la plus fréquente. Ces moteurs marcheront à charge réduite, donc à facteur de puissance réduit. De même on aura souvent à équiper des machines dont la consommation est irrégulière, dont le fonctionnement à vide est fréquent; par exemple une machine-outil qui n'est en charge qu'au moment où l'outil coupe, et qui marche à vide tout le temps que l'ouvrier règle cet outil; un compresseur qui tourne à vide lorsque la bouteille est pleine, et ne se met en charge que lorsque la pression baisse et pour quelques instants seulement, une transmission insuffisamment chargée, etc. Toutes ces marches à charge réduite abaissent beaucoup le facteur de puissance moyen de l'installation.

Les *variations de tension* du réseau; le facteur de puissance garanti d'un moteur s'entend pour une tension déterminée et égale à la tension nominale; si la tension varie, le facteur de puissance pourra en être fortement influencé.

Avant de rechercher un palliatif permettant de relever le facteur de puissance, moteur synchrone, condensateurs, etc., palliatifs qui sont toujours coûteux, il faudra voir si on ne peut pas employer un remède préventif, en coupant le mal à sa racine.

Suivant les cas, on pourra avoir à envisager les solutions suivantes:

Remplacer les moteurs trop puissants par de

plus faibles, afin de les faire travailler au voisinage de leur charge normale;

Si la commande des machines se fait par groupes, revoir la répartition des machines de façon à n'avoir sur un même groupe que des machines travaillant ensemble, organiser les équipes d'ouvriers de façon à faire travailler les moteurs à pleine charge;

Sectionner les transmissions trop longues qui risquent souvent de ne pas être chargées à plein à cause du grand nombre de machines qui y sont rattachées;

Remplacer les moteurs de construction défectueuse par du bon matériel;

Exiger du fournisseur de courant une tension égale, à une faible tolérance près, à la tension nominale des moteurs.

En un mot, assurer une meilleure répartition de la puissance et une organisation rationnelle de la force motrice.

Si ces réformes sont impossibles, ou si elles ne suffisent pas à l'obtention d'une amélioration suffisante, il faudra employer un remède plus énergique, mais plus coûteux en produisant soi-même le *courant dévatté* qui est nécessaire aux moteurs; 2 moyens peuvent être employés: le moteur synchrone surexcité et les condensateurs statiques.

Le *moteur synchrone surexcité* doit être choisi de puissance suffisante pour obtenir un  $\cos \phi$  égal au moins à 0,85. On n'a généralement pas intérêt à dépasser 0,90, car au delà la compensation est trop dure à obtenir; il faut une machine trop puissante.

Le moteur synchrone pourra être un alternateur de secours, si on en dispose: il suffira

alors de l'isoler mécaniquement de son moteur au moyen d'un débrayage ou en faisant sauter la courroie, et de prévoir un dispositif de mise en route.

On pourra aussi prendre une machine spéciale que l'on fera tourner à vide.

Il sera le plus souvent plus avantageux de remplacer un des moteurs asynchrones de l'installation par un moteur synchrone suffisamment puissant pour pouvoir en même temps actionner la machine et fournir le courant déwatté nécessaire. Mais, à cause des propriétés un peu particulières du moteur synchrone, qui est peu apte à supporter des surcharges ou à produire un couple irrégulier, il faudra choisir avec soin la machine en question. Ce sera le plus souvent la dynamo d'un groupe convertisseur, un ventilateur, une pompe centrifuge, etc.

Les *inconvenients du moteur synchrone* sont les suivants :

Nécessité de dépenser une quantité appréciable d'énergie wattée pour faire tourner le moteur, cette énergie étant représentée par les pertes du moteur (3 à 4 p. 100 de la puissance exprimée en kva.);

Nécessité de régler l'excitation du moteur suivant les variations de la charge, afin de maintenir le  $\cos \varphi$  constant, ce qui immobilise un homme;

Risques de décrochage du moteur synchrone en cas de surcharge brusque;

Répercussions sur le réseau : il peut se produire des pompages; et, tout au moins, des déformations du courant.

La compensation se fait en un point déterminé de l'usine : toute la partie du réseau qui

est en amont se trouve fonctionner dans de bonnes conditions, puisqu'il n'y a plus de circulation de courant déwatté, mais les lignes qui sont en aval ne sont pas déchargées, puisqu'il y a circulation d'énergie déwattée entre le moteur synchrone et les moteurs de l'installation (ce qui ne se produirait pas si la compensation était faite aux bornes mêmes des moteurs; par exemple avec des condensateurs statiques).

Les *condensateurs statiques* sont d'emploi récent pour le relèvement du facteur de puissance : on a eu, en effet, pendant longtemps, des difficultés à construire des condensateurs capables de résister aux tensions industrielles (et surtout aux surtensions accidentelles) et capables de supporter des intensités notables, sans échauffement. Aujourd'hui, on est arrivé à les construire industriellement.

Le grand avantage des condensateurs est d'être des appareils statiques, à pertes très faibles, qu'il est facile de brancher en parallèle aux bornes mêmes du moteur, qui n'exigent aucun entretien, ni aucune surveillance.

L'inconvénient principal est le risque de claquage en cas de surtension accidentelle, par exemple au démarrage.

En outre, ces appareils sont actuellement assez chers et encombrants, dès que l'on a besoin de puissances considérables. Ils ne sont, dans tous les cas, à conseiller que pour mettre aux bornes de petits moteurs, jusqu'à 2 ou 3 kw.

Ils conviennent particulièrement pour l'équipement de petits moteurs à charge irrégulière, et pour lesquels on n'arriverait jamais à mettre un moteur de puissance convenable, puisque cette puissance varie continuellement.

## 8. Installations de lumière

Les installations de lumière sont souvent le point négligé dans les installations électriques industrielles; aussi, y consacrerons-nous quelques lignes.

Il convient d'abord de déterminer quel *mode d'éclairage* convient le mieux, suivant la nature du travail.

On peut distinguer deux types de modes d'éclairage :

*L'éclairage général* consiste à disposer des foyers puissants à une hauteur convenable, répartis de telle sorte que l'éclairage de tous les points de la salle soit presque uniforme : il se réalise au moyen de foyers à incandescence de grande puissance, de tubes à vapeur de mercure, munis de réflecteurs et de globes appropriés, ou encore, lorsqu'il s'agit de masquer l'éclat des lampes, de supprimer les ombres, et d'imiter autant que possible la lumière du jour, au moyen de lampes placées dans des diffuseurs, qui renvoient la lumière sur les plafonds de l'atelier, plafonds peints en blanc.

C'est ce qui donne les meilleurs résultats en supprimant tous les coins d'ombre. Cela revient par exemple assez cher, surtout lorsqu'il faut réaliser des éclairages intenses, puisqu'il s'agit d'éclairer la surface totale de l'atelier.

Pour déterminer la puissance des foyers et leur hauteur, la distance à laquelle ils doivent être les uns des autres, les spécialistes de l'éclairage ont établi un certain nombre de règles qui tiennent compte des différences de

la nature du travail dans les différentes industries. Nous ne les suivrons pas sur ce terrain, car c'est une science compliquée, et où il faut tenir compte de trop de facteurs pour que de telles règles aient plus qu'une valeur indicative. Dans un atelier, il sera beaucoup plus simple de faire une série d'essais méthodiques en employant une installation provisoire, et en faisant varier la puissance des foyers, leur disposition, etc. On arrivera assez facilement, surtout si on consulte les ouvriers, premiers intéressés, à se rendre compte de la disposition la plus avantageuse.

*L'éclairage individuel* consiste à mettre un ou plusieurs foyers au-dessus de chaque machine, de façon que seules les parties où l'on a besoin de voir soient éclairées. Ce procédé s'impose dans les locaux dont le plafond est occupé par un grand nombre de transmissions. L'inconvénient est la production d'ombres et de coins sombres, qui rendent le travail de nuit plus pénible, et diminuent le rendement de la main-d'œuvre. On le combine parfois avec un éclairage général modéré, de façon à casser les ombres; ce procédé est souvent employé dans les tissages, avec des lampes portatives qui permettent à l'ouvrier d'éclairer la partie de son travail qui l'intéresse le plus spécialement. D'une façon générale, c'est un dispositif beaucoup moins avantageux au point de vue du résultat obtenu, mais la consommation est un peu moins forte.

Quel que soit le procédé adopté, il faudra, pour l'installation électrique proprement dite, se fixer un plan général qui permette de monter les lignes d'une façon logique.

La façon de faire la plus courante consiste à mener une ligne dans toute la longueur de l'atelier, dite *artère longitudinale*, qui alimente des *dérivations transversales*, chaque dérivation ne comprenant pas plus de 4 à 5 lampes et étant protégée par un fusible : on peut ainsi facilement desservir tout un atelier sans faire de coudes compliqués.

Lorsque les lampes doivent être mobiles, on dispose souvent 2 fils nus bien tendus parallèlement, sur lesquels se déplace un petit chariot avec 2 frotteurs, comportant un coupe-circuit fusible, et supportant la lampe.

On commandera les lignes longitudinales autant que possible séparément du tableau de distribution. On les répartira aussi également que possible sur les deux ponts des lignes continues 3 fils, ou sur les 3 ponts des lignes triphasées.

On observera toutes les mesures de protection que nous avons vues plus haut.

Il faudra soigner tout particulièrement ces lignes, car ce sont les plus sujettes aux défauts, les fils de faible diamètre se détériorant facilement.

On évitera absolument de prendre la lumière sur les mêmes lignes que la force motrice; en outre que la tarification est généralement séparée, il faut éviter de créer des défauts sur les lignes de force motrice en y prenant de trop nombreuses dérivations; et puis on peut avoir besoin, en cas de réparations, de couper la force sans la lumière ou inversement.

### 9. Centrales pour installations autonomes et centrales de secours

Dans quel cas est-il plus avantageux, pour un industriel, de produire sa force motrice, et dans quel cas doit-il, au contraire, se rattacher à un secteur ?

En théorie, et même en pratique, la plupart du temps, il est bien évident que les compagnies de distribution d'électricité peuvent produire de l'énergie à bien *meilleur marché* que les industriels, étant donnés les moyens puissants de production dont elles disposent. C'est donc le rattachement à un secteur qui paraît devoir s'imposer le plus souvent.

Cependant on a vu souvent les prétentions de certains secteurs de distribution s'élever dans de telles proportions, l'irrégularité de leur service être telle, que bien des industriels ont trouvé avantage à installer une centrale et à produire eux-mêmes leur énergie, malgré la grosse immobilisation de fonds que cela exigeait.

C'est, dans tous les cas, une étude à faire d'une façon complète dans chaque cas particulier; nous nous contenterons ici de donner quelques notions sur chaque mode particulier de production d'énergie :

La force motrice *hydraulique*, lorsqu'on en dispose, est évidemment l'idéal, puisqu'elle emploie de l'énergie sans cesse renouvelée, qui ne coûte rien. Mais, les installations nécessaires à l'aménagement des chutes sont extrêmement coûteuses; cependant, étant donnée la situation mondiale du marché des combustibles, il

y a actuellement peu de cas où, disposant d'une chute, on n'ait intérêt à l'aménager et à utiliser son énergie. Les chutes les plus intéressantes sont les chutes à débit très régulier, et de hauteur assez grande : l'avantage des hautes chutes étant que les variations du niveau ont peu d'influence sur le rendement.

Dans le cas de débits irréguliers, il est nécessaire de prévoir une installation thermique de secours pour la période d'étiage.

La *machine à vapeur* a l'avantage d'une grande robustesse, et d'un fonctionnement souple, car elle se prête très bien aux surcharges.

Pour les puissances un peu importantes (à partir de 800 kva, par exemple), on a avantage, au point de vue rendement, à employer la turbine plutôt que la machine à pistons.

L'inconvénient de la machine à vapeur est d'exiger des chaudières encombrantes, un personnel de chauffe nombreux, des combustibles de bonne qualité qui peuvent être chers en certains pays.

Le *moteur à gaz* est d'un rendement bien meilleur, il utilise des combustibles assez faciles à trouver, et ce sera en général la solution la plus économique. Un seul homme suffit généralement pour conduire un moteur et son gazogène. Par contre, le moteur est un peu plus délicat que la machine à vapeur, exige plus de soins et est moins souple; il faut donc prévoir les surcharges accidentelles d'une façon large.

Le moteur à gaz, comme la machine à vapeur, sont assez longues à mettre en route.

Les *moteurs à combustion interne, à huiles*

*lourdes*, au contraire, genre Diesel ou demi-Diesel, sont à mise en route presque instantanée. L'encombrement est réduit. Le stockage du combustible est facile. Mais le moteur est très délicat, et il faut bien se mettre dans la tête qu'un moteur Diesel exige un mécanicien spécialiste, qui ne s'occupera que de son moteur, et qui devra souvent être payé fort cher. Le combustible est assez cher.

Les *moteurs à essence* ne peuvent être employés que pour de petites puissances, et pour un fonctionnement exceptionnel, lorsqu'il faut à tout prix éviter une interruption dans la fourniture du courant; le combustible est en effet d'un prix prohibitif.

Quelquefois, la centrale ne doit servir qu'à titre de *secours*, en cas d'interruption du courant du secteur. On mettra alors au second rang la question de rendement et de prix de revient et on donnera le pas aux questions de mise en route rapide : c'est là que les moteurs Diesel prennent leur avantage.

Cependant, si l'usine emploie pour sa fabrication de la *vapeur* (teintureries, produits chimiques, papeteries), il y a toujours des chaudières en pression, et on pourra facilement concevoir une machine à vapeur employée comme machine de secours. Au besoin, une installation de chauffage mixte des chaudières : charbon et huile, permettra de pousser activement la vaporisation au moment où l'on devra mettre la machine à vapeur en route.

Les tableaux des centrales d'usines comprendront, en outre des panneaux de distribution proprement dits, des *panneaux réservés aux génératrices*, aux appareils auxiliaires. Nous

renvoyons le lecteur aux schémas, pour le guider dans l'établissement de ce genre de tableaux.

Pour la détermination de l'utilité des centrales autonomes ou des centrales de secours, c'est une question d'espèce, et on devra, dans chaque cas, établir le bilan, en tenant compte du prix de revient du kwh., de l'amortissement des frais de première installation, des frais de main-d'œuvre et d'entretien.

---

## CHAPITRE II

### QUELQUES EXEMPLES D'INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES D'USINES

---

1. *Installation d'un petit atelier de mécanique sur secteur continu 2 fils 230 volts.* — 2. *Installation d'un atelier de grosse construction mécanique sur secteur continu 3 fils 230 volts.* — 3. *Installation d'un atelier de tissage de soieries sur secteur triphasé basse tension 200 volts, avec fil neutre.* — 4. *Installation d'une petite minoterie sur secteur triphasé haute tension 5.000 volts.* — 5. *Installation d'un atelier de grosse chaudronnerie sur secteur triphasé 11.000 volts, avec centrale de secours.* — 6. *Installation d'une aciérie sur secteur triphasé 15.000 volts.* — 7. *Quelques installations spéciales classiques.*

Nous allons décrire dans ce chapitre quelques installations types, prises à titre d'exemple, et pour chacune d'elles, nous étudierons quelques-uns des problèmes qui peuvent se poser dans le cours de l'installation.

Nous engageons le lecteur à développer ces exemples lui-même, à titre d'exercice, en étudiant chaque fois les points que nous avons laissés dans l'ombre, afin de ne pas compliquer notre exposé.

Il pourra, par exemple, pour chaque cas particulier, faire le calcul des sections des câbles, des chutes de tension, etc., calculs que nous n'avons faits que dans quelques cas.

**1. Installation d'un petit atelier  
de mécanique sur secteur continu  
2 fils 230 volts**

**Organisation générale.** — L'atelier, ne faisant pas de travail en série, mais un travail irrégulier, il a été trouvé avantageux d'adopter la commande individuelle.

Les moteurs sont les suivants :

N° 1.	Moteur de 1 kw.,	actionne	une perceuse
2.	— 1,5	—	un tour
3.	— 1	—	un étau-limeur
4.	— 1	—	une perceuse
5.	— 3	—	un tour
6.	— 1	—	une perceuse
7.	— 3	—	une fraiseuse
8.	— 2	—	une perceuse
9.	— 1	—	un lapidaire
10.	— 1	—	une meule
11.	— 1	—	une meule
12.	— 0,5	—	une perceuse
13.	— 1,5	—	une perceuse

On a divisé la distribution en deux lignes A et B. A est la ligne des machines-outils (moteurs de 1 à 8), B est la ligne montage et outillage (moteurs de 9 à 13).

La répartition adoptée des moteurs sur les dérivations est celle de la figure 3. On a tenu compte uniquement des positions relatives des machines.

Pour la lumière, on a adopté 2 lignes : l'une dessert le montage et l'outillage, la seconde

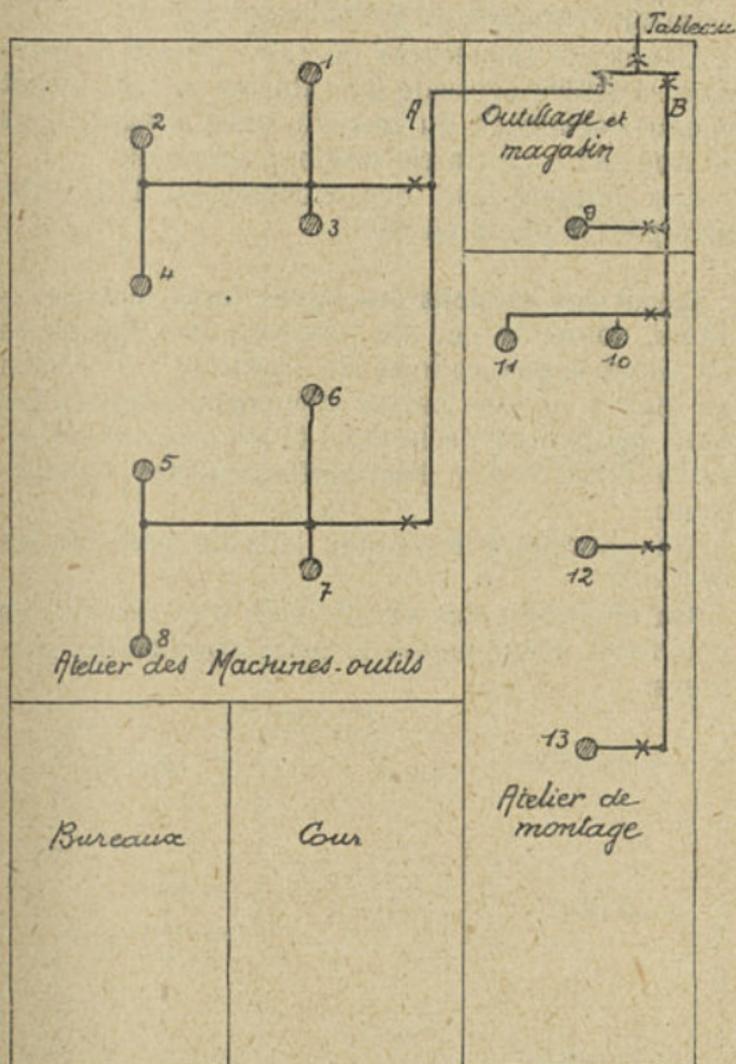


FIG. 3. — Installation d'un petit atelier de mécanique sur secteur continu deux fils. Répartition des moteurs.

dessert les machines-outils, en se divisant en trois artères longitudinales qui éclairent les machines; l'artère centrale sert aussi pour éclairer les bureaux et la cour (fig. 4).

Il eût été préférable de faire partir directement l'artère centrale du tableau, ce qui aurait rendu l'éclairage du bureau indépendant, mais il s'agissait de faire économiquement.

Les lampes sont des monowatts, 115 volts, groupées 2 par 2 en série.

**Calcul des sections des lignes force motrice.** — Etant donné le peu de longueur des lignes, on ne tiendra pas compte de la chute de tension en ligne, ni des pertes d'énergie admissibles, mais seulement de la densité de courant nécessaire pour éviter l'échauffement des conducteurs.

On cherchera à unifier le plus possible les sections.

On comptera des coefficients d'utilisation un peu forts, étant donné le petit nombre des moteurs.

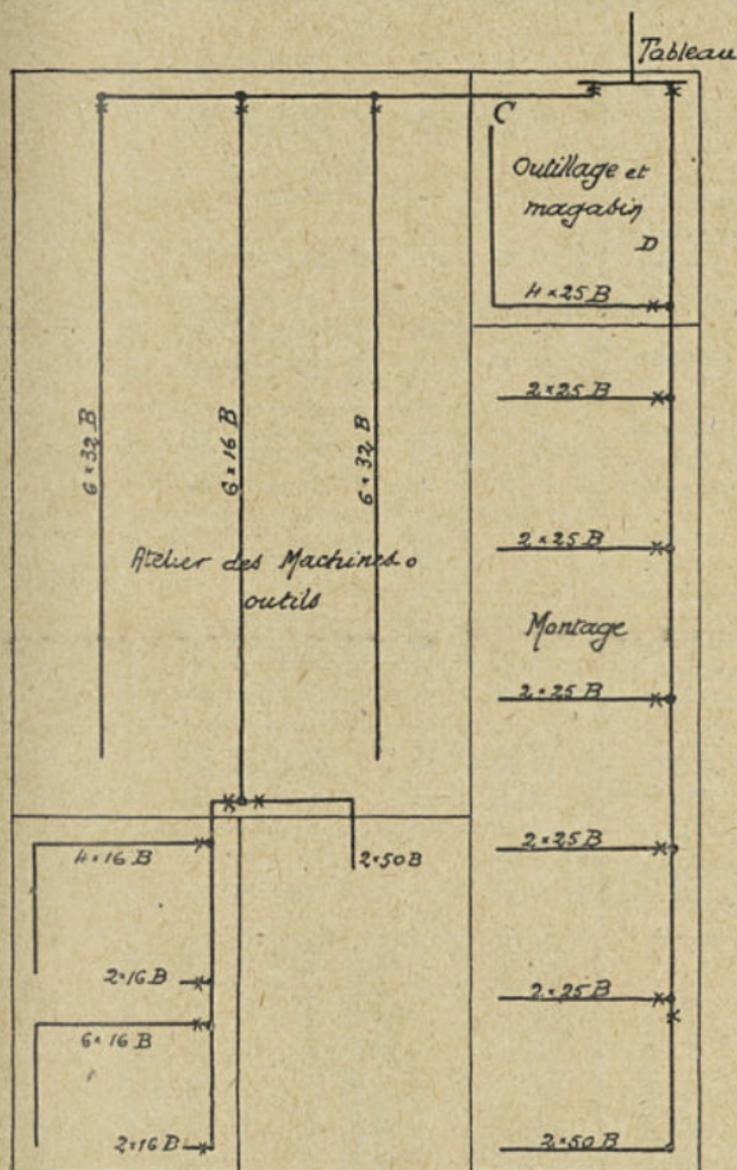


FIG. 4. — Répartition des lignes d'éclairage.

## Détermination des sections

PARTIE DE LIGNE à déterminer	PUISSANCE installée		RENDEMENT moyen	PUISSANCE électrique maximum		COEFFICIENT d'utili- sation	PUISSANCE électrique moyenne		AMPÈRES	SECTION nécessaire mm <sup>2</sup>	SECTION adoptée
	kw.	1		kw.	1,34		kw.	1,34			
Câblage du mot. n°1	1	0,75	1,34	0,80	4,8	20,8	7	19 f. × 12/10			
— n°2	1,5	0,75	2	0,78	3,85	16,7	6	28/10			
— n°3	1	0,75	1,34	0,75	1,34	5,8	2	20/10			
— n°4	1	0,75	1,34	0,78	3,85	16,7	6	28/10			
Dérivation alimen- tant les m. 1-2-3-4.				0,76	2,63	11,4	3,5	28/10			
Câblage du mot. n°5	3		6,02	0,80	4,8	20,8	7	19 f. × 12/10			
— n°6	1		3,85	0,78	3,85	16,7	6	28/10			
— n°7	3		1,34	0,75	1,34	5,8	2	20/10			
— n°8	2		3,85	0,78	3,85	16,7	6	28/10			
Dérivation alimen- tant les m. 5-6-7-8.			2,63	0,76	2,63	11,4	3,5	28/10			
Ligne A . . . . .			11,67	0,80	9,35	40,6	21	19 f. × 12/10			
			17,69								
			1								
			18,69	0,70	13	56,5	30	19 f. × 15/10			

## Détermination des sections (Suite)

LIGNE OU DÉRIVATION alimentant	PUISSANCE installée kw.	RENDIMENT moyen	PUISSANCE électrique maximum kw.	COEFFICIENT d'utili- sation	PUISSANCE électrique moyenne kw.	AMPERES	SECTION nécessaire mm <sup>2</sup>	SECTION adoptée
Câblage du mot. n° 9	1	0,75	1,34		1,34	5,8	2	20/10
— n° 10	1	0,75	1,34		1,34	5,8	2	20/10
— n° 11	1	0,75	1,34		1,34	5,8	2	20/10
Dérivation alimen- tant les moteurs n° 10 et 11. . . . .			2,68	0,90	2,42	10,5	3,5	28/10
Câblage du moteur n° 12. . . . .	0,5	0,70	0,71		0,71	3,1	1	20/10
Câblage du moteur n° 13. . . . .	1,5	0,75	2		2	8,7	3	20/10
Ligne B. . . . .	plus 5% de pertes en ligne		6,73	0,70	5	21,7	7,5	19f. × 12/10
			7,07					

**Organisation du tableau.** — La puissance prise au réseau est de l'ordre de 13 kw., soit 56,5 ampères. Comme elle est très faible, on devra faire un tableau aussi économique que possible. On verra sur la figure 128, que nous n'avons prévu aucun appareil de mesure autre que le compteur.

Le tableau comporte :

Le coffret de branchement du secteur avec ses fusibles;

1 compteur à courant continu 2 fils, 230 volts, 75 ampères;

1 compteur à courant continu 2 fils, 230 volts, 10 ampères;

2 interrupteurs généraux bipolaires (force et lumière), avec fusibles pour 60 et pour 6 ampères d'intensité normale;

2 jeux de barres omnibus;

2 départs force et 2 départs lumière, comportant chacun un interrupteur bipolaire à fusibles (fusibles respectivement pour 60, 25, 5 et 3 ampères);

1 lampe-témoin permettant de vérifier qu'il y a du courant sur la ligne, et de se faire une idée approximative de la valeur de la tension (fig. 5).

## **2. Installation d'un atelier de grosse construction mécanique sur secteur continu 3 fils 230 volts.**

**Organisation générale.** — On a adopté la commande par groupes :

- a) Pour la série des pilons à courroie, la

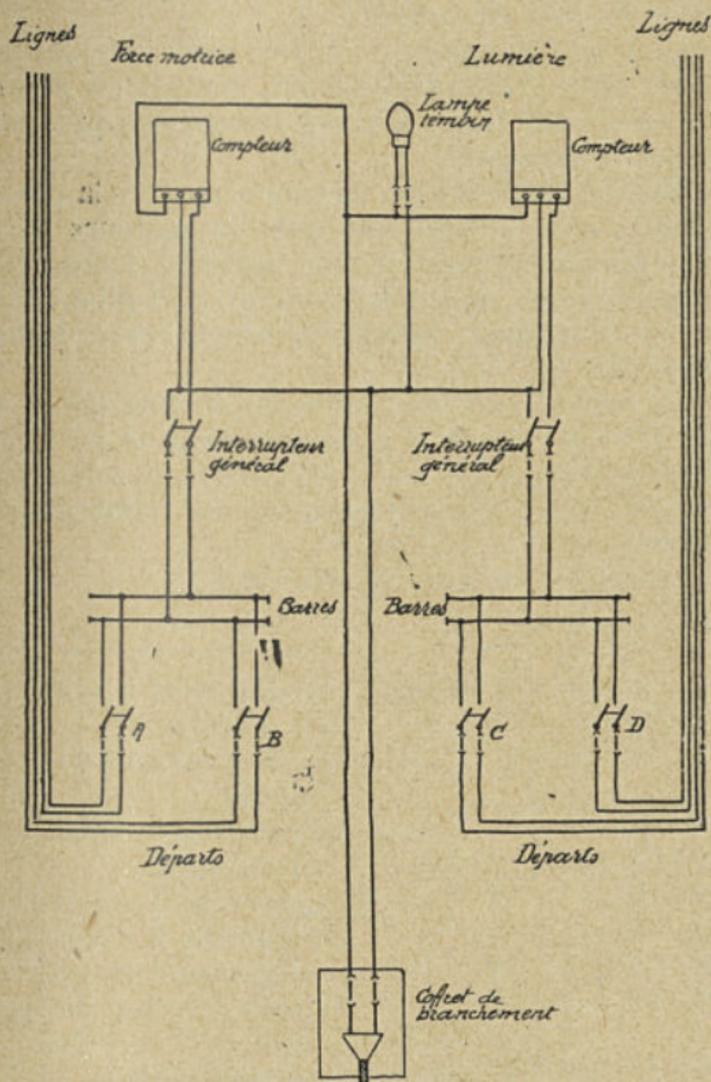


FIG. 5. — Tableau continu deux fils.

transmission ayant dans ce cas l'avantage de jouer le rôle de volant;

b) Pour la salle n° 2 des machines-outils, cette salle étant destinée au travail en série, de sorte que les machines travaillent presque toujours ensemble.

Dans tous les autres cas, on a préféré la commande individuelle, soit que les moteurs doivent être à vitesse variable (salle n° 1 des machines-outils), soit que le travail soit plus irrégulier (outillage, presses à excentrique, montage) (fig. 6).

La répartition des moteurs sur les lignes a été faite de façon à respecter le plus possible l'indépendance des ateliers, sans pour cela augmenter d'une façon exagérée le nombre des lignes.

Les moteurs sont les suivants :

N <sup>os</sup>	moteur		
1	10 kw.	actionne	un meuleton à sable.
2	20 —	—	une soufflerie.
3	10 (max.)	—	un pont roulant de fonderie.
4	40 kw.	—	la pompe de presse hydraulique.
5	5 —	—	une presse à excentriq.
6	5 —	—	une presse à excentriq.
7	5 —	—	une presse à excentriq.
8	50 —	—	la transmission des pilons.
9	15 —	—	un compresseur.
10	3 —	—	une cisaille.
11	15 —	—	une raboteuse.
12	10 —	—	un tour en l'air.
13	15 —	—	un tour vertical.

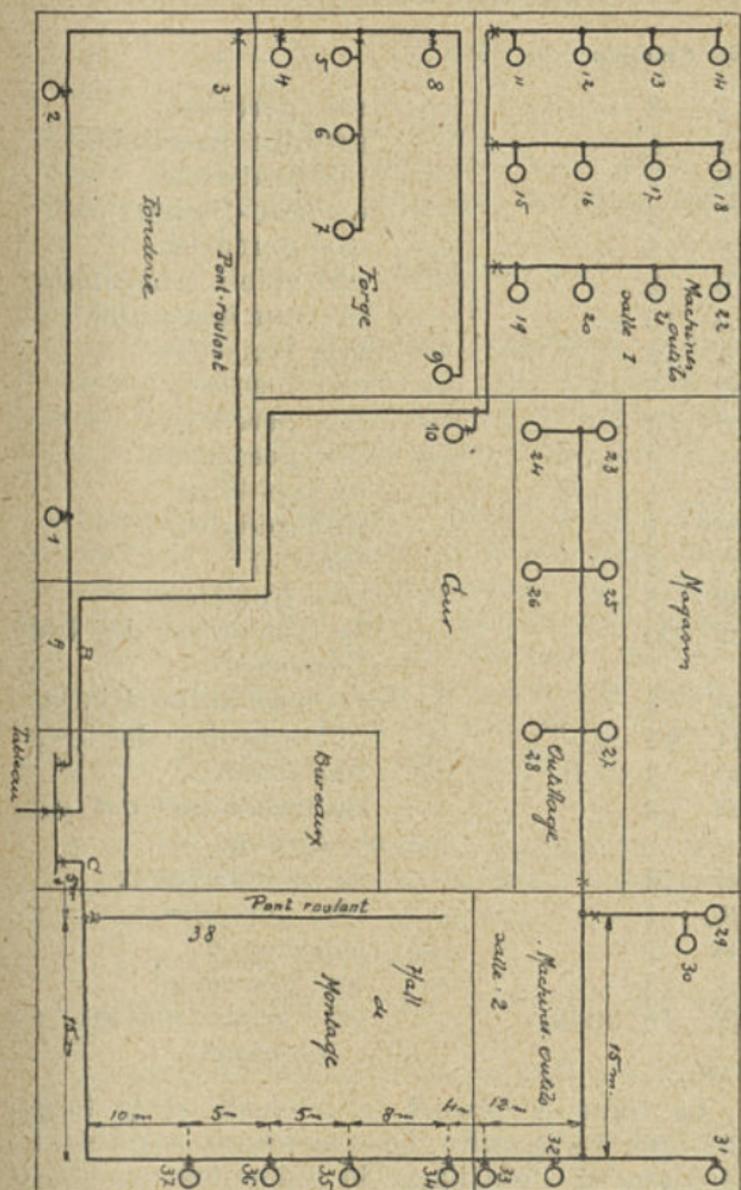


Fig. 6. — Installation d'un atelier de grosse construction mécanique sur secteur continu trois fils.  
Répartition des moteurs.

N <sup>os</sup>	moteur		
14	8	—	— une perceuse.
15	5	—	— un tour parallèle.
16	5	—	— une fraiseuse.
17	3	—	— un étau-limeur.
18	3	—	— une perceuse.
19	2	—	— une scie à tronçonner.
10	15	—	— un tour à rectifier.
21	10	—	— une fraiseuse.
22	5	—	— une meule.
23	2	—	— une perceuse.
24	2	—	— une perceuse.
25	1	—	— un lapidaire.
26	1	—	— un lapidaire.
27	2	—	— un tour.
28	3	—	— une fraiseuse.
29	20	—	— la transmiss <sup>n</sup> des frai- seuses.
30	5	—	— un tour automatique.
31	15	—	— la transmiss <sup>n</sup> des tours.
32	2	—	— une meule.
33	5	—	— la transmiss <sup>n</sup> des per- ceuses.
34	15	—	— un compresseur.
35	1	—	— une perceuse.
36	3	—	— une meule.
37	3	—	— une perceuse.
38	10 (max.)	—	— un pont roulant du montage.

La ligne A dessert la fonderie et la forge; la ligne B, la salle des machines-outils n° 1; la ligne C, l'outillage, la salle des machines-outils n° 2, le hall de montage.

On se reportera à la figure 6.

L'éclairage est pris entre le neutre et chacun

des fils de ligne. Il est réparti en 4 lignes de la façon suivante :

Ligne D : fonderie et forge;

Ligne E : salle des machines-outils n° 1;

Ligne F : magasin, outillage, bureaux, cour, ligne de nuit;

Ligne G : salle des machines-outils n° 2, montage.

On a réalisé un éclairage général au moyen de foyers à incandescence du type 1/2 watt, de grande puissance (500, 200 et 100 bougies). Chaque lampe est munie d'un coupe-circuit.

**Organisation du tableau.** — Etant donnée l'importance de l'installation, il a été jugé utile de donner plus de développement au tableau, de réaliser une protection efficace des départs par des automatiques, de disposer quelques appareils de mesure, afin de pouvoir se rendre compte facilement de la répartition de la puissance sur les différents ateliers (fig. 7).

Le tableau comprend :

Le coffret de branchement du secteur, avec fusibles. Sur le fil neutre, le fusible est remplacé par une barrette en cuivre;

Sur le panneau force motrice :

1 compteur continu 2 fils, 230 volts, 500 ampères;

1 ampèremètre général force motrice, monté sur shunt;

1 interrupteur général, avec fusibles 500 ampères;

1 jeu de barres;

3 départs, comprenant chacun :

Ampèremètre sur shunt (300, 120, 175);

Disjoncteur à maxima et manque de tension (mêmes intensités respectives);

Sur le panneau lumière :

1 voltmètre 150 volts, avec commutateur unipolaire à 2 directions;

1 lampe de phase 230 volts;

1 jeu de fusibles de protection 1 ampère;

1 compteur continu 3 fils  $2 \times 115$  volts, 75 ampères;

2 ampèremètres d'équilibrage (75 ampères);

1 interrupteur général, avec fusibles (75 ampères). Sur le fil neutre, le fusible est remplacé par une barrette en cuivre;

1 jeu de barres;

4 départs constitués chacun par 1 interrupteur bipolaire à fusibles pour 45, 30, 15 et 60 ampères.

La répartition des départs sur les ponts a été faite de façon à avoir 75 ampères sur chaque pont.

**Calcul de la chute de tension maxima en bout de la ligne C.** — Supposons que la ligne soit chargée au maximum (ce qui ne se produira jamais, d'ailleurs).

La ligne est constituée en câble de  $150 \text{ mm}^2$ , ayant une résistance de 0,1 ohm/km.

Première section : de 5 m. du tableau à la dérivation du pont roulant :

Puissance transportée : 90 kw., soit 390 ampères;

Chute de tension :

$$0,1 \times \frac{5}{1.000} \times 390 = 0,195 \text{ volts.}$$

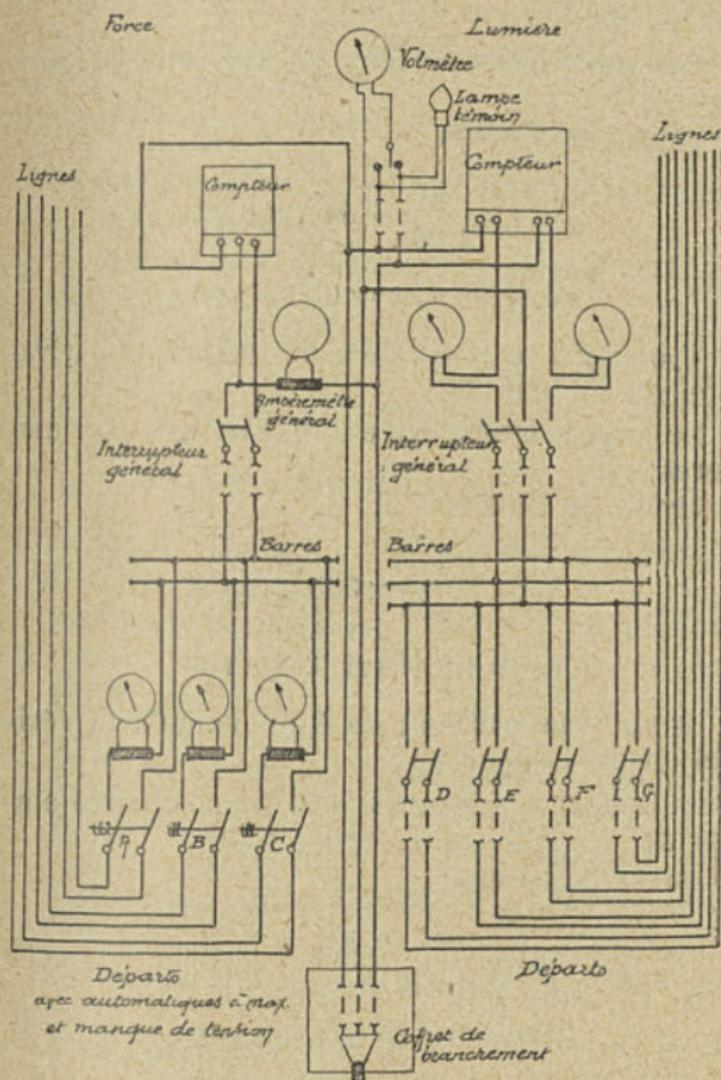


FIG. 7. — Tableau de distribution continu trois fils.

Deuxième section : de 15 m. jusqu'à la dérivation du moteur 37 :

Puissance transportée : 80 kw., soit 347 ampères;

Chute de tension :

$$0,1 \times \frac{15}{1.000} \times 347 = 0,52$$

$$0,195 + 0,52 = 0,715 \text{ volt.}$$

Troisième section : de 5 m. jusqu'à la dérivation du moteur 36 :

Puissance transportée : 77 kw., soit 335 ampères;

Chute de tension :

$$0,1 \times \frac{5}{1.000} \times 335 = 0,168$$

$$0,715 + 0,168 = 0,883 \text{ volt.}$$

Quatrième section : de 5 m. jusqu'à la dérivation du moteur 35 :

Puissance transportée : 74 kw., soit 320 ampères;

Chute de tension :

$$0,1 \times \frac{5}{1.000} \times 320 = 0,160$$

$$0,883 + 0,160 = 1,043 \text{ volts.}$$

Cinquième section : de 8 m. jusqu'à la dérivation du moteur 34 :

Puissance transportée : 73 kw., soit 318 ampères;

Chute de tension :

$$0,1 \times \frac{8}{1.000} \times 318 = 0,255$$

$$1,043 + 0,255 = 1,298 \text{ volts.}$$

Sixième section : de 4 m. jusqu'à la dérivation du moteur 33 :

Puissance transportée : 58 kw., soit 252 ampères;

Chute de tension :

$$0,1 \times \frac{4}{1.000} \times 252 = 0,100$$

$$1,298 + 0,100 = 1,398 \text{ volts.}$$

Septième section : de 12 m. jusqu'à la dérivation des moteurs 32 et 31 :

Puissance transportée : 53 kw., soit 230 ampères;

Chute de tension :

$$0,1 \times \frac{15}{1.000} \times 230 = 0,277$$

$$1,398 + 0,277 = 1,675 \text{ volts.}$$

Huitième section : de 15 m. jusqu'à la dérivation des moteurs 29 et 30 :

Puissance transportée : 36 kw., soit 156 ampères;

Chute de tension :

$$0,1 \times \frac{12}{1.000} \times 156 = 0,234$$

$$1,675 + 0,234 = 1,909 \text{ volts.}$$

La chute de tension est inférieure à 2 volts; c'est un excellent résultat, d'autant plus qu'on n'a, à dessein, pas tenu compte du coefficient d'utilisation de l'ensemble des moteurs commandés par cette ligne, moteurs qui, en réalité, ne fonctionneront jamais tous ensemble à pleine charge.

On pourrait recommencer ce calcul pour chaque ligne.

Nous pourrions de même calculer la *perte d'énergie* par effet Joule: il suffirait dans chaque section de multiplier la chute de tension par l'intensité. Par exemple pour la ligne C :

$$(0,195 \times 390) + (0,52 \times 347) + (0,168 \times 335) \\ + (0,160 \times 320) + (0,255 \times 318) + (0,1 \times 252) \\ + (0,277 \times 230) + (0,234 \times 156) = 570 \text{ watts.}$$

Soit 570 watts sur 90.000. C'est très peu de chose.

**Exemples de spécification de matériel.** — Soit à donner la spécification du moteur n° 2 (soufflerie de la fonderie) :

Moteur à courant continu à excitation shunt, 230 volts, 20 kw. (27,2 chevaux), service continu, refroidissement naturel, 1.000 tours/minute, carcasse demi-fermée, avec rhéostat de démarrage pour démarrage en charge, avec plateau d'accouplement suivant dessin joint à la commande, boulons de fondations, paliers à bagues; le constructeur devra garantir :

Une chute relative de vitesse de moins de 4 p. 100 entre la marche à vide et la marche en charge;

Un rendement de 86 p. 100 en charge normale;

Conditions de rigidité diélectrique et d'échauffement de l'*Union des Syndicats de l'Electricité*;

Commutation sans étincelles, pour toutes charges comprises entre la marche à vide et la marche en charge, à calage fixe des balais;

Une élévation de vitesse de 20 p. 100 pendant 15 minutes, sans déformation apparente;

Couple maximum : 1,5 fois le couple normal.

Dans toutes ces conditions, quelques-unes sont particulièrement importantes : ainsi, dans le cas qui nous occupe, on devra s'intéresser surtout à l'échauffement, puisque le moteur peut être amené à faire un service très dur, étant placé non loin du cubilot, c'est-à-dire dans un local dont la température pourra être élevée.

Soit maintenant à donner la spécification du moteur n° 9 (compresseur de la fonderie).

Nous savons comment fonctionne un compresseur : il se met en charge lorsque la pression baisse dans la bouteille, puis tourne à vide lorsque la pression nécessaire est obtenue. Le service est donc intermittent, et les marches à vide fréquentes, il faudra chercher à avoir un bon rendement aux faibles charges. Nous supposons que le compresseur soit exposé aux poussières de sable de la fonderie, ce qui exigera un mode de protection particulier.

Moteur à courant continu à excitation dérivation, 230 volts, 15 kw. (20,4 chevaux), service discontinu, 5 minutes de marche en pleine charge, suivies de 5 minutes de marche à 1/4

de charge et ainsi de suite, refroidissement naturel, 850 tours/minute, carcasse fermée, avec rhéostat en série pour démarrage à  $1/4$  de charge, avec poulie de  $400 \times 200$ , tendeurs, glissières et boulons, graissage par 2 paliers à bague.

Le constructeur garantira :

Une chute relative de vitesse entre la marche à vide et la marche en charge, inférieure à 3 p. 100 ;

Un rendement de 60 p. 100 à  $1/4$  de charge, 78 p. 100 à  $2/4$  de charge, 83 p. 100 à  $3/4$  et 85 p. 100 à  $4/4$  ;

Conditions de rigidité diélectrique et d'échauffement de l'*Union des Syndicats* ;

Calage fixe des balais, pas de nécessité de polissage ni d'entretien pendant 10 heures de marche consécutives ;

Emballement, 20 p. 100 pendant 15 minutes ;

Couple maximum de 1,5 fois le couple normal.

### **3. Installation d'un atelier de tissage de soieries sur secteur triphasé basse tension 200 volts avec fil neutre.**

Organisation générale. — On a adopté la commande individuelle, afin de débarrasser complètement les ateliers des transmissions qui les auraient inutilement encombrés, et en raison de l'irrégularité saisonnière du travail, qui permet rarement de faire marcher tous les métiers simultanément. Les moteurs sont les suivants :

N <sup>os</sup> 1 à 4.	Moteur de 0,3 kw.	(dévideuses)
5 à 8.	— 0,5	(bobineuses)
9 à 14.	— 0,5	(ourdissoirs)
15 à 20.	— 0,75	(canetières)
21 à 84.	— 0,75	(métiers à tisser)

La répartition des moteurs sur les lignes est organisée de la façon suivante (fig. 8) :

Ligne A. Alimente la salle de préparation (dévidage, bobinage, ourdissage, canetage);

Ligne B. Alimente les deux travées sud du grand hall de tissage;

Ligne C. Alimente les deux travées nord du grand hall de tissage.

Les moteurs sont répartis par 2 ou 3 sur une même dérivation, disposée perpendiculairement aux lignes.

La lumière est prise entre neutre et phases et comporte 5 lignes (fig. 9) :

La ligne D alimente la préparation;

La ligne E éclaire 3 rangées de métiers;

La ligne F éclaire 3 rangées de métiers;

La ligne G éclaire les bureaux et magasins, ainsi que les lampes de nuit;

La ligne H éclaire les deux rangées de métiers les plus éloignées.

Les métiers sont éclairés de la façon suivante :

Des lignes principales ou artères longitudinales alimentent des lignes tendues dans toute la largeur de l'atelier; au-dessus de chaque métier est faite une dérivation alimentant deux lampes, l'une en avant, l'autre en arrière du métier, et qui peuvent être allumées l'une ou l'autre par le jeu d'un commutateur. Un coupe-circuit fusible protège la dérivation.

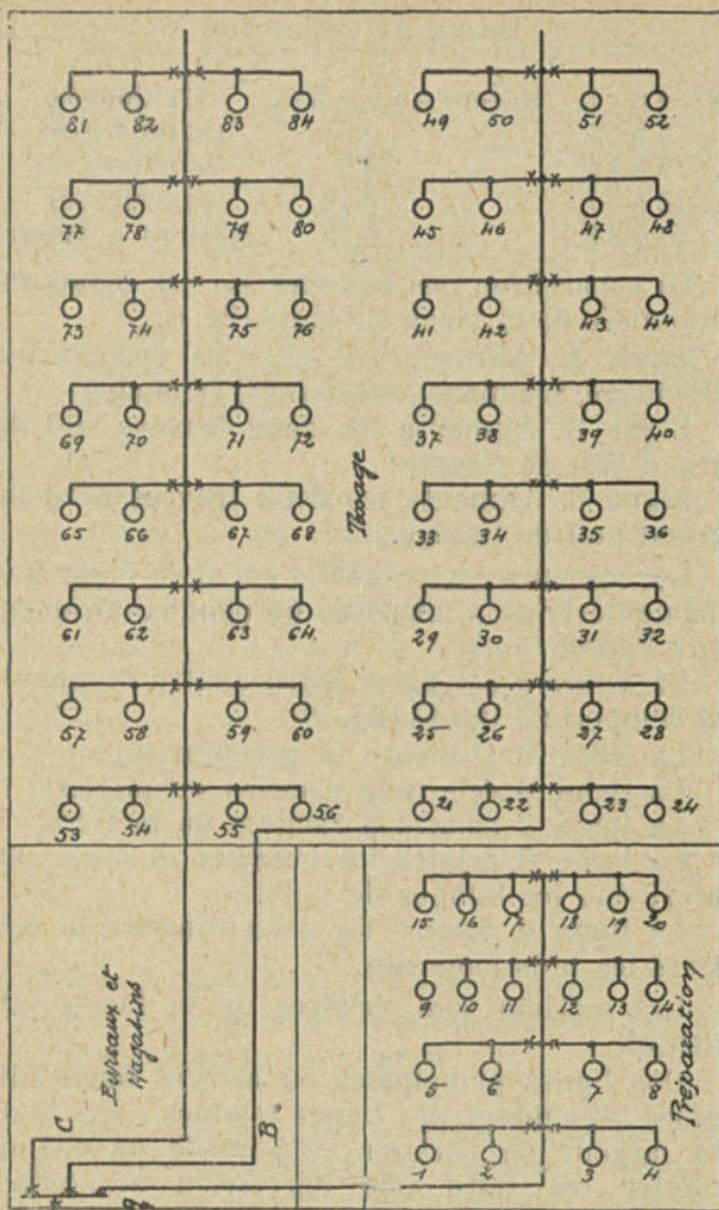


FIG. 8. — Installation d'un atelier de tissage de soieries sur secteur triphasé avec fil neutre. Répartition des moteurs.

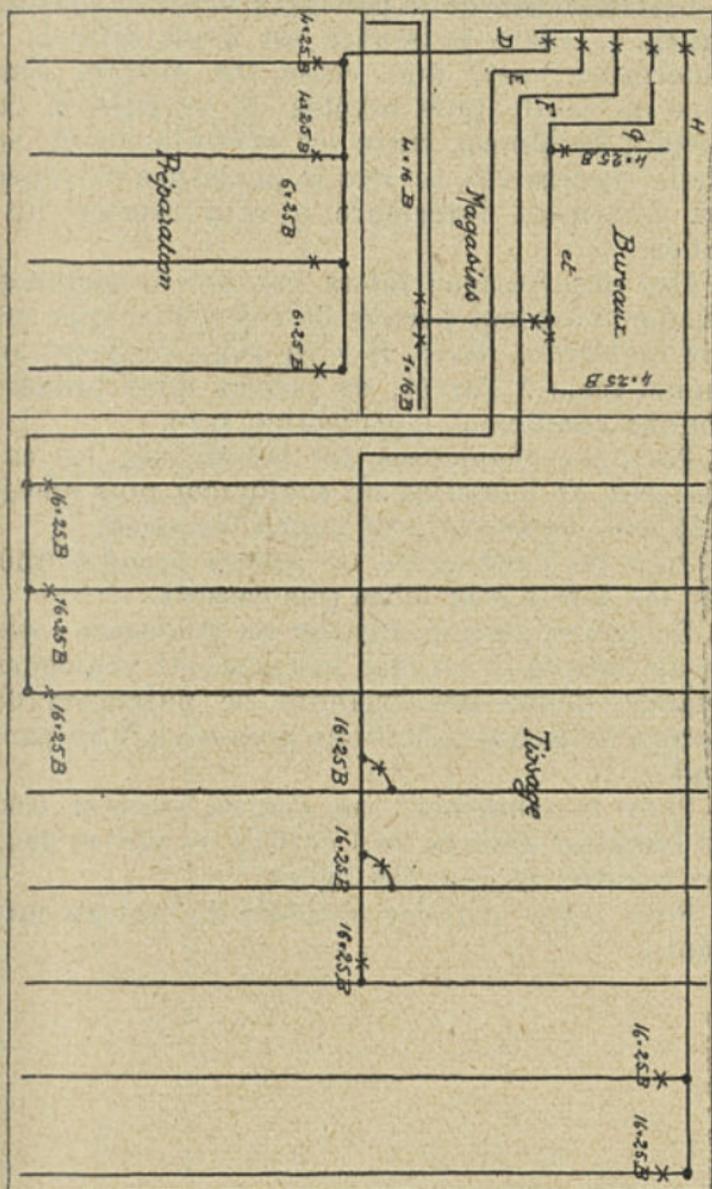


FIG. 9. — Répartition des lignes lumière.

**Détermination de la puissance totale de l'installation.** — Cette puissance est assez difficile à déterminer, car, sans cesse les métiers sont mis en route, puis arrêtés. Il se produit un certain battement entre les arrêts et mises en route successives, tel que la puissance moyenne est fortement inférieure à la puissance installée.

Des observations faites sur une installation analogue avaient permis de remarquer que sur dix métiers à tisser, il y en avait toujours au moins trois à l'arrêt; on pourra donc prendre comme coefficient d'utilisation 0,70.

Pour les dévideuses, les bobineuses, les canetières, on admettra un coefficient plus élevé: 0,85, car les arrêts sont moins fréquents.

Pour les ourdissoirs, on pourra prendre 0,50, car les arrêts sont longs (fils cassés).

De même pour le facteur de puissance: des essais effectués sur des installations analogues avaient donné des facteurs de puissance de l'ordre de 0,55 à 0,60. Nous prendrons 0,55 partout.

Pour le rendement, on pourra compter 0,60 en bloquant dans ce seul chiffre les pertes dans les moteurs et dans les lignes.

Nous avons alors les résultats du tableau suivant :

Ligne	Moteurs	Puissance installée en kw.	Puissance aux bornes	Puissance moyenne	Puissance apparente en kva.
	1 à 8 et 15 à 20	7,7	12,8	10,8	19,6
	9 à 14	3	5	3	5,5
A		10,7	17,8	13,8	25,1
B	21 à 52	24	40	28	51
C	53 à 84	24	40	28	51
Total force motrice		58,7	97,8	69,8	127,1

Pour l'éclairage, on devra tenir compte du nombre total de lampes, sauf pour les lampes des métiers, qui sont groupées par deux sur un même commutateur, et qui ne sont pas allumées deux ensemble :

Ligne D. 20 lampes de 25 boug...	650 watts
Ligne E. 48/2 lampes de 25 boug.	800 —
Ligne F. 48/2 lampes de 25 boug.	800 —
Ligne G. 8 lampes de 25 bougies et 5 de 16 .....	375 —
Ligne H. 32/2 lampes de 25 boug.	525 —
	<hr/>
Total éclairage .....	3.150 watts

**Organisation du tableau.** — Le tableau présente sensiblement les mêmes dispositions que notre exemple N° 1. On n'a prévu que les appareils indispensables et compatibles avec une installation économique (fig. 10).

Il comprend :

Coffret de branchement du secteur avec fusibles pour 375 ampères;

1 compteur triphasé non équilibré 200 volts, 10 ampères, 50 périodes, monté sur transformateurs d'intensité 400/10 ampères;

1 compteur triphasé 4 fils, 200 volts, 10 ampères, 50 périodes;

1 interrupteur général force motrice avec fusibles pour 375 ampères;

1 interrupteur général lumière avec fusibles pour 10 ampères. Sur le fil neutre, fusible remplacé par une barrette en cuivre;

1 jeu de barres pour la force motrice;

1 jeu de barres pour la lumière;

3 départs force motrice comportant chacun

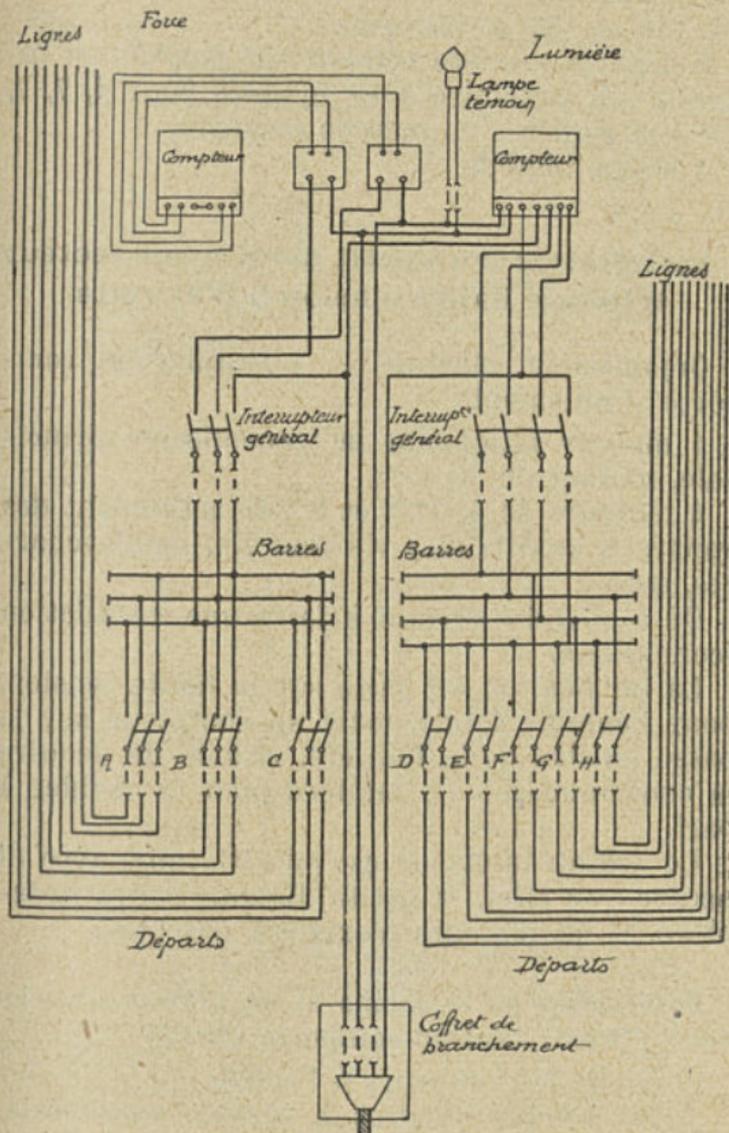


FIG. 10. — Tableau de distribution triphasé.

un interrupteur tripolaire avec fusibles pour 75, 150 et 150 ampères;

5 départs lumière comportant chacun un interrupteur bipolaire avec fusibles pour 6, 7, 7, 3,5 et 5 ampères en marche normale;

1 lampe témoin.

#### **4. Installation d'un petit moulin sur secteur triphasé haute tension 5.000 volts**

**Organisation générale.** — L'installation comporte simplement :

1 moteur actionnant la transmission principale, moteur de 30 kw.;

4 moteurs de 5, 1, 2 et 3 kw. actionnant des appareils auxiliaires: vis sans fin, monte-charge, etc.

On a cherché surtout à faire une installation économique.

La tarification est faite sur la haute tension, pour l'énergie totale, mais un compteur sur la basse tension de la lumière, permet de déduire la consommation de lumière pour la tarifier à part.

Le réseau intérieur est en 200 volts, avec fil neutre : en effet, la petite distance entre le tableau et les moteurs n'exigeait pas plus.

**Description de la cabine et du tableau.** — La cabine haute tension comporte (fig. 11) :

1 jeu de sectionneurs à l'entrée;

1 jeu de parafoudres à cornes, avec résistance liquide et jeu de sectionneur permettant de l'isoler pour les réparations;

1 jeu de selfs de protection;

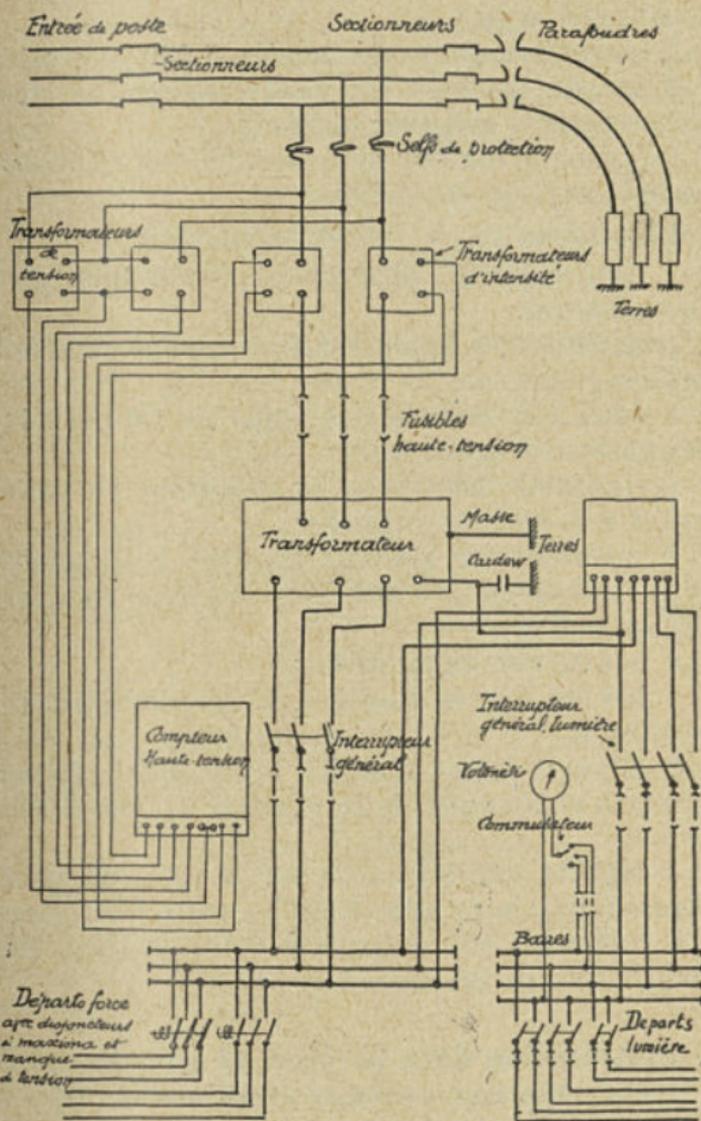


FIG. 11. — Installation d'un moulin sur secteur triphasé 5.000 volts. Tableau de distribution et poste de transformation.

2 transformateurs d'intensité 10/5 ampères pour 5.000 volts;

2 transformateurs de tension 5.000/100 volts;

1 jeu de fusibles à poignée porcelaine amovibles pour 6 ampères normal;

Le transformateur de 5.000/200 volts, 50 kva, neutre sorti au secondaire.

Le tableau basse tension comporte:

1 interrupteur général avec fusibles pour 150 ampères;

1 parafoudre basse tension Cardew entre le neutre et la terre;

1 compteur 100 volts, 5 ampères, 50 périodes, triphasé non équilibré;

1 compteur 200 volts, 10 ampères, 50 périodes, 4 fils, pour la lumière;

1 interrupteur général lumière tétrapolaire, avec fusibles pour 5 ampères; barrette en cuivre sur le neutre;

1 jeu de barres omnibus;

1 jeu de barres lumière, alimentées par ces dernières;

2 départs force motrice avec automatiques maxima et manque de tension de 110 et 30 ampères;

3 départs lumière avec sur chacun un interrupteur bipolaire avec fusibles pour 5 ampères;

1 voltmètre 150 volts avec commutateur unipolaire à 3 directions et fusibles.

##### 5. Installation d'un atelier de grosse chaudronnerie sur secteur triphasé 11.000 v. avec centrale de secours.

Organisation générale. — L'emploi de cabestans, de ponts roulants de grosse puissance et

de différents appareils de manutention exigeant une vitesse variable dans de larges limites et un couple de démarrage élevé a conduit à utiliser un réseau à courant continu. Cependant, pour les machines courantes, on emploiera du triphasé.

L'installation de secours devra permettre d'alimenter indépendamment chaque départ soit sur secteur, soit sur alternateur.

**Détermination de la puissance des machines. —**

Une étude de la puissance consommée par chaque machine et du coefficient d'utilisation des groupes de machines réunis sur les mêmes artères a conduit aux résultats suivants:

*Artère a:*

Coefficient d'utilisation.....	0,35
Rendement moyen .....	0,55
Pertes en ligne: 10 p. 100	

*Artère b:*

Coefficient d'utilisation .....	0,30
Rendement moyen .....	0,55
Facteur de puissance .....	0,40
Pertes en ligne: 5 p. 100	

*Artère c:*

Coefficient d'utilisation .....	0,70
Rendement moyen .....	0,60
Facteur de puissance .....	0,60
Pertes en ligne: 10 p. 100	

*Artère d:*

Coefficient d'utilisation .....	0,20
Rendement moyen .....	0,50
Pertes en ligne: 10 p. 100	

*Détermination de la puissance*

Artère	Equipée en	Puissance installée en kw.	Puissance aux bornes	Puissance moyenne	Puissance moyenne en lête de ligne	Puissance apparente en kva.
<b>A</b> Cisailles et poinçonneuses .....	triphasé	200	365	128	140	280
<b>B</b> Rouleuses, plieuses, presses, rivetage...	»	180	330	100	105	262
<b>C</b> Mécanique et outillage .....	»	120	200	140	154	256
<b>D</b> Ponts roulants, cabestans .....	continu	250	500	100	158	210
Ensemble .....		750			557	1008

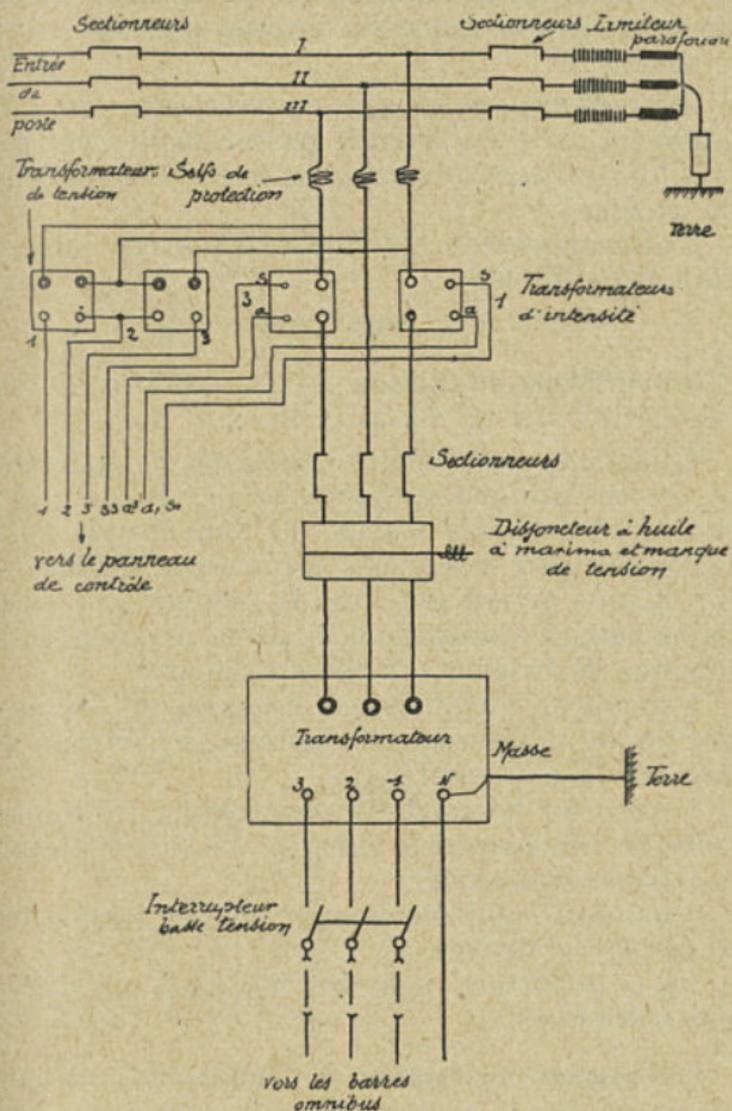


FIG. 12. — Installation d'un atelier de grosse chaudronnerie sur secteur triphasé 11.000 volts. Poste de transformation.

Rendement du groupe convertisseur.....	0,70
Facteur de puissance du groupe convertisseur .....	0,75

On prendra un groupe convertisseur de 175 à 200 kw., afin de pouvoir passer facilement les pointes, qui sont importantes avec les appareils de levage.

L'alternateur de secours devra avoir comme caractéristiques:

$$1.000 \text{ kva. sous } \cos \varphi = 0,50$$

**Organisation du tableau.** — Le tableau devra comporter (fig. 12, 13, 14 et 15) :

1 panneau des départs triphasés, comportant les barres alimentées par le transformateur du secteur, les barres venant du panneau de l'alternateur, des inverseurs permettant d'alimenter chaque artère soit avec le secteur, soit avec l'alternateur, des automatiques à maxima et à manque de tension sur chaque départ;

1 panneau convertisseur comprenant les appareils de démarrage du moteur asynchrone et ceux du départ continu;

1 panneau alternateur comprenant les appareils de réglage de la tension de l'alternateur;

1 panneau lumière;

1 panneau contrôle comportant les compteurs et les enregistreurs.

On se reportera, pour les détails, à nos différents schémas.

**Relèvement du facteur de puissance.** — Nous avons vu que le facteur de puissance était égal à 0,50.

Cela nous a obligé à employer, comme secours, un alternateur de 1.000 kva.

De plus, le secteur, que ce facteur de puissance gêne considérablement dans son exploita-

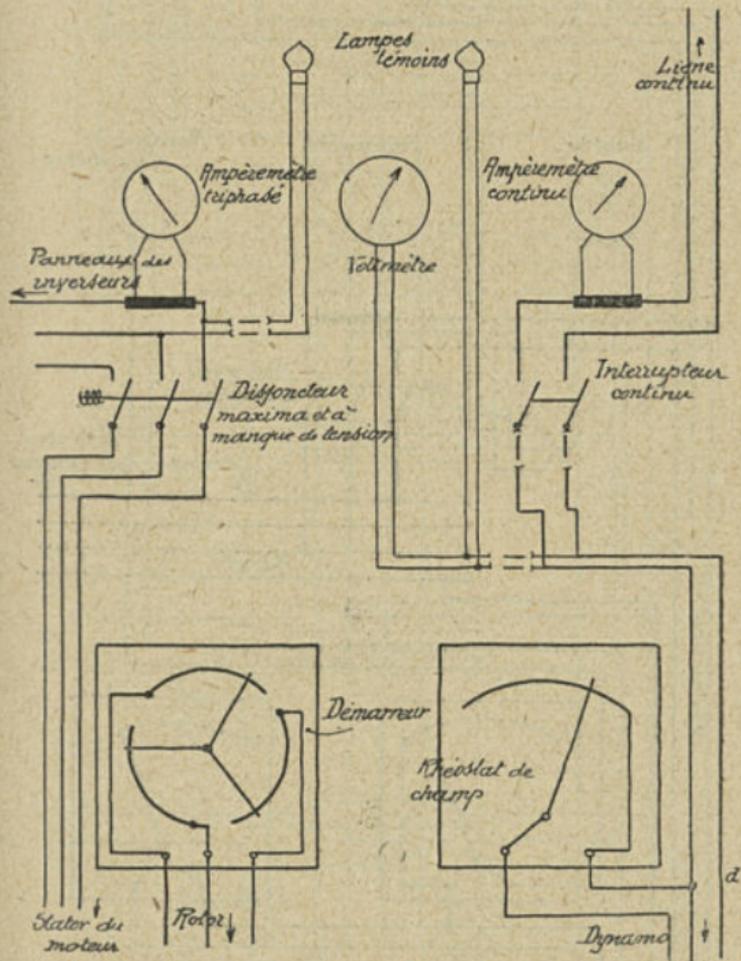


FIG. 13. — Tableau du groupe convertisseur.

tion, en limitant la puissance disponible des unités génératrices, a imposé une pénalité consistant en une augmentation du prix du kw. de

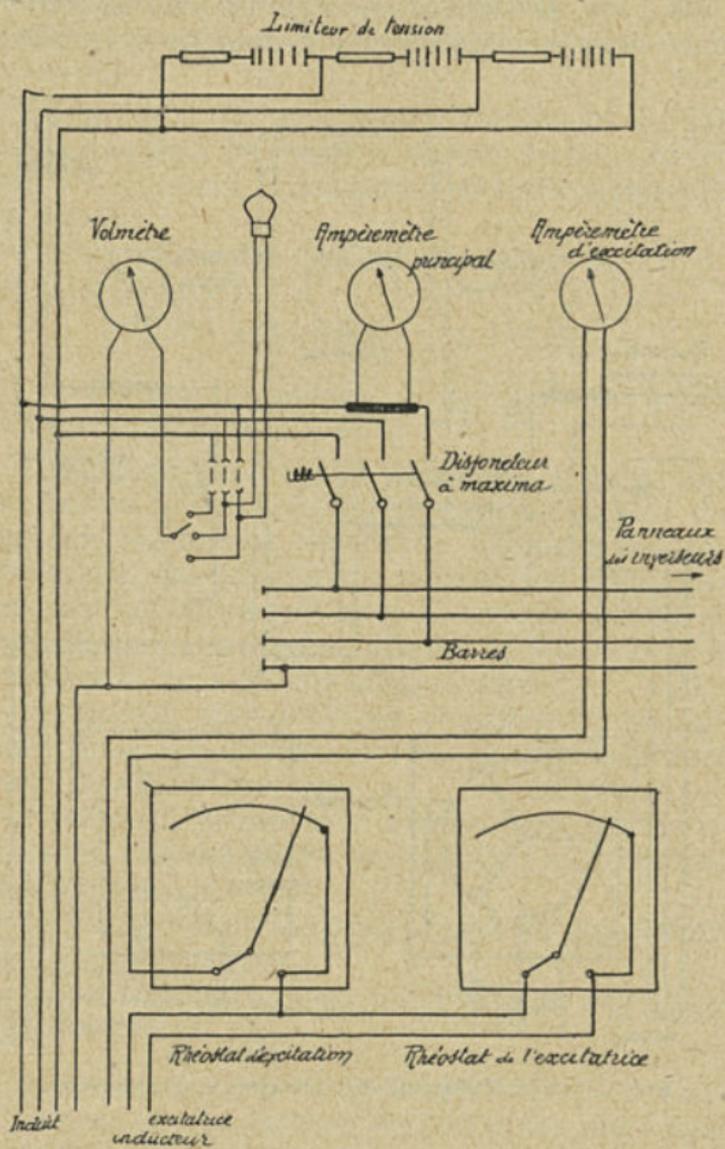


FIG. 14. — Tableau de l'alternateur de secours.

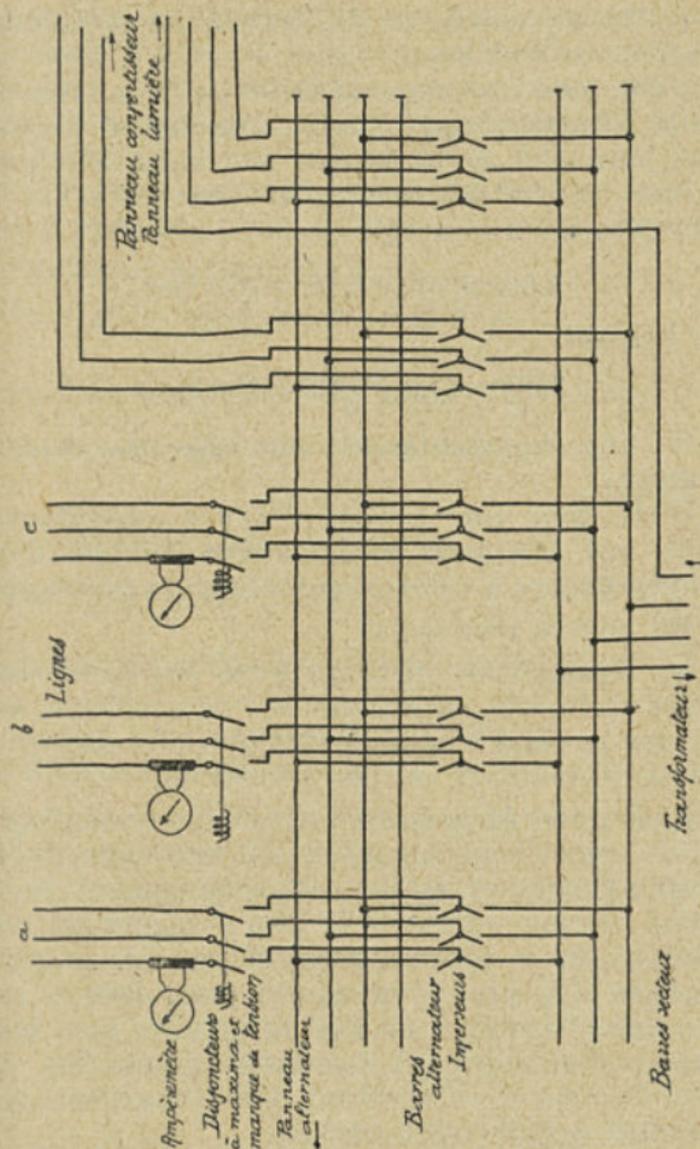


FIG. 15. — Panneaux des inverseurs permettant d'alimenter l'installation, soit sur secteur, soit sur l'alternateur de secours.

2 p. 100 par centième du facteur de puissance en-dessous de 0,80.

C'est donc une augmentation de 60 p. 100. Si nous admettons que l'usine marche 10 heures par jour, soit 3.000 heures par an, à 500 kw., et que le prix de base du kw. soit 0 fr. 10, la consommation d'énergie se facturera par :

$$3.000 \times 500 \times 0,16 = 240.000$$

au lieu de:

$$3.000 \times 500 \times 0,10 = 150.000,$$

soit une augmentation annuelle de 90.000 francs.

C'est donc une *grosse dépense supplémentaire* qui justifiera certainement l'emploi d'un moyen propre à relever ce facteur de puissance.

On pourra pour cela:

a) Equiper les moteurs avec des *condensateurs statiques*. Ce procédé est peu indiqué, ces appareils étant chers et encombrants dès qu'il s'agit de moteurs un peu puissants;

b) *Réduire la puissance* des moteurs, de façon qu'ils travaillent toujours au voisinage de la pleine charge et réaliser un groupement judicieux des machines. On le fera évidemment autant qu'on le pourra, c'est le procédé le plus logique et le plus économique, mais dans le cas qui nous occupe, il est difficile d'aller bien loin dans cette voie, les machines employées en chaudronnerie comportant inévitablement des marches à vide fréquentes;

c) Installer un *moteur synchrone surexcité*. C'est le procédé le plus approprié à l'installation en question.

Soit d'abord à installer un moteur synchrone *tournant à vide* et uniquement destiné au relèvement du facteur de puissance, sans utilisation d'énergie mécanique (condensateur synchrone).

Le régime actuel de l'installation est caractérisé par :

*Puissance active*: 557 kw.;

*Puissance apparente*: 1.008 kva.;

$$\text{Puissance réactive} = \sqrt{1.008^2 - 557^2} = 830.$$

Supposons que nous voulions avoir

$$\cos \varphi = 0,85.$$

Il faut donc arriver au régime:

*Puissance active* = 557 kw.;

$$\text{Puissance apparente} = \frac{557}{0,85} = 655 \text{ kva.};$$

$$\text{Puissance réactive} = \sqrt{655^2 - 557^2} = 345.$$

Le moteur synchrone devra pouvoir produire  $830 - 345 = 485$  unités réactives.

On prendra un moteur synchrone de 485 kva. sous  $\cos \varphi = 0$ .

Les pertes de ce moteur seront de l'ordre de 3 p. 100 de 485, soit 15 kw. (Pour être rigoureux, on aurait dû ajouter ces 15 kw. aux 557 kw. que nous avons compté comme puissance active.)

Dans le but de réduire cette dépense d'énergie, on peut aussi prendre un moteur capable de produire de *l'énergie mécanique* en même temps que de l'énergie déwattée.

On pourra par exemple remplacer le moteur asynchrone du *groupe convertisseur* par un moteur synchrone.

Le régime actuel est :

*Puissance active* = 557 kw.;

*Puissance apparente* = 1.008 kva.;

*Puissance réactive* = 830.

Le régime du moteur asynchrone du groupe convertisseur est :

*Puissance active* = 158 kw.;

*Puissance apparente* = 210 kva.;

*Puissance réactive* =  $\sqrt{210^2 - 158^2} = 138$ .

Le régime sans le moteur asynchrone serait donc :

*Puissance active* = 557 — 158 = 399 kw.;

*Puissance réactive* = 830 — 138 = 692.

Pour arriver au régime correspondant à  $\cos \varphi = 0,85$ , soit :

*Puissance active* = 557 kw.;

*Puissance apparente* = 655 kva.;

*Puissance réactive* = 345.

Il faut un moteur synchrone qui donne :

*Puissance active* : 158 kw.;

*Puissance réactive* = 692 — 345 = 347.

Soit :

*Puissance apparente* :  $\sqrt{158^2 + 347^2} = 382$  kva.

Soit  $\cos \varphi = 0,44$ .

C'est un moteur de 382 kva. sous  $\cos \varphi = 0,44$ .

En pratique, il faudrait tenir compte des pertes.

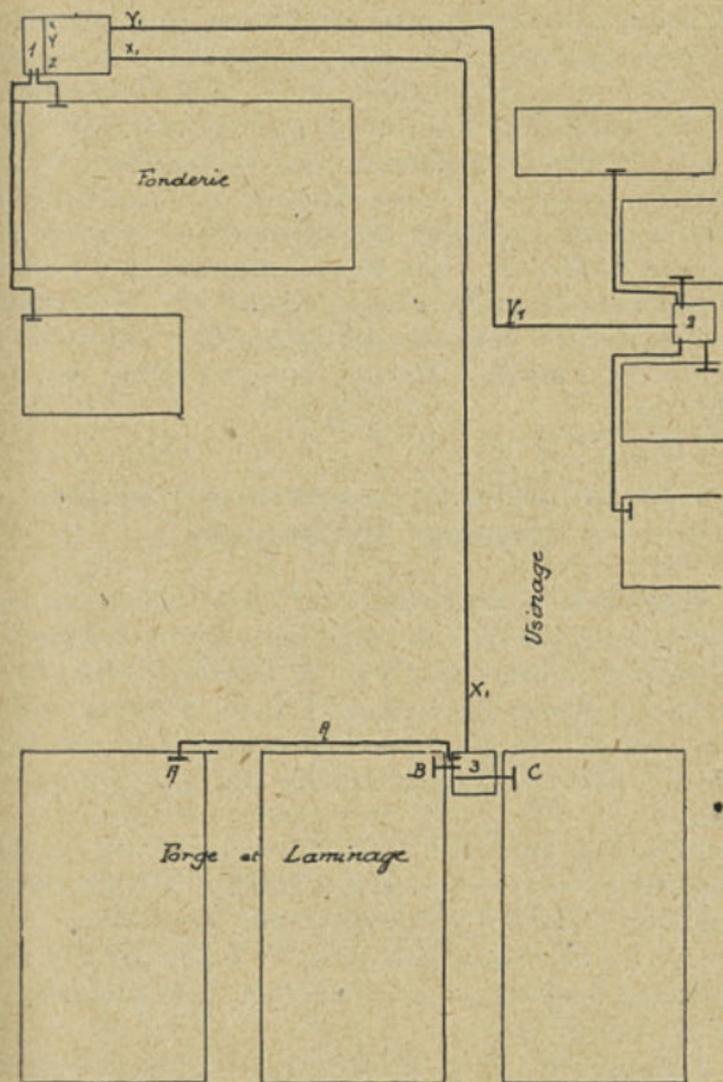


FIG. 16. — Installation d'une aciérie sur secteur triphasé 15.000 volts. Schéma de la répartition des lignes.

On prendra un moteur un peu plus puissant et muni d'amortisseurs largement calculés, car le réseau continu est sujet à des *à-coups* assez violents qui risqueraient de le faire décrocher.

On remarquera en tout cas ce résultat qui peut paraître paradoxal, que le moteur synchrone du groupe convertisseur n'a pas besoin d'être aussi puissant que le moteur synchrone à vide. Cela s'explique en remarquant que l'on a supprimé un moteur asynchrone qui absorbait une quantité considérable d'énergie dévattée : celui de l'ancien groupe convertisseur asynchrone.

#### 6. Installation d'une aciérie sur secteur triphasé 15.000 volts

**Organisation générale.** — L'installation comporte trois groupes de bâtiments assez éloignés : *fonderie, usinage et forge et laminage* (fig. 16).

Afin d'éviter de longues lignes à basse tension, ce qui immobiliserait beaucoup de cuivre, on a organisé la distribution de la façon suivante :

Près des bâtiments de la fonderie, un *poste général* où arrive la ligne 15.000 volts; les barres haute tension alimentent (fig. 17 et 18).

1 *poste de transformation N° 1* produisant de la basse tension pour le service des bâtiments de la fonderie :

2 *lignes X<sub>1</sub> et Y<sub>1</sub>* alimentant respectivement les *postes 2 et 3* qui produisent la basse tension nécessaire aux bâtiments de l'usinage, de la forge et du laminage (fig. 19).

Chacun des postes alimente sur la basse ten-

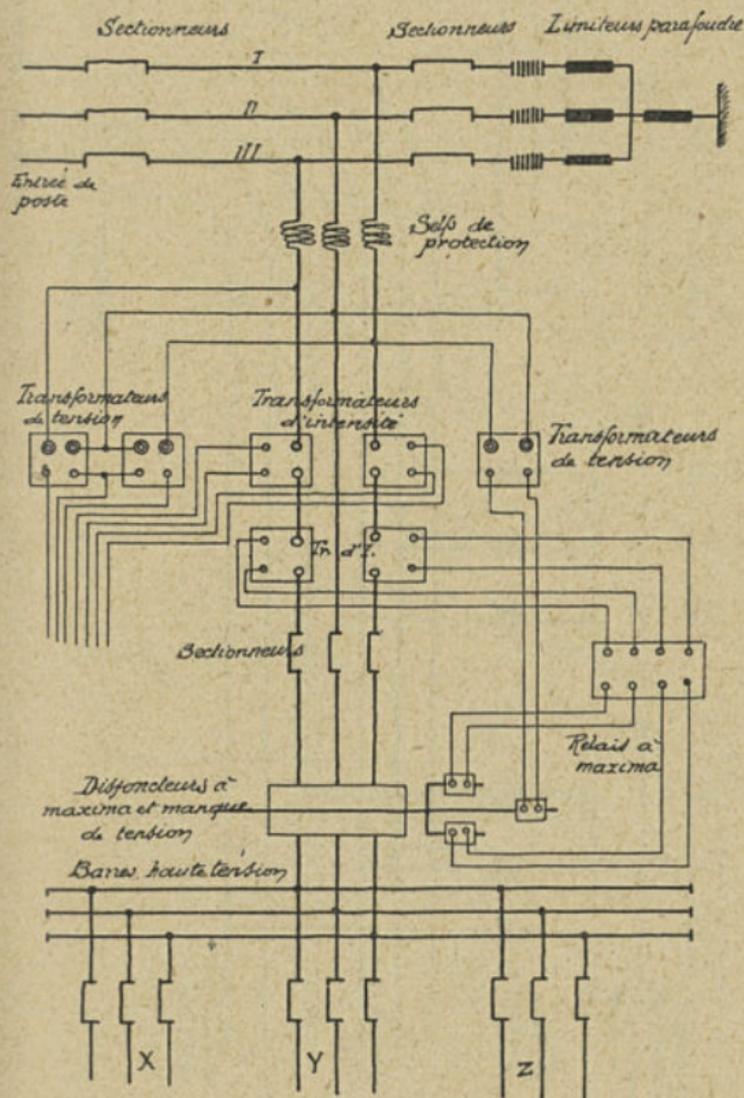


FIG. 17. — Poste de répartition haute tension.

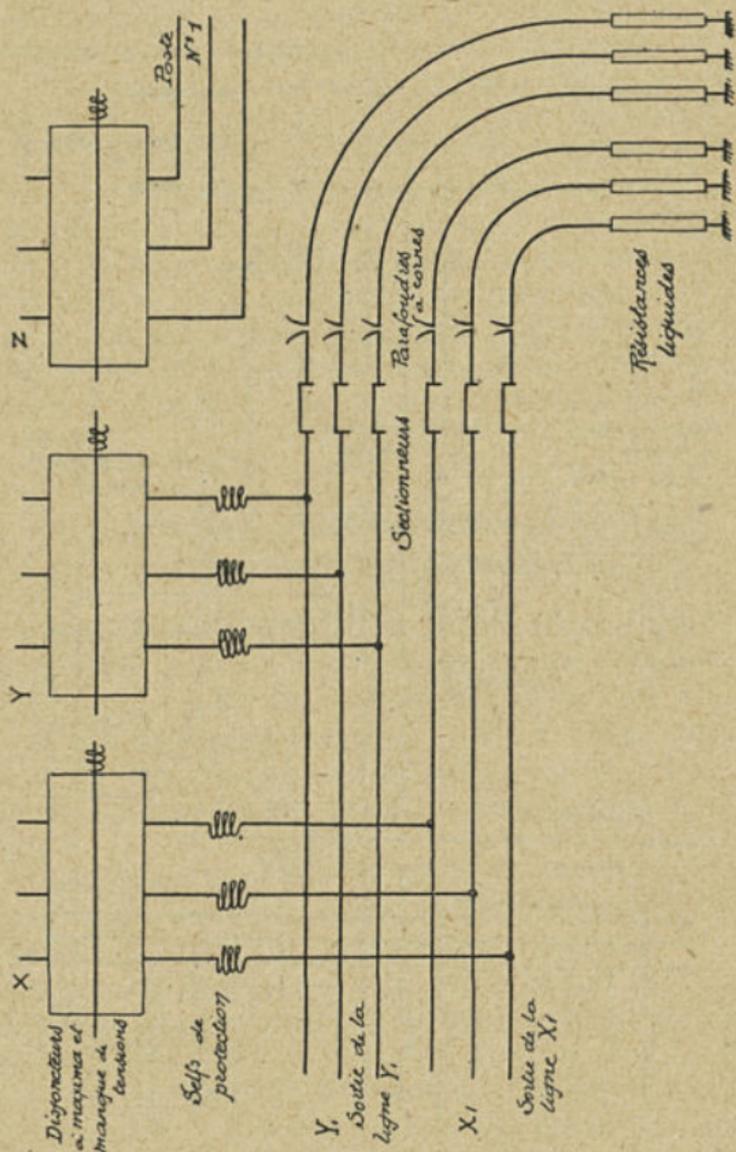


FIG. 18. — Poste de répartition haute tension ;  
sortie des lignes.

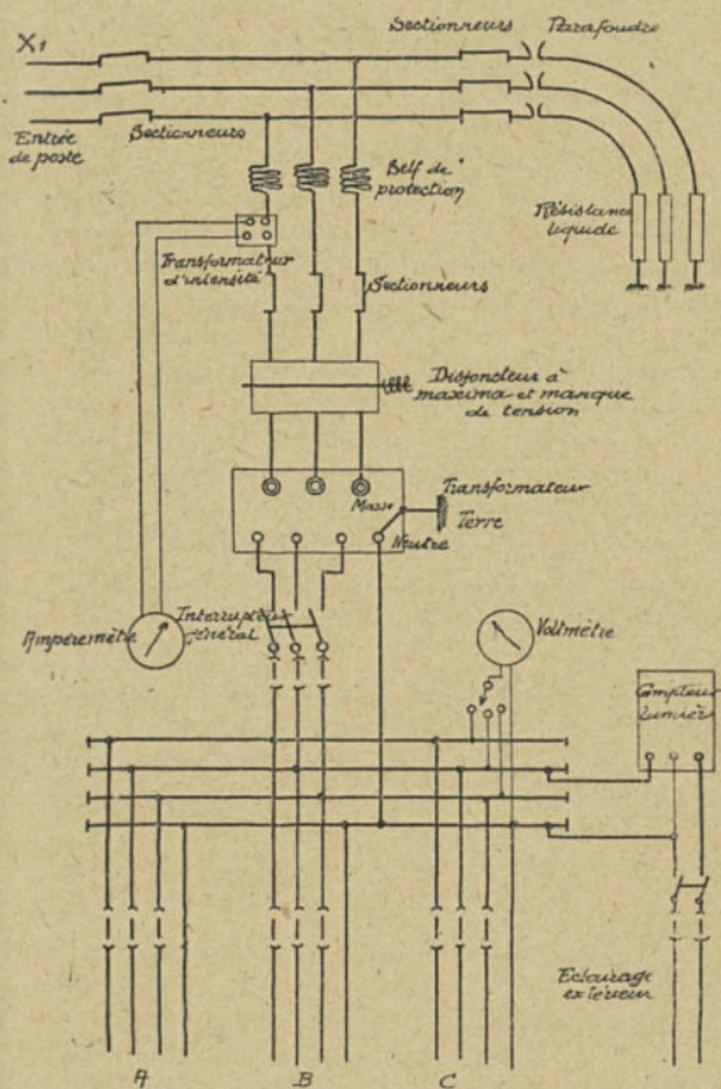


FIG. 19. — Poste de transformation, avec tableau des départs des lignes basse tension.

sion plusieurs lignes triphasées telles que A, B, C dont chacune dessert *un bâtiment*, ainsi qu'une ligne lumière pour l'éclairage extérieur.

Dans chaque bâtiment se trouve un *petit tableau* répartissant la force et la lumière en plusieurs lignes (fig. 20).

On observe ainsi le principe de l'indépendance des circuits sans tomber dans une trop grande complication de lignes, comme si toutes les lignes partaient d'un poste principal.

**Calcul des sections.** — Nous allons à titre d'exemple calculer la section de la ligne X<sub>1</sub>, en lui supposant une longueur de 600 mètres et en admettant qu'elle doit transporter 1.000 kw. sous  $\cos \varphi = 0,65$ .

On s'imposera les conditions suivantes :

*Chute de tension inférieure* à 2 p. 100;

*Perte de puissance par effet Joule inférieure* à 2 p. 100.

On tiendra compte de la *réactance* de la ligne.

La puissance nécessaire au poste 3 est de 1.000 kw. sous  $\cos \varphi = 0,65$ , soit une puissance apparente de :

$$\frac{1.000}{0,65} = 1.540 \text{ kva.}$$

La puissance réactive correspondante est :

$$\sqrt{1.540^2 - 1.000^2} = 1.170.$$

En supposant que la tension soit exactement 15.000 volts, l'intensité a pour valeur :

$$\frac{1.540 \times 1.000}{15.000 \times 1,73} = 59 \text{ ampères.}$$

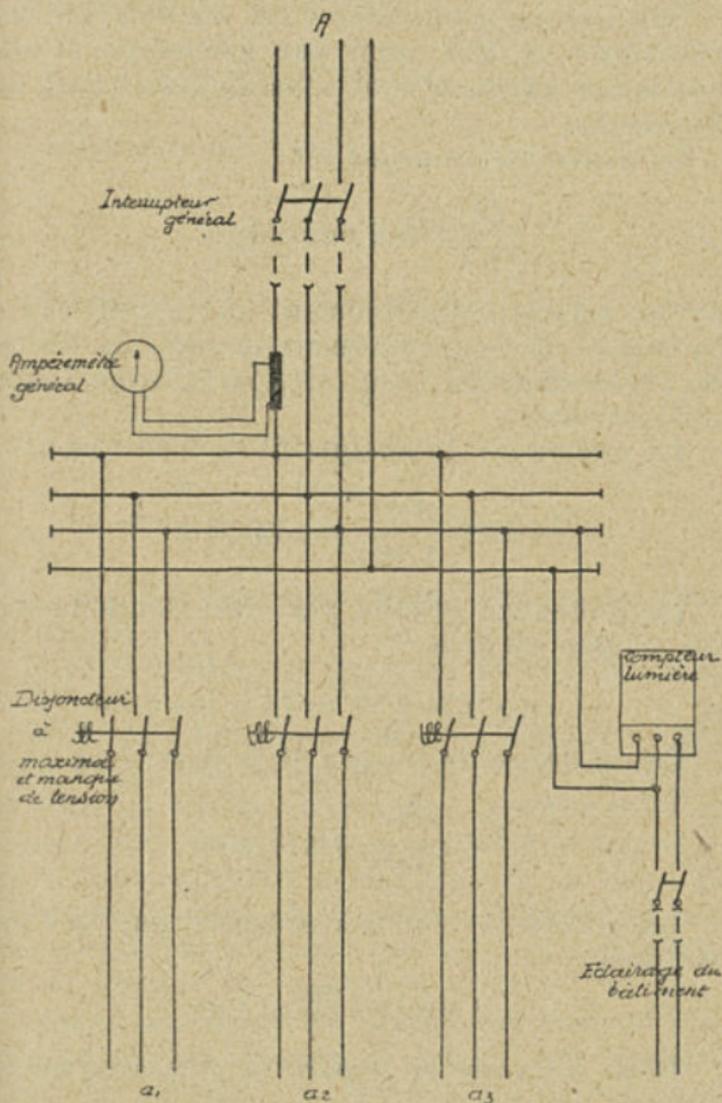


FIG. 20. — Tableau de distribution pour un atelier alimenté par une ligne venant d'un poste de transformation.

Soit une ligne en câble 7 fils 16/10 ayant une résistance de 1,23 ohm par kilomètre et une section de 14,1 mm<sup>2</sup>, une réactance de 0,3 ohms/kilomètre.

La densité de courant est :

$$\frac{59}{14,1} = 4,2 \text{ amp./mm}^2,$$

ce qui satisfait sensiblement aux conditions de la densité de courant, relativement aux limites de l'échauffement (chap. III, paragraphe 8, conducteurs nus).

La résistance de chaque fil de ligne est :

$$1,23 \times \frac{600}{1.000} = 0,74 \text{ ohm.}$$

La puissance perdue par effet Joule le long de la ligne est donc :

$$3 \times 0,74 \times \overline{59}^2 = 7,75 \text{ kw.}$$

La réactance de chaque fil de ligne est :

$$0,3 \times \frac{600}{1.000} = 0,18 \text{ ohm.}$$

La puissance réactive absorbée par la ligne est donc :

$$3 \times 0,18 \times \overline{59}^2 = 1,87.$$

Donc, au poste de départ, la puissance active est :

$$1.000 + 7,75 = 1.007,75 \text{ kw.}$$

La puissance réactive :

$$1.170 + 1,87 = 1.171,87$$

La puissance apparente :

$$\sqrt{1.007,75^2 + 1.171,87^2} = 1.547 \text{ kva.}$$

La tension est alors :

$$\frac{1.547}{59 \times 1,73} = 15.150.$$

Soit une chute de tension de :

$$\frac{15.150 - 15.000}{15.000} = 1 \text{ p. } 100.$$

La perte de puissance est :

$$\frac{1.007,75 - 1.000}{1.000} = 0,775 \text{ p. } 100.$$

La section que nous avons admise est donc suffisante.

Nous pouvons mettre ce calcul sous la forme d'un tableau.

C'est une forme commode à employer pour tous les calculs de lignes.

Pour les *lignes courtes*, par exemple pour les lignes intérieures d'usines, on peut se dispenser de tenir compte de la réactance de la ligne. La chute de tension et la perte d'énergie ne sont alors conditionnées que par les pertes par effet Joule, comme en courant continu.

Nous conseillons au lecteur de *refaire tous ces calculs* en changeant les valeurs numériques de données, de façon à s'y entraîner. Il pourra par exemple déterminer la chute de tension d'une ligne transportant une puissance active donnée sous un certain facteur de puissance, puis refaire le calcul avec la même puis-

	Puissance active en kw.	Puissance apparente en kva.	Puissance réactive
<p>Au poste d'arrivée :</p> $\frac{1.000}{0,65} = 1.540$ $\sqrt{1.540^2 - 1.000^2} = 1.170$ <p>Intensité : <math>\frac{1.540}{15.000 \times 1,73} = 59</math></p> <p>En ligne :</p> <p>Pertes Joule : <math>3 \times 1,23 \times \frac{600}{1.000} \times 59^2 = 7,75</math></p> <p>Puissance réactive : <math>3 \times 0,3 \times \frac{600}{1.000} \times 59^2 = 1,87</math></p>	1.000	1.540	1.170
<p>Au poste de départ :</p> $\sqrt{1.007,75^2 + 1.171,87^2} = 1.547$ <p>Tension : <math>\frac{1547}{59 \times 1,73} = 15.150</math></p>	7,75		1,87
	1.007,75	1.547	1.171,87
			15.150 volts

sance sous un facteur de puissance différent: il se rendra ainsi compte de l'influence du facteur de puissance sur la chute de tension.

**Echelle des automatiques.** — Entre l'entrée de la ligne principale et les points d'utilisation de l'énergie (moteurs) se trouvent un certain nombre d'*automatiques*; il conviendra de régler ces appareils de telle façon qu'un court-circuit ou une surcharge de chaque portion de ligne ne fasse déclancher que l'automatique qui la commande directement et non pas tous ceux qui sont en amont.

Considérons par exemple le cas suivant:

Puissance totale prise par l'installation :  
3.000 kva. ;

Ligne  $X_1$  et poste 3: 1.500 kva.;

Ligne A: 600 kva.;

Ligne  $a_1 = 300$  kva.;

1 moteur alimenté par la ligne  $a_1$ : 100 kva.

L'automatique placé directement sur le moteur sera par exemple à action instantanée pour une surcharge de 30 p. 100.

L'automatique placé en tête de la ligne  $a_1$  sera à retard de 5 secondes et fonctionnera pour une surcharge de 27,5 p. 100.

L'automatique placé en tête de la ligne A sera à retard de 10 secondes et fonctionnera pour une surcharge de 25 p. 100.

L'automatique placé en tête de la ligne  $X_1$  sera à retard de 15 secondes et fonctionnera pour une surcharge de 22,5 p. 100.

L'automatique principal de l'installation sera à retard de 20 secondes et fonctionnera pour une surcharge de 20 p. 100.

En somme, au fur et à mesure qu'on se rapproche de la source de courant, on rend les appareils plus sensibles, mais plus retardés.

Naturellement, il faut tenir compte de la *nature* des moteurs : un moteur de laminoir par exemple devra être commandé par un appareil assez fortement retardé, puisque les surcharges et les à-coups font partie du fonctionnement normal de ce genre de machines. Pour des charges très régulières, au contraire (pompes), on pourra régler l'appareil pour une surcharge moindre et un petit retard.

On trouvera (fig. 21) un modèle de tableau schématique permettant de vérifier que l'échelle se fait normalement.

## 7. Quelques installations spéciales classiques

*a) Commande d'un laminoir à courant continu.* — Il faut pouvoir passer des pointes importantes et brusques, quitte à admettre une baisse de vitesse, mais sans craindre de caler. Il faut donc que le couple augmente vite avec l'intensité. C'est donc le moteur compound dont l'emploi est tout indiqué. Pour augmenter l'effet produit on emploie souvent le moteur compound à excitation spéciale (fig. 22). Ce moteur est muni d'un petit survolteur intercalé dans l'enroulement série, survolteur qui tend à annuler l'excitation série lorsque le moteur est à faible charge; de la sorte, l'écart entre la vitesse à vide et la vitesse en charge est plus grand. Le couple croît donc plus vite que dans un moteur compound ordinaire.

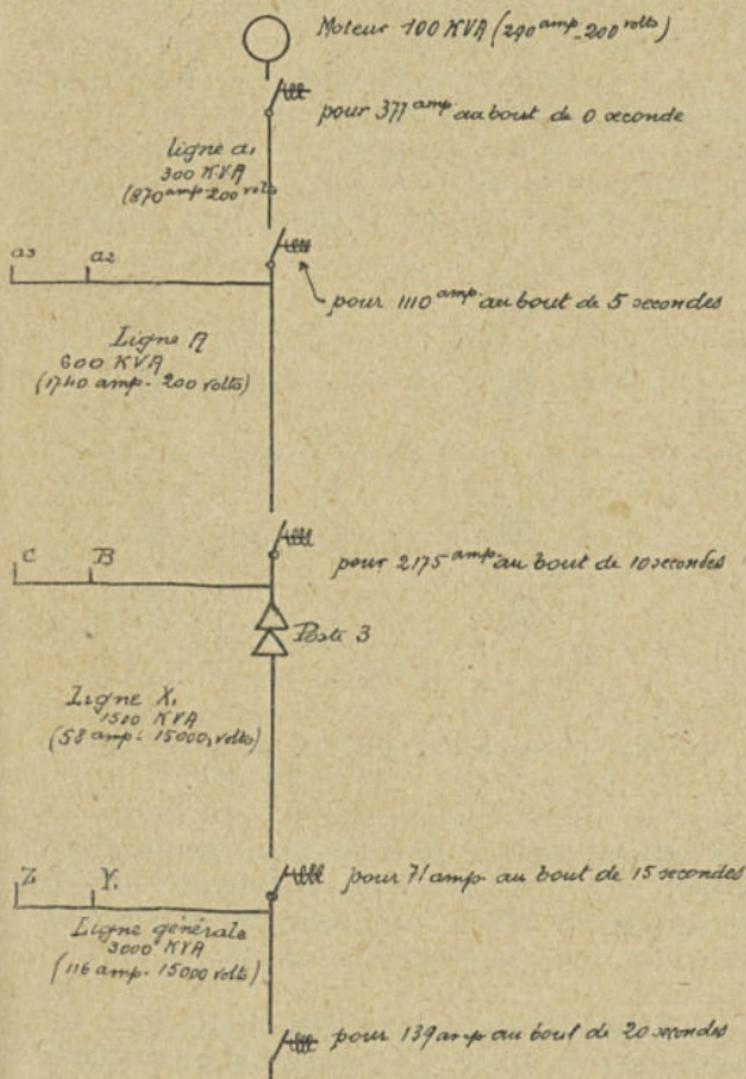


FIG. 21. — Réalisation schématique de l'échelle entre les automatiques successifs.

b) **Commande d'un laminoir à courant triphasé.**— (fig. 23). Le moteur est un moteur asynchrone ordinaire. Pour augmenter son couple au moment des surcharges, il faut que le glissement augmente automatiquement. Pour cela on emploie un rhéostat liquide à électrodes mobiles, le mouvement des électrodes étant commandé par un électro ou un petit moteur parcourus

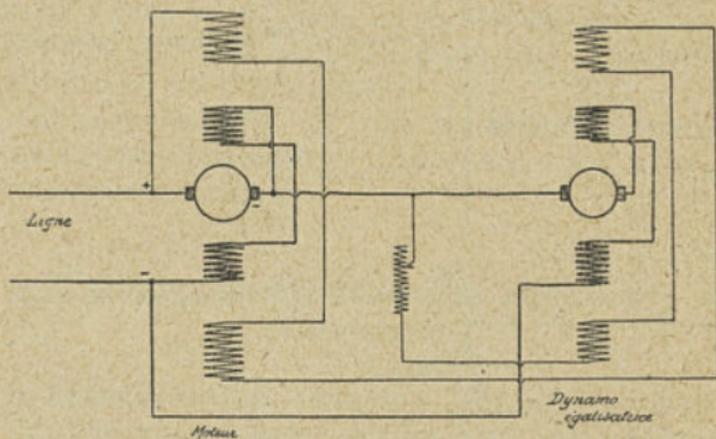


FIG. 22. — Commande d'un laminoir avec moteur compound et dynamo égalisatrice.

par un courant proportionnel au courant principal. Lorsque l'intensité augmente, les électrodes se soulèvent, augmentant la résistance du rotor, donc le glissement du moteur.

c) **Volant Ilgner.** — Ces dispositifs sont suffisants pour permettre l'augmentation automatique du couple au moment des surcharges, mais les à-coups se reproduisent sur la ligne et le fonctionnement du réseau en est grandement affecté. Il faudrait amortir ces à-coups.

On y parvient par l'emploi d'un lourd volant calé sur l'arbre du moteur. C'est le système Ilgner.

Lorsque la charge, diminuant, la vitesse augmente, par suite du jeu du compoundage ou du régulateur de glissement, le volant emmagasine de la puissance vive: il se lance. Lorsque survient un à-coup, le moteur tend à ralentir: le volant est donc freiné énergiquement et la

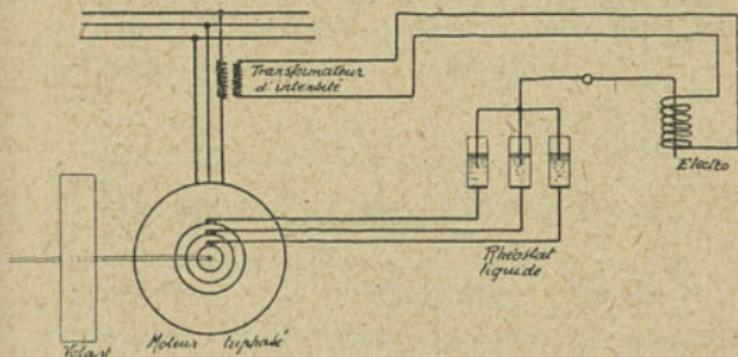


FIG. 23. — Commande d'un laminoir par moteur triphasé avec régulateur de glissement.

puissance vive emmagasinée dans le volant ajoute son action à celle du moteur pendant un certain temps. Le moteur a donc une marche beaucoup plus régulière et les variations de l'intensité sont moins fortes.

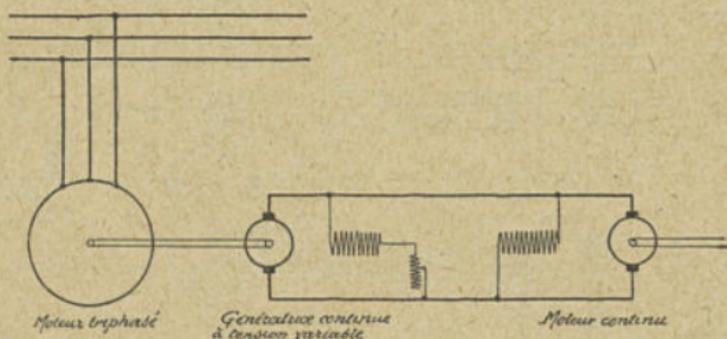
d) **Commande d'une machine d'extraction par groupe Ward-Léonard.** (fig. 24). — La vitesse d'une machine d'extraction de mines doit pouvoir être réglée à chaque instant avec précision.

On la commande par un moteur continu alimenté lui-même par le côté continu d'un

groupe moteur génératrice asynchrone. Le réglage de la vitesse du moteur continu se fait par variation du voltage de la génératrice du groupe, variation de voltage commandée facilement par le rhéostat de champ de cette génératrice.

C'est le système Ward-Léonard.

Pour régulariser la puissance prise au réseau.



· FIG. 24. — Commande d'une machine d'extraction par groupe Ward-Léonard.

on ajoute souvent un volant Ilgner au groupe moteur générateur.

Le système Ward-Léonard est très employé pour les machines d'extraction, les gros laminoirs réversibles, les machines à papier.

e) **Alimentation d'un réseau par génératrice asynchrone.** — Un moteur asynchrone entraîné au-dessus de sa vitesse de synchronisme produit du courant, à condition cependant que le réseau sur lequel il est branché contienne un alternateur synchrone capable de lui fournir l'énergie dévattée (ou réactive) dont il a besoin pour s'exciter.

La tension et la fréquence sont réglées par l'alternateur synchrone.

Ce procédé est souvent employé pour utiliser à peu de frais de petites chutes d'eau : en effet, il n'y a pas besoin de régulateur de vitesse sur le moteur, la charge de l'alternateur asynchrone augmentant lorsque la vitesse augmente. En outre, la machine est très robuste.

L'inconvénient est la nécessité de fournir une quantité importante d'énergie déwattée, ce qui exige que le réseau contienne une machine synchrone suffisamment puissante.

## CHAPITRE III

### CANALISATIONS

---

1. *Choix du mode de pose.* — 2. *Exécution des installations sur poulies.* — 3. *Exécution des installations sous moulures.* — 4. *Exécution des installations sous tubes.* — 5. *Exécution des installations sous plomb.* — 6. *Exécution des installations en câble sur gros isolateurs porcelainé.* — 7. *Exécution des installations en câble armé non enterré.* — 8. *Mise en service d'une ligne.* — 9. *Travaux divers.*

Parmi les lignes que nous aurons à construire dans les installations d'usines, nous devons distinguer les catégories suivantes :

Lignes aériennes *extérieures*, qui sont en fils ou câbles nus sur isolateurs, le support pouvant être un poteau, un pylône, un potelet ou une console ;

Lignes *souterraines* en câble isolé, armé, enterré ;

Lignes *intérieures*.

Nous ne parlerons pas des deux premières catégories, renvoyant pour cela le lecteur à l'excellent ouvrage de M. Daval : *Construction des réseaux d'énergie*, où cette question intéressante est traitée d'une façon détaillée.

Nous passerons donc directement à l'étude des lignes intérieures.

### 1. Choix du mode de pose

Etant donnée une installation à équiper électriquement, on peut avoir à choisir entre les modes suivants de pose :

- Conducteur isolé sur poulies porcelaine;
- Conducteur isolé sous moulures;
- Conducteur isolé sous tubes armés;
- Conducteur sous plomb;
- Conducteur sur isolateurs d'extérieur;
- Câble armé non enterré.

Le choix devra tenir compte de l'économie, de l'efficacité de la protection réalisée contre les agents extérieurs de détérioration, suivant la nature de l'emplacement.

**Câble isolé sur poulies porcelaine.** — C'est un procédé essentiellement simple et pratique, peu coûteux, qui est à conseiller dans la majorité des cas.

Ses avantages sont énumérés ci-dessous :

Facilité de *passer partout*, puisque les poulies peuvent, au moyen de supports appropriés, être fixées partout, aussi bien sur les parties maçonnées que sur le bois, sur le fer, etc. On a donc les plus grandes facilités pour effectuer le tracé de la ligne;

Facilité de faire exécuter le travail par des ouvriers *non spécialistes*; un ouvrier quelconque, bien guidé, doit arriver rapidement à exécuter correctement une ligne sur poulies, pourvu qu'il y mette de la bonne volonté, et ait un peu de goût et de bon sens;

Facilité de prendre ultérieurement des *déri-*

*vations* en tout point de la ligne, sans avoir rien à démonter, comme pour le tube ou la moulure;

*Surveillance facile* du conducteur, qui reste toujours visible.

Les inconvénients sont :

Isolement insuffisant dans les *locaux très humides* et poussiéreux : en effet, les points d'attache du câble ou du fil sur les poulies constituent des points faibles, l'isolant y étant plus ou moins cisailé par le fil de ligature; comme, d'autre part, la surface de la poulie se recouvre rapidement d'une couche de poussière humide assez conductrice, les pertes de courant peuvent devenir importantes;

Résistance insuffisante aux *agents mécaniques* : on peut accrocher les fils avec une échelle, une perche à transmissions, ce qui provoquera l'arrachage de la ligne, surtout pour les lignes de petite section;

En somme on devra employer la pose sur poulies, lorsque le local n'est pas exagérément humide, et lorsque les risques de détérioration mécanique par accrochage ne sont pas trop grands.

**Câble isolé sous moulures.** — La moulure très employée autrefois tend à devenir spécialisée pour les locaux peu humides : appartements, bureaux.

Ses avantages sont :

*Facilité de pose* : en effet, rien n'est plus facile que de poser de la moulure : il n'y a besoin de donner aucune tension au conducteur;

*Facilité de dissimuler les conducteurs*, sans

nuire à l'esthétique de la construction; cette considération a d'ailleurs bien peu de valeur dans l'industrie;

Protection contre les *détériorations mécaniques*. Encore que cette protection soit relative, car on voit souvent dans les usines des portions de moulures dont le couvercle a été arraché.

Les inconvénients sont :

*Résistance d'isolement* insuffisante dans les locaux humides : la moulure, même imprégnée, finit toujours par absorber de l'humidité : le ruban ou la tresse du câble étant en contact permanent avec cette paroi humide, finit par se pourrir aussi; le caoutchouc, à la longue, tourne au gras, et finalement il se produit des pertes, non seulement entre conducteurs et terre, mais aussi directement entre conducteurs de polarité différente, ce qui est grave, le courant de perte pourra devenir important et finalement il se produira un court-circuit, avec ses risques d'incendie;

*Danger d'incendie*. En cas de court-circuit en un point quelconque de la ligne ou des appareils, la moulure fournira un excellent aliment à l'incendie : en effet, le caoutchouc de l'isolant, fondu et enflammé par l'action de la chaleur, coulera le long des moulures en propageant l'incendie dans toute l'installation. L'ininflammabilité produite par les matières imprégnantes des moulures est, en effet, tout à fait relative, et il n'y a pas lieu de s'y fier.

On ne devra employer la moulure que pour des locaux parfaitement secs : appartements, bureaux, et où la question esthétique a une im-

portance sensible. On devra prévoir une protection sérieuse pour empêcher les courts-circuits de produire un incendie.

**Câbles isolés sous tubes armés.**— C'est un procédé qui possède de gros avantages, s'il est bien fait, tant pour les installations d'appartement que dans les installations d'usines.

Ses avantages sont :

Excellente *protection mécanique*, surtout si on prend des tubes en acier, sans soudure, du type dit « cuirassé » : on peut d'ailleurs les encastrent dans la maçonnerie, de façon qu'ils ne constituent pas de saillie;

Bonne protection contre l'*humidité*, à condition, toutefois, que l'on ait fait une installation réellement étanche, en employant des tubes en tôle plombée, ou mieux cuirassés en acier, que les raccords soient effectués d'une façon correcte, et que l'appareillage soit du type étanche. Dans ces conditions, l'isolement reste excellent, même dans un local humide;

*Résistance aux acides.* En employant des tubes en tôle plombée, les fils sont protégés contre l'action des acides, qui sans cela les rongeraient. On peut donc employer ces tubes dans les usines de produits chimiques.

Les inconvénients des tubes sont :

Nécessité d'une *main-d'œuvre* bien habituée à ce travail. Le tube ne souffre pas la médiocrité, et il vaut mieux ne pas mettre de tubes du tout que de les mal poser. On risquerait une étanchéité insuffisante;

*Coût élevé* de l'installation : en effet, nous venons de voir que la main-d'œuvre va revenir

cher. D'autre part, le matériel lui-même n'est pas sans coûter très cher, beaucoup plus cher que quelques poulies ou quelques mètres de moulures;

Difficulté de prendre des *dérivations* après coup. Lorsqu'on veut modifier une installation après coup, par exemple prendre une dérivation sur la ligne, il est nécessaire de couper le tube, et d'en remplacer une partie par une boîte de dérivation, qu'il faudra raccorder.

Ce sont les trois principales raisons qui ont limité l'emploi du tube dans nos installations industrielles.

En résumé, le tube pourra s'employer presque dans tous les cas, à condition qu'on dispose d'une main-d'œuvre spécialisée qui, seule, pourra l'effectuer parfaitement, et qu'on ne recule pas devant le prix.

Quelquefois on emploie le tube seulement comme *protection mécanique*, pour protéger les parties basses des lignes contre les chocs, ou, en petites longueurs, pour les traversées de murs. Alors l'exécution n'a pas besoin d'être aussi parfaite, et on pourra se servir de ce procédé sans trop d'inconvénients.

**Fil sous plomb.** — Le fil sous plomb est employé quelquefois pour des lignes de faible section dans des locaux humides. Il a l'inconvénient de revenir extrêmement cher, et d'être très sensible aux efforts d'*écrasement* qui se produisent pendant la pose, particulièrement au droit des crampons, et qui peuvent le détriorer irrémédiablement, en mettant le conducteur en communication avec l'enveloppe de plomb.

**Câble nu ou isolé sur isolateurs d'extérieur.** — Dans les endroits extrêmement humides : teintureriers, blanchisseries, tanneries, etc., quel que soit le soin qu'on puisse apporter à l'exécution de la ligne par les procédés que nous venons d'examiner, on aura toujours fatalement des pertes. Le procédé le mieux indiqué dans ce cas consiste à poser la ligne comme une ligne d'extérieur, sur des *isolateurs à cloche* de gros échantillon; les pertes ne peuvent ainsi avoir lieu que par la surface des isolateurs, et si la forme de ceux-ci est bonne au point de vue de la longueur de la ligne de fuite et de la protection contre le ruissellement de l'eau de condensation, ces pertes sont réduites au minimum.

Pour les lignes principales, ce mode de pose est facile, si on a suffisamment de place pour poser des consoles ou des potelets le long des murs ou sur la charpente, mais, pour les *descentes* vers les moteurs, c'est plus difficile, car on est conduit à employer de nombreuses consoles, et à placer les appareils : rhéostats, interrupteurs, sur des cales isolantes pour les protéger du ruissellement des murs.

On emploie souvent, dans ce procédé, du câble isolé, quoique le supplément d'isolation ainsi obtenu soit à peu près nul.

Lorsqu'on peut craindre que le conducteur soit attaqué par les *vapeurs acides*, on peut employer un câble sous tresse, que l'on recouvre d'une couche de peinture inattaquable à ces acides.

**Câble armé non enterré.** — En dehors de ses emplois comme conducteur enterré, le câble

armé a un emploi assez fréquent, lorsqu'il s'agit de traverser des galeries humides, lorsqu'il serait difficile de trouver les supports convenables, et lorsqu'on peut craindre des détériorations mécaniques. On peut alors, soit le poser à terre, soit sur des supports scellés dans la paroi, soit encore dans des caniveaux.

Naturellement, il faudra toujours terminer un tel câble par des *boîtes d'extrémité étanches*, comme s'il s'agissait d'un câble enterré.

## 2. Exécution des installations sur poulies

**Tracé de la ligne.** — On commencera par déterminer le parcours de la ligne, en tenant compte des considérations suivantes :

a) Parcours le moins long possible, pour l'économie du conducteur, le moins sinueux possible, pour la facilité du tirage;

b) Placer la ligne, autant que possible, hors de portée des échelles, perches, etc., mais cependant en un emplacement tel qu'elle puisse être surveillée facilement;

c) Facilité de fixation des supports : à cet égard, il est intéressant de suivre les poutres en bois, où la fixation peut se faire par tire-fonds, en évitant les scellements et les ferrures spéciales;

d) La ligne doit être placée de façon que les dérivations qu'elle alimente aient un tracé aussi simple que possible, pour rejoindre les appareils desservis;

e) On réduira au minimum les traversées de cloisons, qui sont des points délicats;

f) Enfin, la ligne devra être hors d'atteinte des gouttières provenant des défauts de la toiture.

**Pose des poulies.**— Une fois le tracé bien défini, il faudra poser les poulies.

On déterminera d'abord le *calibre* de celles-ci et la *portée maxima* admise.

Le *calibre* devra être tel que la gorge de la poulie embrasse au moins la moitié de la circonférence du câble : on prendra même plutôt plus fort : c'est une dépense qui se retrouvera dans la solidité de la ligne.

Les tire-fonds, boulons de scellement, etc., seront du plus grand diamètre qui rentre librement dans le trou de la poulie.

La *portée maximum* ou écartement maximum des supports sera variable suivant le poids du câble, et aussi suivant la résistance des supports.

Nous conseillons vivement les petites portées, qui facilitent beaucoup la pose : les portées de 5 m. ne sont admissibles que pour de très petites sections et avec des poulies très robustes.

Une portée de 3 m. est très commode pour des sections moyennes, jusqu'à 50 mm<sup>2</sup>. Pour les grosses sections de plus de 150 ou 200 mm<sup>2</sup>, on devra descendre à 2 m. ou 1 m. 50.

Evidemment, ceci n'a rien d'absolu, et si on ne peut pas rapprocher suffisamment les poulies, on se contentera de les prendre de calibre plus gros, quitte à s'astreindre à un tirage plus pénible. Naturellement, on aura une ou plusieurs lignes de poulies aux coudes.

L'écartement des fils entre eux n'a pas

grande importance, pourvu qu'ils ne risquent pas de se toucher et qu'on garde assez de place pour pouvoir y prendre facilement des dériva-tions, sans être gêné.

On fixera donc les poulies, suivant le cas, par tire-fonds, boulons scellés ou ferrures. Il conviendra évidemment de les fixer bien de niveau, de façon que le conducteur ne présente pas de jarret disgracieux, et que les poulies d'alignement ne soient pas soumises à des efforts anormaux.

**Tirage de la ligne.** — Pour les grosses sec-tions, le tirage est fait au palan. On déroule la longueur de câble nécessaire à un alignement droit, puis, le câble étant *fixé solidement* à une extrémité, soit par les poulies précédentes déjà posées, soit par un amarrage fait sur le câble au moyen d'un filin de chanvre fixé à une poutre ou à un poteau, on amarrera un palan à moufle à l'autre extrémité. Ayant alors fait reposer le câble sur les gorges des poulies, on le *tire* au moyen du palan, jusqu'à ce que les flèches deviennent insignifiantes : laissant le palan fixé en position, on amarre alors le câble sur chaque poulie au moyen de fil à ligature (fil recuit, très souple). Il faut amarrer le fil à ligature à 1 cm. avant la poulie, par rapport au sens d'avancement du chantier, constituer l'amarrage de nombreuses spires bien serrées, protéger l'isolant du câble du cisaillement par une couche de chatterton, puis on fait plusieurs spires embrassant la gorge de la poulie et le câble, successivement en avant et en arrière, par-dessus et par-dessous, en tirant bien le fil à ligature; on termine enfin par un amarrage

en spires serrées autour du câble, à 1 cm. en aval de la poulie. Cette opération étant faite successivement sur toutes les poulies, elles doivent pouvoir supporter la tension du câble et on peut détendre le palan progressivement. Les poulies qui broncheraient seraient à remplacer.

Dans les coudes, les poulies d'angle seront soumises à tout l'effort de la tension du câble :

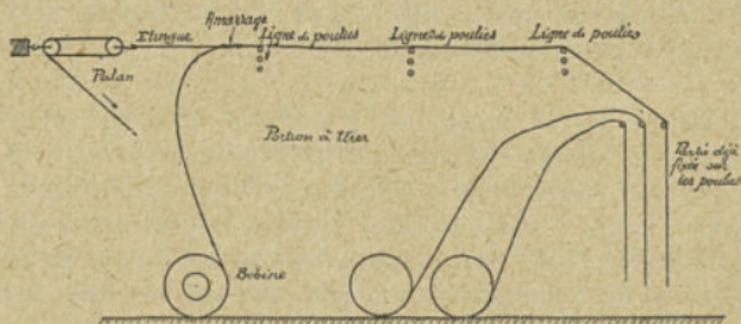


FIG. 25. — Tirage d'une ligne sur poulies au palan.

il faudra donc qu'elles soient particulièrement solides et rapprochées.

On opérera ainsi de proche en proche (fig. 25). tées, on tirera à la main, sans palan.

Lorsqu'on aura à faire à du câble de grosse section, avec des portées importantes, on pourra craindre que le tirage n'arrache les poulies qui sont à l'extrémité de la portion de ligne à tirer. On pourra alors employer à la place de ces poulies des isolateurs d'arrêt, analogues à ceux des lignes aériennes.

On évitera d'exagérer la traction sur le câble, ce qui risquerait de détériorer l'isolant.

Pour les petites sections et les petites portées, on tirera à la main, sans palan.

**Traversées de murs et de cloisons.** — Ces traversées devront toujours être faites, de façon que le câble n'ait pas de contact direct avec les parois : on devra donc utiliser des portions de tube isolant armé, ou des pipes en porcelaine. La forme en pipes est nécessaire, toutes les fois que l'une des parties est exposée à la

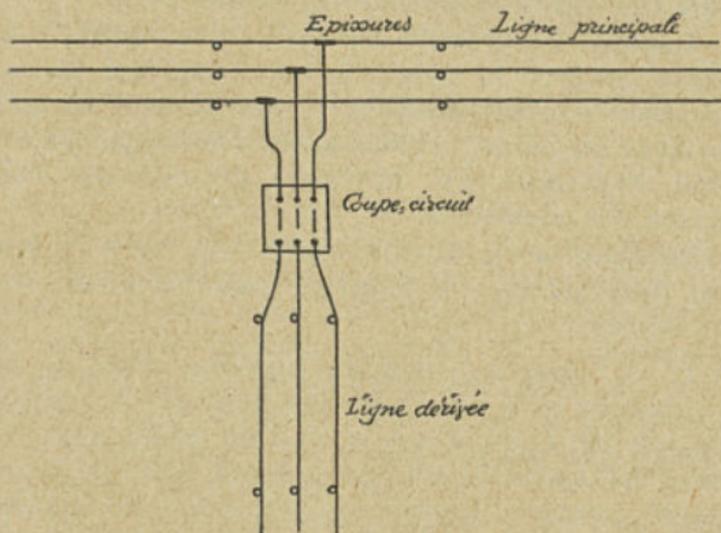


FIG. 26. — Prise d'une dérivation sur une ligne sur poulies.

pluie, de façon que les gouttes d'eau ne puissent glisser le long du câble et rentrer dans la traversée.

**Prise des dérivations.** — Lorsqu'on devra prendre une dérivation, on fera une épissure en T, puis on amènera le câble dérivé, non tiré, jusqu'à la première rangée de poulies de la ligne dérivée, ou aux bornes du coupe-circuit commandant la dérivation : une rangée de pou-

lies suivra immédiatement le coupe-circuit, et c'est à partir de cette rangée qu'on tirera la ligne dérivée (fig. 26).

**Organisation du chantier.** — 1° *A deux* : Le monteur marque l'emplacement exact des poulies, puis le monteur et son aide, prenant chacun une section, posent les poulies.

Lorsque ce travail est fait, l'aide déroule le câble, amarre le palan, le monteur fait passer le câble sur les poulies, et commande la manœuvre du palan : il fait arrêter lorsque la tension suffisante est obtenue, puis opère lui-même les ligatures.

Lorsque la ligne est posée, l'équipe s'occupe des dérivations : le monteur fait lui-même les épissures.

2° *A quatre* : Pendant qu'une équipe de 1 monteur et 1 aide pose les poulies, une autre équipe de 1 monteur et 1 aide pose le câble dans les endroits où les poulies sont déjà en place. Lorsque toutes les poulies sont fixées, la première équipe s'occupe des dérivations, pendant que la seconde termine la pose du câble principal.

### 3. Exécution des installations sous moulures

**Tracé de la ligne.** — On tiendra compte des considérations suivantes :

- a) Parcours le moins long et le moins sinueux possible;
- b) Facilité de fixation des moulures : il faut

les placer en des emplacements où les clous s'enfoncent facilement et tiennent bien;

c) Tracé facile des dérivations;

d) Réduire au minimum les traversées de cloisons;

e) Bonne protection contre les gouttières;

f) S'écarter résolument de tout foyer où four, afin de ne pas créer un danger d'incendie.

**Pose des moulures.**— Le calibre des moulures à employer se détermine par :

Le nombre de *rainures*, qui est égal au nombre de conducteurs de la ligne;

La *largeur* des rainures, qui est au moins égale au diamètre extérieur du fil ou câble.

Les moulures sont d'abord posées sans leur couvercle. On utilise, pour les fixer, généralement des petits clous assez fins, pour ne pas fendre le bois. Pour les moulures de gros calibre, lorsqu'elles sont fixées contre une paroi de bois, on se sert de vis.

Il faut veiller soigneusement à ce que les clous ne traversent pas les rainures, en déviant.

On scie les portions de moulure en forme de *biseau*, au moyen d'une boîte à onglets.

Cette opération de pose des moulures ne présente pas de difficulté particulière et se fait assez rapidement.

**Mise en place des conducteurs et des couvercles.**

Il s'agit alors de dérouler parallèlement les conducteurs de la ligne par portion de 1, 2 ou 3 m., de les mettre en place dans les rainures, puis de clouer le couvercle. Cette opération est rapide car le fil n'a pas besoin d'être tendu.

Il faut éviter très soigneusement que les pointes qui fixent le couvercle ne dévient à travers l'isolant du câble. C'est surtout dans les petites moulures que ce risque est fréquent : ce serait la mise à la terre de la ligne et peut-être un court-circuit.

On ménagera les *sorties des dérivations* : les fils de phase ou de polarité différente ne doivent, sous aucun prétexte, se croiser sous le couvercle de la moulure : souvent on sort carrément le fil de la moulure et on le fait passer par-dessus. Mais le meilleur est, sans aucun doute, d'utiliser une *boîte de dérivation* en porcelaine intercalée sur le trajet de la moulure : on évite ainsi toute épissure, la dérivation est facile à exécuter, et le travail est plus propre.

**Traversées de murs et de cloisons.** — Elles doivent toujours se faire sous tubes isolants armés : il ne faut, en effet, jamais noyer de la moulure dans la maçonnerie, car la moulure absorberait l'humidité et pourrirait.

Pour la même raison, on ne doit poser la moulure que sur des maçonneries sèches.

**Organisation du chantier.** — *A deux* : Les deux ouvriers s'occupent d'abord de poser la moulure en se partageant la ligne. Lorsque toute la moulure est posée, ils se réunissent : l'un déroule les conducteurs et les met en place, pendant que l'autre cloue les couvercles. C'est un mauvais calcul que de faire cette opération seul, car il est mal commode de maintenir les conducteurs pendant qu'on cloue le couvercle et on perdrait beaucoup de temps.

Lorsqu'on dispose de plus de deux ouvriers, on partage le chantier en sections et on met des équipes de 2 sur chaque section.

#### 4. Exécution des installations sous tubes

**Tracé de la ligne.** — Il faudra déterminer ce tracé en tenant compte des considérations suivantes :

a) Le parcours doit être le moins long possible, puisque le tube est cher.

b) Le tracé doit être le moins sinueux possible, car les coudes compliquent la pose, en obligeant à cintrer les tubes, et nécessitent la multiplication des boîtes de tirage;

c) On déterminera l'emplacement des boîtes de dérivation, boîtes de tirage, de façon qu'elles soient facilement accessibles;

d) Tous les 15 m. de ligne au moins, il devra y avoir une boîte de dérivation ou de tirage, permettant d'entrer ou de sortir le conducteur.

**Choix des tubes et des conducteurs.** — On choisira le diamètre des tubes d'après les dimensions des conducteurs à y loger.

Les diamètres intérieurs courants varient de 9 à 48 mm.

Le tube de 9 mm. ne devra jamais contenir plus d'un conducteur.

D'une façon générale, on devra prendre pour diamètre intérieur du tube la somme des diamètres des conducteurs, augmentée de 3 ou 4 mm. pour le jeu, de façon que les fils puissent facilement être introduits ou retirés.

En *courant alternatif*, on devra toujours mettre tous les conducteurs de la ligne *dans un même tube* : si on ne prenait pas cette précaution, le métal placé entre 2 tubes de phase différente serait le siège de pertes considérables par hystérésis et courants de Foucault : d'où un échauffement anormal, une chute de tension et un déphasage considérables. Avec les tubes laiton ou aluminium, le mal serait moins grand, puisqu'il n'y aurait pas d'hystérésis : mais les pertes par courants de Foucault peuvent, si le réseau est développé et les courants intenses, suffire à prohiber l'emploi d'un conducteur par tube.

En continu, on pourra employer un conducteur par tube, sans inconvénient, et profiter ainsi d'un supplément de sécurité.

On n'emploiera pas de conducteurs de moins de 9/10, qui risqueraient de se détériorer pendant le tirage. Pour des sections de plus de 4 mm<sup>2</sup>, on emploiera des câbles, plus souples que les fils.

**Pose des tubes en fer, laiton ou aluminium agrafé.** — Pour les *coudes*, on devra, soit employer des coudes tout faits, soit cintrer du tube droit. Pour cela on emploie une *pince* spéciale qui présente une mâchoire à tranchant émoussé : l'autre mâchoire présente une gorge d'appui en arc de cercle (fig. 27).

On chauffe légèrement le tube pour ramollir la matière isolante; on l'introduit entre les 2 mâchoires de la pince, de façon que la partie agrafée soit sur le côté; on exerce alors une pression modérée sur la pince : le tube se cintre légèrement ; on recommence un peu plus

loin, en veillant à ce que le tube ne tourne pas. Après une série de coups de pince on arrive à avoir un cintre, dont le rayon de courbure est d'autant plus petit que les coups de pince ont été rapprochés.

On évitera, autant que possible, que les coudes soient à trop faible rayon de courbure, ce qui rendrait le tirage plus difficile.

Après le cintrage, on chauffe le tube pour rendre à l'isolant intérieur sa surface unie.

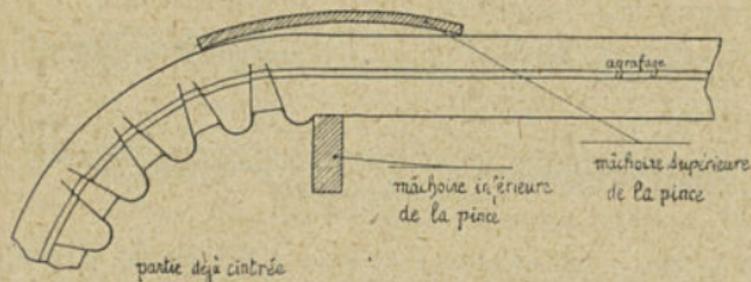


FIG. 27. — Cintrage d'un tube armé agrafé.

Pour raccorder 2 tubes, on devra préalablement en préparer avec soin les *extrémités* : le tube sera d'abord coupé bien net avec une scie à métaux; puis on enlève sur 12 à 15 mm. l'armature métallique sans toucher à l'isolant : cette opération peut se faire au moyen d'un petit outil spécial appelé *coupe-tuyau* et comprenant une molette coupante limitée par un calibre de butée. On enlève les bavures. Le raccordement se fait au moyen d'un *manchon* composé d'une portion de tube métallique muni de gorges contenant du mastic (fig. 28).

On introduit ce manchon sur un premier tube, de façon que le tube isolant arrive au

milieu du manchon, puis on chauffe pour faire fondre le mastic sur la partie ainsi raccordée. On introduit alors le second tube, jusqu'à ce qu'il bute contre le premier. On chauffe, et le raccordement est fait.

Pour raccorder une *boîte* (de dérivation, de tirage, etc.) à un tube, on opère comme ci-dessus, le manchon étant constitué par les appendices d'entrée de la boîte : on veillera à

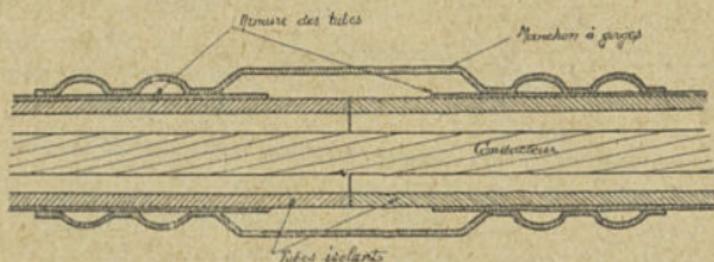


FIG. 28. — Manchonnage de deux tubes armés agrafés.

ce que le tube affleure bien la paroi intérieure de la boîte, mais sans dépasser.

Il existe des *réducteurs* permettant de raccorder un tube à une entrée de boîte correspondant à un diamètre différent.

Les manchons à gorges sont quelquefois remplacés par des manchons lisses, moins visibles, mais dénués d'étanchéité.

Les équerres, les tés se raccordent d'une façon analogue aux manchons.

Si la canalisation doit être fixée dans des entailles pratiquées dans la maçonnerie, la fixation se fera par des liens en fil de fer torsadés maintenus par des clous. L'entaille sera ensuite garnie de plâtre ou de ciment.

Lorsque les tubes doivent rester apparents,

on les fixe au moyen de *cavaliers* en fer ou en laiton; ceux-ci sont eux-mêmes fixés à la paroi par des clous, des vis ou des tampons. Les supports doivent être assez rapprochés pour que l'ensemble soit bien solide.

L'entrée de la canalisation doit se faire au moyen d'une *entrée de tubes* en porcelaine, raccordée par un manchon : de la sorte, l'isolant des conducteurs ne sera pas détérioré par le frottement sur les lèvres de l'armature.

Toutes les dérivations se feront au moyen de *boîtes de dérivation* manchonnées. On intercalera, en outre, des boîtes de tirage destinées à permettre l'introduction et la sortie des conducteurs. Il y aura au moins une boîte de tirage tous les 15 m. ou après 4 coudes. Les boîtes de dérivation peuvent servir de boîtes de tirage.

Il est essentiel de poser entièrement toute la canalisation avant de tirer les câbles.

**Pose des tubes en acier ou tubes cuirassés.** — Toutes les fois qu'on doit faire une installation parfaitement étanche, destinée à être posée dans la maçonnerie, il sera préférable d'employer des *tubes acier*, sans soudure : dans ce type, les manchons sont vissés, les couvercles des boîtes également, avec des joints en caoutchouc.

Le *cintrage* se fait à froid sur une sorte de forme à gorge qui a la courbure que l'on veut réaliser, et contre laquelle on appuie le tube.

Pour les *raccordements*, on coupe le tube avec une scie à métaux, on enlève les bavures, puis on procède au filetage des bouts de tube à raccorder. Le filetage est enduit de céruse.

puis on introduit le manchon fileté sur un premier bout de tube, jusqu'à ce qu'il arrive au milieu du manchon; on visse alors le deuxième bout de tube dans le manchon.

S'il s'agit d'une *boîte*, qu'on ne peut pas tourner, il suffira de faire le filetage du premier bout plus long que le manchon; on pourra alors introduire le manchon à bout, puis approcher le bout à raccorder et y visser le manchon.

En tous cas, les 2 bouts de tube à raccorder devront être en contact, et le point de contact au milieu du manchon.

Il existe des manchons permettant de passer d'un tube à un appareil prévu pour un diamètre de tubes différents, ou de passer d'une canalisation sous tubes acier à une canalisation sous tubes agrafés.

La *fixation* des tubes acier aux parois des bâtiments se fait comme pour les tubes agrafés.

Les tubes acier doivent s'employer avec de l'appareillage blindé étanche, sans quoi l'étanchéité du tube ne servirait à rien.

**Tirage des conducteurs.** — Le tirage des conducteurs ne doit se faire que lorsque la canalisation de tubes est terminée. Celle-ci doit également être bien sèche.

Le tirage s'effectue au moyen d'un *ruban-ressort* en acier portant à une extrémité une boule et à l'autre un œillet. On introduit le ruban, la boule en avant, par l'entrée de la canalisation ou par une boîte de dérivation ou de tirage et on le pousse jusqu'à ce que la boule arrive à la première boîte de tirage ou de dérivation. On fixe alors les conducteurs, enduits de talc, pour faciliter le glissement, à

l'œillet, et on tire le ruban jusqu'à sortir les conducteurs : on recommence ainsi de proche en proche en veillant à ce que les conducteurs ne forment pas de coques.

Le glissement doit être facile, et on doit pouvoir, une fois la canalisation posée, retirer et remettre sans difficulté une portion de la ligne.

Une bonne précaution consiste à passer, avant le tirage, le ruban avec un tampon d'étoupe fixé à une extrémité : on enlève ainsi l'humidité qui pourrait se trouver dans le tube, en même temps qu'on s'assure que les tubes ne sont pas obstrués.

**Organisation du chantier.** — Il est nécessaire d'être au moins deux. Pour la pose des tubes, l'un des ouvriers prépare les tubes, pendant que l'autre les pose. Un aide est utilement adjoint pour tenir les tubes et passer le matériel et l'outillage aux ouvriers. L'opération étant délicate, on ne saurait trop faciliter le travail.

Pour tirer le câble, il faut également être deux : l'un pousse le ruban, l'autre en attrape l'extrémité et le tire; lorsque le ruban est à bout, le premier guide les conducteurs, de façon que ceux-ci ne se roulent pas et ne fassent pas de coques, pendant que l'autre tire, sans brutalité, le ruban.

## **5. Exécution des installations sous plomb**

Nous ne dirons que quelques mots de ce mode de pose relativement peu employé actuellement, surtout pour les installations d'usines.

La fixation du conducteur peut se faire au moyen de cavaliers métalliques fixés par clous, vis ou tampons, ou au moyen de liens en fil de fer, selon que le tube est apparent ou noyé dans la maçonnerie.

Les jonctions sont le point délicat : on les voit souvent faites de la façon suivante : un manchon en plomb est introduit sur l'un des bouts à réunir, puis les fils sont ligaturés, isolés copieusement à la gutta et à la toile isolante : on fait alors glisser le manchon sur la ligature, et on soude sur les plombs à réunir. Ce procédé ne donne aucune garantie : les isolants se dérangent pendant l'opération, la chaleur les détériore.

De même, pour les entrées des appareils : on voit souvent les extrémités des plombs simplement matées et les conducteurs raccordés à l'appareil. L'opération du matage a pour effet d'écraser l'isolant ; quant à l'étanchéité, elle est nulle.

En réalité, on doit, pour les fils sous plomb, employer des boîtes de jonction, des cornets d'entrée et des boîtes de raccordement analogues à celles qu'on emploie pour les gros câbles armés souterrains, l'étanchéité étant assurée par un garnissage de matière isolante plastique.

## **6. Exécution des installations en câble sur isolateurs d'extérieur**

Ces installations sont tout à fait analogues aux installations de lignes aériennes, pour lesquelles nous avons renvoyé le lecteur à un autre Manuel de la même collection.

La seule différence est que, les portées étant généralement beaucoup moins longues, on n'aura pas besoin d'un tirage aussi énergique.

Les consoles, potelets, ferrures, etc., sont de constitution analogue à ceux des lignes aériennes extérieures. Le choix du support qui convient le mieux est une question d'espèce qui doit être résolue dans chaque cas particulier.

### 7. Exécution des installations en câble armé non enterré

Ce genre d'installation est très pratique lorsqu'on dispose d'un caniveau ou d'une galerie.

Le câble peut simplement reposer sur le sol ou être fixé à des supports en fer scellés dans les murs. Ces supports devront être rapprochés pour ne pas fatiguer le câble (1 m. 50 à 2 m.).

Les jonctions, raccordements, dérivations, se font dans des boîtes étanches, comme pour les canalisations souterraines (Voir le Manuel « Construction des réseaux d'énergie »).

### 8. Mise en service d'une ligne

Avant de mettre en service une ligne, on devra vérifier son *isolement*, au moyen d'un ohmmètre ou d'un contrôleur d'isolement. Quelle que soit son étendue, et quel que soit le mode d'exécution, une ligne neuve devra toujours présenter un isolement élevé, de l'ordre de 10 mégohms au minimum.

Si l'isolement est inférieur à ce chiffre, on

devra rechercher le défaut, en sectionnant l'installation et mesurant l'isolement sur chaque partie séparément.

Les parties mauvaises seront vérifiées, point par point, jusqu'à ce qu'on retrouve le défaut : généralement portion d'isolant abîmée, tube écrasé, pointe dans les moulures, appareil en mauvais état.

Quelquefois, toutes les sections présentent un isolement faible, sans qu'on puisse localiser le défaut : cela provient généralement de l'humidité des locaux, lorsque la ligne a été posée dans des maçonneries pas sèches. Il est indispensable d'assécher le local au moyen de brasers, jusqu'à ce qu'on trouve un isolement convenable. Si on dispose d'une tension convenable, par exemple d'un transformateur-élévateur à tension variable, on pourra faire un essai de *rigidité diélectrique*, en mettant la ligne sous une tension plus forte que la normale (1 fois 1/2 à 2 fois). Il ne devra se produire aucun claquage pour une application de cette tension pendant 1 minute.

Ces essais effectués avec succès, on pourra mettre la ligne en service normal. On notera alors quelles sont les intensités en service normal et on fera le *réglage des fusibles et des automatiques*.

Sous l'effet de l'intensité normale, les fusibles, leurs contacts bien serrés, devront être moyennement chauds. Si on ne peut y appliquer la main, c'est qu'ils sont trop faibles, la moindre surintensité les fera fondre et on devra prendre le calibre supérieur. S'ils restent froids, c'est qu'ils ne sont pas assez sensibles, et on devra prendre un calibre inférieur.

Pour les disjoncteurs à maxima, on devra d'abord les régler pour qu'ils déclanchent sous l'intensité normale, puis on diminuera un peu leur sensibilité, au jugé, de façon qu'ils ne déclanchent que sous une surintensité suffisante.

Ne pas trop se fier aux graduations indiquées par le constructeur sur l'organe de réglage. Les articulations ont pu devenir plus dures et le réglage en sera modifié.

Si les appareils sont munis d'un appareil retardateur, il sera facile, avec une montre à secondes et en provoquant un déclanchement, de vérifier le retard pour une intensité de déclanchement donnée.

### 9. Travaux divers

**Exécution d'une épissure.** — Une épissure de câble se fait de la façon suivante (fig. 29) :

Les 2 bouts de câble à réunir sont dégarnis de leur isolant sur une longueur de 7 à 10 cm., suivant la grosseur du câble : on prendra bien soin d'enlever tous les morceaux de caoutchouc qui restent parfois entre les fils du câble.

On redressera alors les fils du câble, de manière à les ranger en éventail, en séparant bien les fils provenant de couches successives.

On nettoie soigneusement les fils à la toile émeri, fil par fil.

On rapproche ensuite les 2 extrémités ainsi préparées, de façon que les fils provenant de la première couche intérieure rentrent les uns dans les autres. On enroule alors les fils en sens contraire, en serrant bien les spires au moyen d'une pince à gaz.

On recommence pour la deuxième couche et ainsi de suite, jusqu'à ce que tous les fils soient employés : on a ainsi une ligature solide et un contact intime entre les fils des 2 bouts de câble.

Généralement, on soude : il suffit de chauffer, de décaper à la résine et de faire couler de l'étain.

On n'emploiera jamais le décapage à l'acide,

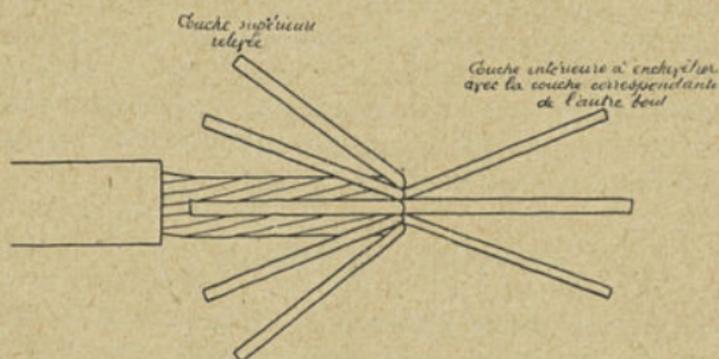


FIG. 29. — Préparation d'un bout de câble pour une épissure.

qui attaque au bout d'un temps plus ou moins loing, le cuivre et cause de mauvais contacts.

Il s'agit ensuite de refaire l'isolant sur la partie ainsi jonctionnée. On enroulera d'abord 1 couche de gutta, puis 2 ou 3 couches de caoutchouc para, puis on recouvrira au chatteredon.

Ce recouvrement devra embrasser, sur plusieurs centimètres de chaque côté, la partie isolante du câble non enlevée, de façon qu'il n'y ait aucune solution de continuité.

Quelquefois même on recouvre le tout d'une couche de ficelle qui donne à l'ensemble une grande résistance mécanique.

Si l'épissure a été bien faite, elle ne constitue pas un point faible, elle est aussi résistante mécaniquement que le câble courant.

Pour exécuter une épissure commodément, on se servira de 2 étaux rapprochés à environ 20 ou 30 centimètres, dans lesquels on serrera les câbles, de façon à ce qu'ils restent bien en position pendant qu'on travaille l'épissure.

Pour réunir des *files*, il suffit de réunir les bouts sur 7 ou 8 centimètres, puis de les tordre ensemble en spires serrées. On recouvre le tout

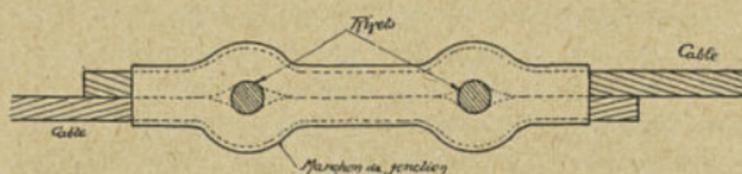


FIG. 30. — Manchon de jonction à rivets pour ligne aérienne.

de fil à ligature fin et bien serré et on soude.

Pour les fils et câbles en cuivre dur des lignes aériennes, qui ont à résister à un gros effort mécanique, il ne faudra pas souder : l'échauffement recuirait en effet le fil qui n'aurait plus la résistance mécanique nécessaire.

On fait alors des épissures non soudées, mais très soigneuses et portant sur une plus grande longueur de fil ou câble, ou mieux on emploie des petits manchons de jonction en cuivre rouge, dans lesquels on introduit les conducteurs à jonctionner, côte à côte, et où l'on place 2 ou 3 rivets ayant pour effet de serrer le manchon contre les conducteurs. Ce mode de jonction est très recommandable et très rapide. C'est le seul

à employer pour les lignes en aluminium, qu'on ne peut pas souder (fig. 30).

Pour les dérivations, on fait des épissures en T : l'extrémité du câble de dérivation est détordue, puis on sépare les fils en deux portions égales, qui seront enroulées en spires très serrées autour du câble principal, l'une à gauche, l'autre à droite de la dérivation. On isole comme précédemment.

**Fixation des cosses.** — Les connexions des fils et câbles aux bornes des machines et appareils devront toujours se faire par cosses.

Les cosses doivent être fixées par soudure. On commencera à choisir soigneusement les dimensions de la cosse de façon que le câble rentre juste dans la cosse.

On enlèvera l'isolant du câble sur la longueur nécessaire, puis on étamera le bout ainsi dénudé, ainsi que l'intérieur de la cosse. On met alors le câble en place, on chauffe en faisant couler de l'étain pour bien garnir les vides.

Le décapage se fera à la résine, comme pour les épissures.

Il existe dans le commerce des cosses dont la fixation se fait par vis de pression. Nous en déconseillons formellement l'emploi : les vis se desserrent inévitablement et le contact devient mauvais.

## CHAPITRE IV

### INSTALLATIONS DE TABLEAUX, DE CABINES, etc.

---

1. *Tableaux de distribution.* — 2. *Installations de moteurs.* — 3. *Postes de transformation.*

Nous verrons dans ce chapitre l'étude et l'exécution des tableaux de distribution, des installations de moteurs et des cabines de transformations.

#### 1. Tableaux de distribution

**Etude des tableaux de distribution.** — Nous avons vu dans la deuxième partie quels sont les schémas les plus souvent adoptés pour ce genre d'appareils. Avant de passer à l'exécution, on étudiera soigneusement ces *schémas*, de façon à déterminer quels sont les appareils nécessaires: appareils de mesure, interrupteurs, coupe-circuit, disjoncteurs, rhéostats, lampes témoin, etc.; puis, une fois le schéma définitif adopté, on fera les *dessins d'exécution* du tableau.

Pour pouvoir faire ces dessins, il faut connaître les cotes de *perçage* des appareils à monter sur le tableau: les interrupteurs, rhéostats, appareils de mesure, etc., sont en effet

fixés au marbre au moyen de boulons de fixation, qui servent le plus souvent de bornes de prise de courant, les connexions étant serrées par les écrous de ces boulons.

Les cotes de perçage sont généralement données par les catalogues des constructeurs d'appareillage : elles comprennent les distances d'axe en axe des trous et les diamètres de ceux-ci. On vérifiera que les boulons sont assez longs pour traverser le marbre et porter de l'autre côté les rondelles, cosses, écrous et contre-écrous nécessaires à un bon serrage des connexions. Une fois ces cotes connues, on les reportera sur une feuille de papier, en disposant les appareils les uns à côté ou au-dessus des autres, de telle sorte que la manœuvre en soit aisée : on dispose généralement les rhéostats à une hauteur de 0<sup>m</sup>75 à 1 mètre au-dessus du sol, les interrupteurs, inverseurs, disjoncteurs, etc., au-dessus, puis, tout en haut, vers 2 mètres, les appareils de mesure.

On devra tenir compte, pour la disposition des appareils, des *rapports relatifs* des appareils entre eux, par exemple mettre un ampèremètre au-dessus de l'interrupteur de la ligne sur laquelle est branché cet ampèremètre : de la sorte, à première vue, on supposera que ces appareils sont relatifs à un même circuit.

On devra aussi tenir compte de la *facilité d'exécution* des connexions qui devront se *croiser* le moins possible. Pour cela on exécutera, en se basant sur le premier plan de perçage établi, le *dessin des connexions*, sous forme d'une ou plusieurs vues de l'arrière du tableau. On pourra à ce moment entrevoir des modifications possibles, qui permettront, au prix d'une

légère modification de la disposition des appareils adoptée dans le premier plan de perçage, une simplification des connexions.

Pour l'exécution de ce dessin, on tiendra compte des considérations suivantes :

a) Adopter un marbre de dimensions suffisamment réduites pour être d'un prix de revient acceptable : si on est conduit à un marbre trop grand, diviser le tableau en plusieurs *panneaux* de dimensions normales : par exemple 0<sup>m</sup>80 à 1 mètre de largeur avec 1 mètre à 1<sup>m</sup>50 de hauteur. On s'efforcera de donner à chaque panneau une affectation distincte : par exemple, chaque panneau comprendra tous les appareils se rapportant à une ligne déterminée : interrupteurs, fusibles, ampèremètres, automatiques, etc.

L'épaisseur des marbres employés en électricité est de 40 mm. Une face est polie ; c'est celle qui devra rester apparente ;

b) Adopter dans les conducteurs destinés à constituer les connexions des *densités de courant* très faibles, inférieures à 1 amp./mm<sup>2</sup>, surtout pour les grosses sections. En effet, les connexions sont déjà échauffées par les contacts qui sont nombreux, puisqu'il y en a à chaque point de serrage ; on doit donc éviter d'augmenter les causes d'échauffement ;

c) Adopter pour le serrage des connexions des *densités de courant au contact* aussi faibles que possible : au plus 12 amp./cm<sup>2</sup>. On répartira le contact sur des surfaces aussi grandes que possible au moyen de rondelles.

Les connexions se feront autant que possible, au moins pour les grosses intensités, au moyen

de *barres* rectangulaires en cuivre rouge ou aluminium nu. Les barres sont en effet plus économiques que les conducteurs isolés, leur aspect est meilleur, le schéma des connexions est plus facile à lire, et enfin elles permettent l'adjonction facile des nouvelles dérivations qui seraient nécessaires ultérieurement.

Les *coudes* seront faits sur le plat et on disposera les barres de telle façon que ce soit facile : la courbure sur champ est quelquefois possible, mais toujours difficile à exécuter.

Lorsqu'il s'agira de répartir l'énergie amenée par une ligne sur plusieurs départs, on disposera de *barres omnibus* : ce sont des barres horizontales courant d'un bout à l'autre du tableau et sur lesquelles seront dérivées les différentes lignes.

Les barres devront être, tant de par leur mode de fixation que par leur section, très rigides.

Lorsque la section nécessaire est trop faible pour donner une barre de section suffisante et que des raisons d'économie prohibent l'emploi de barres de section surabondante, on pourra employer des câbles, nus ou isolés ; les extrémités de ces câbles seront toujours fixées aux bornes par des *cosses* soudées.

Il est nécessaire aussi de s'occuper de la *charpente* du tableau : c'est une armature en fers L ou U, qui solidariserà les différents panneaux qui lui seront fixés par des boulons, et dont les extrémités seront généralement scellées dans les murs ou dans des massifs en béton.

La charpente devra être de forme simple, facile à exécuter. Les cornières permettent un

grand nombre de combinaisons. Dans un but de standardisation, on emploie le plus souvent des cornières de 60 mm. La charpente devra maintenir les marbres à une bonne *hauteur*, permettant une manœuvre facile des appareils : le vide laissé en dessous des marbres sera rempli par une sorte de soubassement en tôle perforée ou en métal déployé.

La charpente devra laisser, entre le tableau et le mur, un *couloir* suffisant pour qu'on puisse y travailler sans danger : une distance de 1 mètre remplit généralement bien ces conditions. Ce couloir pourra être fermé aux deux extrémités par des *portes* en tôle perforée ou en métal déployé qui en interdiront l'accès au personnel non compétent.

On devra prévoir tout autour du tableau, tant à l'avant qu'en arrière, un *plancher isolant*, formé de planches en bois sec reposant sur le sol par l'intermédiaire d'isolateurs accordéon en porcelaine.

En somme, *l'étude complète* d'un tableau devra comprendre :

Le schéma de principe;

Le plan de perçage du marbre;

Une vue avant des marbres montrant les dispositions relatives des appareils;

Une ou plusieurs vues arrière des panneaux montrant le détail des connexions ;

Un dessin d'exécution de la charpente.

**Exécution du tableau.** — Les différentes opérations sont :

*L'équarrissage* et le *polissage* des marbres : ce travail est généralement effectué en scierie

et on achète les marbres sciés aux dimensions et polis sur une face. Nous n'insisterons donc pas ;

Le *perçage des marbres*: on dispose le marbre horizontalement et après avoir marqué le centre des trous, on perce avec une mèche spéciale, dite mèche à marbre. Cette mèche peut être manœuvrée au moyen d'un vilbrequin, ou d'une petite perceuse électrique à vitesse lente.

La mèche doit naturellement être tenue bien droite. Pour cela on utilise souvent une sorte de perceuse radiale composée d'une grande table, sur laquelle on disposera le marbre, et d'un bras horizontal fixé au-dessus de la table, bras le long duquel on peut déplacer la perceuse, le bras lui-même pouvant tourner. On peut ainsi atteindre un point quelconque du marbre avec la perceuse, tout en maintenant celle-ci bien perpendiculaire. L'avance de l'outil est donnée par un volant commandant une vis qui déplace verticalement le bâti de la perceuse.

On doit toujours attaquer le marbre par la surface polie : le dégagement de l'outil se fait quelquefois mal, et la mèche, en traversant, peut enlever des éclats de marbre : il vaut mieux que ce soit sur la face arrière.

*Exécution de la charpente.* — C'est un simple travail de serrurerie, et nous renvoyons pour cela aux autres manuels de la même collection. On fait le plus souvent les assemblages par boulons et non par rivets: cela donne plus de facilité, en cas de transformation ultérieure du tableau.

La charpente est ensuite mise en place, scellée, et on y boulonne les panneaux.

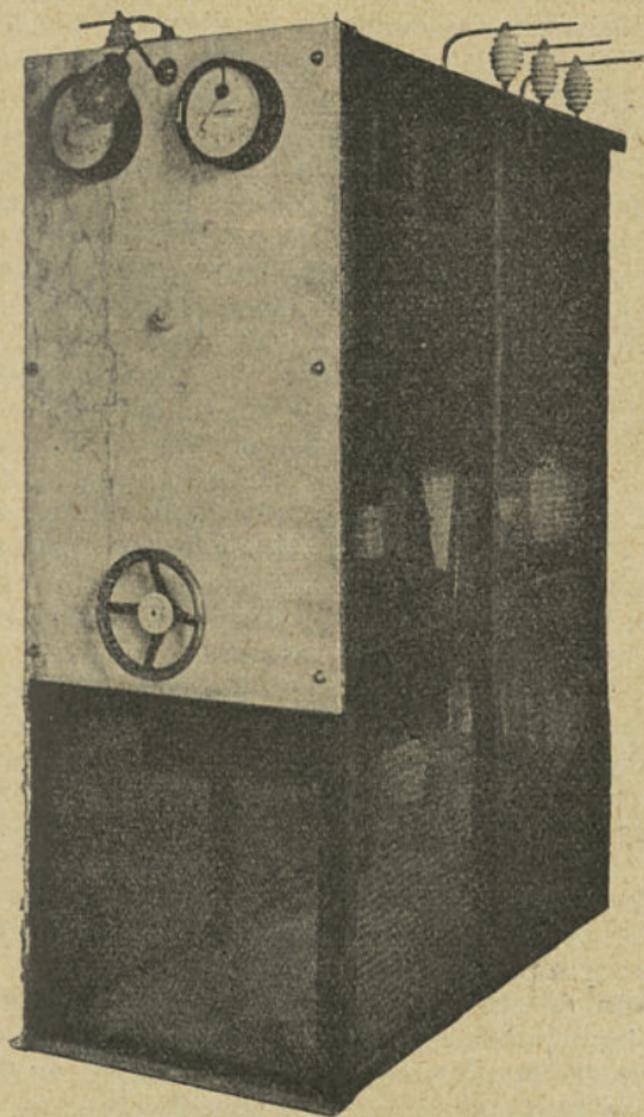


FIG. 31a — Élément de tableau haute tension  
construction Merlin et Gerin.

*Montage des appareils.* — Ce montage ne présente généralement pas de difficulté : la fixation se fait par écrous derrière le tableau; on interpose une rondelle pour éviter l'éclatement du marbre en cas de serrage trop brutal.

*Montage des connexions.* — Les barres sont coupées, percées et assemblées sur les organes de serrage des appareils, conformément aux dessins de l'arrière du tableau. Pour les fils et câbles, les cosses sont soudées.

On ne saurait porter trop d'attention sur l'exécution des *contacts* : une bonne mesure consiste à étamer les pièces qui devront venir en contact : barres, cosses, etc. On recommande aussi quelquefois de dresser à la lime bâtarde afin que les petites rugosités viennent s'écraser les unes sur les autres; nous préférons l'étamage qui évite toute oxydation. Quoi qu'il en soit, l'essentiel est que les surfaces portent bien les unes sur les autres, à quoi on parvient par un dressage soigneux, en limant bien droit, et par un serrage énergique et irréversible. L'emploi de contre-écrous est indispensable; en effet, les dilatations et contractions successives, sous l'effet des échauffements locaux, ont tôt fait de desserrer un écrou simple.

Une fois le montage terminé, on devra s'assurer, le schéma de principe en mains, qu'il ne comporte pas d'*erreur*.

Afin de suivre facilement le trajet des conducteurs, on a coutume de les *peindre* de couleurs différentes suivant leur polarité ou leur phase. Cette peinture ne doit s'effectuer qu'une fois les contacts bien serrés, afin d'éviter l'introduction de peinture entre les surfaces.

*Cas des locaux humides.* — Pour les locaux

très humides, on devra prendre des précautions spéciales : l'humidité se dépose en effet sur le marbre, d'où des pertes plus ou moins importantes par la surface de ceux-ci. On réduit ces pertes dans de grandes proportions en laissant séjourner pendant une journée les panneaux, avant montage, dans un bain de paraffine fondue.

**Mise en service d'un tableau.** — La mise en service comportera au préalable des essais d'isolement, et éventuellement de rigidité diélectrique, comme pour les lignes.

On opérera de même le réglage des fusibles et des automatiques.

On procédera ensuite à l'étalonnage de tous les appareils de mesure, et en particulier des compteurs et des enregistreurs.

On pourra alors mettre le tableau en service.

## 2. Installations de moteurs

L'installation d'un moteur comprend les parties suivantes :

- Fixation de la machine;
- Installation de l'appareillage;
- Installation du câblage.

**Fixation de la machine.** — Les boulons de fondation sont à fixer aux cotes indiquées sur le plan de fondation fourni par le constructeur. On exécute d'abord l'ensemble du massif qui consiste en un bloc parallélépipédique de béton, où l'on ménage, au moyen de 4 caniveaux en bois plantés verticalement, l'emplacement des

boulons de fondation. Le béton a généralement la composition suivante:

Cailloux : 2 1/2 volumes;

Mortier: 1 volume.

Le mortier lui-même comportant :

Sable : 2 à 3 volumes;

Chaux hydraulique ou ciment, 1 volume.

Le béton s'applique par couches successives de 20 centimètres d'épaisseur qui sont soigneusement damées; il est bon de ne pas trop se presser pour l'exécution de ce travail, afin que le séchage se fasse progressivement. Lorsque le béton est bien pris, on enlève le caniveau qui servait à réserver l'emplacement des boulons; on met ceux-ci en position, puis on coule du ciment dans les vides ainsi ménagés.

Pendant que le ciment est encore pâteux, on règle l'écartement des boulons au moyen d'un cadre en bois percé de trous à l'écartement voulu; on laisse ensuite sécher le plus longtemps possible (fig. 32).

Lorsqu'on est très pressé, on peut activer en se servant de *ciment fondu*; c'est un ciment qui reste pâteux pendant 5 à 6 heures, puis fait prise brusquement et très complètement; au bout de 24 heures, la prise est plus complète que celle du ciment ordinaire au bout d'un mois.

Sur les boulons de fondation viennent se fixer, soit les *glissières*, dans le cas de commande par courroie, soit directement le moteur, dans les autres cas.

Dans le cas de la commande directe par accouplement rigide, les 2 arbres doivent être exactement dans le prolongement l'un de l'autre.

tre : comme ce serait difficile à réaliser, on a presque toujours une *plaque de fondation* commune pour le moteur et la machine qu'il commande : de la sorte, c'est un simple problème d'ajustage mécanique. Avec l'accouplement souple, il n'y a pas besoin d'une telle précision, et on arrive à régler la position du moteur en fai-

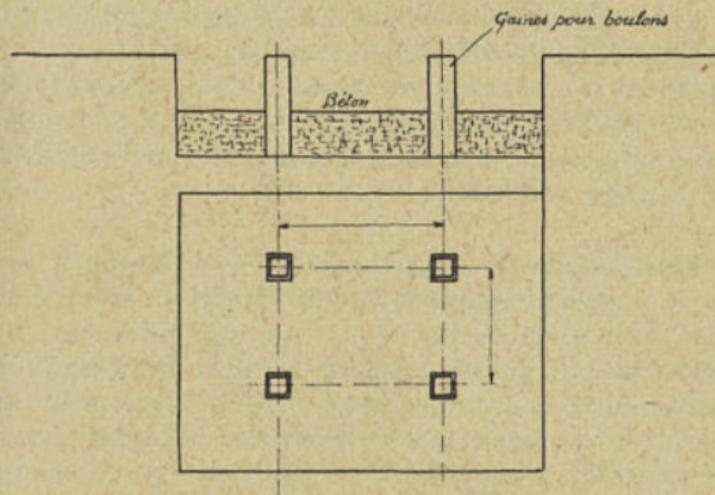


FIG. 32. — Massif de fondation, en cours d'exécution, pour moteur électrique.

sant tourner l'arbre à la main, observant les points durs, en plaçant des cales et, s'il y a lieu, en ovalisant les trous de fixation.

Dans le cas de la *commande par courroie*, il faut que les 2 poulies soient bien parallèles et dans le prolongement l'une de l'autre. On fera des *règles* bien droites que l'on appliquera sur les 2 poulies, bien parallèlement aux côtés de la plus grande : l'obliquité de la règle sur les côtés de l'autre poulie donnera des indications

sur le déplacement à effectuer. Ce déplacement est très simple par le jeu des boulons de fixation du moteur sur les glissières et par la manœuvre des tendeurs.

On complétera le réglage en faisant tourner le moteur, réuni à la machine par une courroie un peu lâche. Si le réglage n'est pas bon, la courroie sautera, et son mouvement, observé à vitesse réduite, indiquera de quel côté il faut incliner le moteur.

Nous renvoyons aux manuels du mécanicien pour la détermination de la *tension* à donner aux courroies et pour l'exécution des assemblages de courroies.

**Installation de l'appareillage.** — L'appareillage d'un moteur comprend généralement : un interrupteur avec fusibles ou un automatique, un rhéostat, un ampèremètre. On les groupe généralement sur un petit tableau à proximité du moteur. Autant que possible le tableau devra se trouver à portée de la main de l'ouvrier qui conduit la machine : il sera en tout cas toujours facilement accessible.

Pour l'exécution de ces tableaux, se rapporter à ce que nous avons dit relativement aux tableaux de distribution.

Actuellement, on emploie de plus en plus, aux emplacements exposés aux intempéries ou aux poussières, de l'*appareillage blindé*. Ces appareils sont fixés aux murs par des boulons scellés serrés sur les pattes de fixation de l'appareil.

Les entrées de câbles seront exécutées avec le plus grand soin, afin que la nécessité de l'étanchéité soit respectée; généralement, des presse-

étoupe sont ménagés; quelquefois, les entrées sont disposées pour manchonnage direct sur des tubes isolants armés.

**Installation du câblage.** — Le tracé du câblage est très simple lorsque le moteur et les appareils sont disposés contre les murs ou le long d'un pilier. Dans le cas contraire, il faut souvent traverser le sol; on y parvient au moyen de *caniveaux* en bois encastrés dans le sol, ou de caniveaux cimentés recouverts d'une dalle en tôle, ou encore de tubes cuirassés encastrés dans le sol. Il faut, en tout cas, absolument éviter de poser des tubes sur le sol sans protection.

Les connexions au moteur et aux appareils se feront toujours par cosses soudées.

**Mise en service d'un moteur.** — La mise en service sera toujours précédée d'un essai d'isolement de la machine, des appareils et du câblage.

Un isolement inférieur à 10 mégohms indique un défaut qu'on devra rechercher circuit par circuit, enroulement par enroulement.

On pourra se trouver en présence d'un *défaut de montage*: câble détérioré, borne mal isolée, etc. ou d'un *mauvais séchage* des enroulements.

Dans le premier cas, on réparera la partie mauvaise; dans le second cas, on séchera les enroulements en y faisant passer pendant un certain temps un courant réduit: par exemple en faisant tourner le moteur à vide pendant 24 heures; la chaleur dégagée, ainsi que l'effet de ventilation du moteur seront généralement

suffisants pour relever l'isolement. Dans le cas contraire, il faudrait s'adresser au constructeur.

Il est assez rare que l'on fasse des *essais de rigidité diélectrique* sur le moteur une fois mis en place, tout au moins pour la basse tension. Si on le fait, il y aura lieu de prendre une tension d'essai inférieure à la tension d'essai en usine. Il n'est pas utile de fatiguer sans raison l'isolant. (Pour les tensions d'essai à la réception en usine, voir la première partie.)

Ces essais ayant été effectués avec succès, on pourra mettre en route.

Le réglage des fusibles et des automatiques pourra se faire comme nous l'avons indiqué pour les lignes.

**Mise à la terre des bâtis.** — Une bonne précaution, utile pour les tensions de l'ordre de 200 volts, indispensable pour les tensions supérieures, consiste à réunir par un fil conducteur le bâti de chaque moteur à la terre. Pour les basses tensions, il suffira d'un boulon scellé dans la maçonnerie. Pour les hautes tensions, il sera bon de mettre une ligne spéciale avec une plaque de terre. De la sorte, si l'isolement entre enroulement et masse est mauvais, la ligne sera mise à la terre, mais on ne risquera pas d'être électrocuté en touchant le bâti.

### 3. Postes de transformation

**Etude des postes de transformation.** — L'étude d'un poste de transformation se fait d'une façon assez analogue à l'étude d'un tableau de distribution.

Il s'agit en premier lieu d'avoir bien déterminé le *schéma de principe* qu'on veut prendre comme base. Le lecteur se reportera pour cette détermination aux exemples de la deuxième détermination aux exemples du chapitre II.

Il faut alors connaître les *dimensions d'encombrement* de tous les appareils qui vont être employés : sectionneurs, parafoudres, coupe-circuit, disjoncteurs, transformateurs, bobines de self, etc. Les constructeurs d'appareillage donnent généralement ces dimensions sur leurs catalogues.

Si le bâtiment ou la cabine où on doit installer le poste existe déjà, le *dessin d'exécution* consistera à mettre en place ces différents appareils dans l'espace dont on dispose.

Si ce bâtiment n'existe pas encore, on devra en faire le *projet* en le prévoyant de dimensions suffisantes pour qu'on y puisse loger les appareils.

Nous ne décrirons pas la construction du bâtiment, ce qui est un simple problème d'architecture industrielle; nous ferons seulement remarquer que dans un but de sécurité, il est nécessaire:

a) Que le bâtiment soit construit en matériaux incombustibles;

b) Qu'il soit fermé par une porte fermant à clé;

c) Qu'il soit, autant que possible, isolé des autres bâtiments, afin d'éviter les risques de propagation d'incendie.

Le dessin d'exécution du poste devra tenir compte des considérations suivantes:

Les *distances entre conducteurs* de phases différentes et entre conducteurs et la masse doivent être suffisantes pour qu'en aucun cas on n'ait à craindre d'étincelle, même sous l'action des surtensions accidentelles.

Pour cela, il sera bon de prévoir ces distances très largement, avec un minimum de 20 centimètres pour toutes les tensions supérieures à 5.000 volts.

Pour les tensions supérieures à 30.000 volts, il sera bon de *cloisonner* les appareils : les cloisons seront en matière isolante et incombustibles; on fait des composés d'amiante, sous forme de dalles de quelques centimètres d'épaisseur, qui remplissent très convenablement cet office.

Les appareils sont portés par des *isolateurs à accordéon* pour l'intérieur, à *cloches* pour l'extérieur, isolateurs portant un double scellement : l'un pour la tige de fixation de l'ensemble scellée dans les murs ou boulonnée sur la charpente, l'autre pour le support de la partie métallique de l'appareil proprement dit.

Les constructeurs d'appareillage indiquent les tensions auxquelles peuvent résister ces isolateurs, mais il faudra toujours être large et surtout éloigner le plus possible les parties conductrices des murs et des charpentes.

Les *couteaux de sectionnement* seront toujours disposés de telle sorte que leur manœuvre soit facile et qu'on ne risque pas de toucher avec la perche de manœuvre d'autres conducteurs.

Ils seront disposés de façon que le poids du couteau tende à les faire ouvrir; de la sorte, ils ne risquent pas de se fermer tout seuls

lorsqu'on travaille sur une partie de l'installation.

Toutes les *lignes de terre*, et principalement celles venant des parafoudres, devront avoir un tracé aussi rectiligne et aussi court que possible : la section du fil sera au moins de 20 mm<sup>2</sup>. Si on ne prenait pas ces précautions, la ligne s'opposerait à l'écroutement des décharges et les appareils de protection seraient inutiles.

On doit pouvoir *entrer facilement* dans le poste, sans avoir à craindre de contact avec les conducteurs; on doit pouvoir travailler sans danger sur toute partie susceptible d'être isolée par des sectionneurs.

L'emploi de fil ou câble *isolé* est inutile et même nuisible pour la haute tension : on peut être amené, instinctivement, à toucher un fil isolé, en croyant que c'est un fil basse tension, tandis qu'un fil nu donne à réfléchir. On utilisera donc, en règle générale, du gros fil nu rigide auquel on fera prendre les courbures nécessaires. Un *plancher isolant* sera disposé de telle sorte qu'il ne soit possible de toucher aucune poignée d'appareil sans être isolé : il peut en effet y avoir des pertes dans les appareils.

Toutes les parties métalliques autres que les conducteurs : ferrures, cuves de transformateurs, d'interrupteurs, charpentes, etc., seront mises soigneusement à la terre par l'intermédiaire d'un conducteur de grosse section. La prise de terre sera différente de celle des parafoudres. On évite ainsi la mise sous tension de ces parties par suite de défauts dans les appareils.

Au-dessus des parafoudres on devra prévoir un espace suffisant, libre de toute partie mé-

tallique, pour que l'arc amorcé par la décharge ne risque en aucun cas de venir s'amorcer avec ces parties métalliques; il n'y aura pas non plus de matière sujette à s'enflammer.

En résumé, l'étude d'un poste de transformation comportera les dessins suivants:

Schéma de principe;

Dessins d'exécution.

Lorsque les scellements seront effectués par un maçon, il sera bon de lui faire un dessin simplifié qui lui indique bien exactement les scellements à faire, sans l'embarrasser avec le tracé complet des connexions et des appareils.

De même, lorsque le poste devra comprendre une charpente métallique, on pourra faire, à l'usage du serrurier, un dessin coté des charpentes à exécuter.

**Exécution d'un poste de transformation.** — Une fois faite, l'étude dont nous venons de parler, l'exécution ne présente aucune difficulté spéciale : c'est une question de soins à apporter au travail pour respecter les cotes. Pour les connexions et les contacts, on prendra les mêmes précautions que dans l'exécution des tableaux basse tension.

**Mise en service d'un poste de transformation.** — Cette mise en service comporte tout d'abord, comme pour une ligne ou un tableau, la vérification complète des appareils et des connexions au point de vue isolement et rigidité diélectrique.

Les appareils dans l'huile : transformateurs, interrupteurs, etc., à haute tension, ne seront jamais mis en service sans qu'on ait procédé au

séchage de l'huile; il y a, en effet, toujours un peu d'humidité qui se mêle à l'huile, surtout si l'appareil est resté longtemps avant de fon-

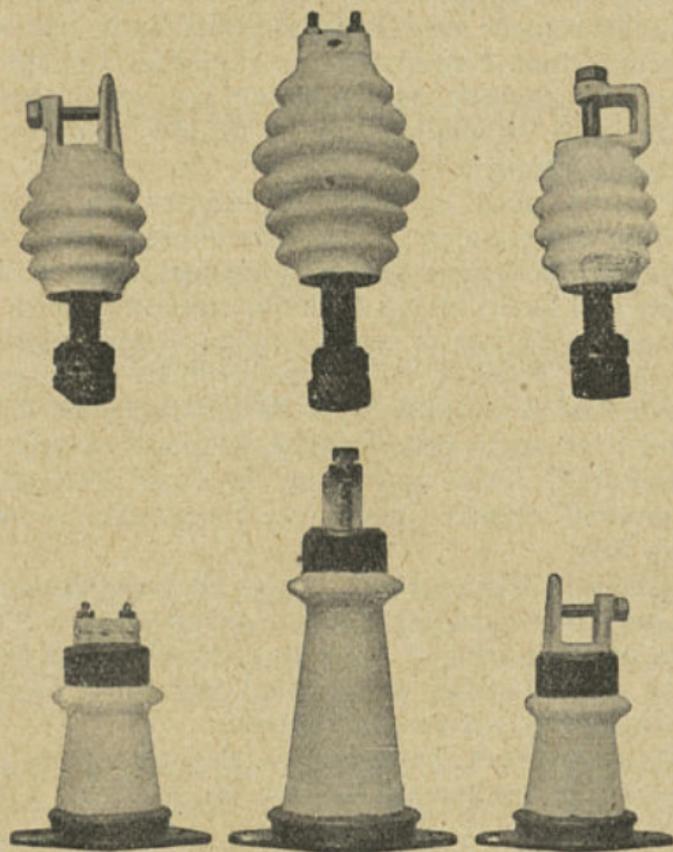


FIG. 33. — Supports de barres et de fils pour installations à haute tension.

(Construction Merlin et Gerin).

tionner. Cette humidité s'infiltré dans les enroulements et produira un claquage à la mise en route.

Le séchage de l'huile s'effectue en la portant progressivement à une température de 110° et en l'y laissant pendant plusieurs heures.

On peut l'effectuer en plongeant dans la cuve des résistances que l'on fait parcourir par un courant dont l'intensité est réglable. Un thermomètre permet de contrôler la température. Tant qu'il se dégage de la fumée, c'est qu'il reste de l'humidité.

Parfois, pour les transformateurs, on utilise comme résistances les enroulements mêmes du transformateur, ce qui a l'avantage de bien sécher, et l'huile et les transformateurs; mais si l'on alimente par la basse tension, il faut mettre la haute tension en court-circuit. Avec une tension bien moindre que la normale, on aura ainsi l'intensité nécessaire à l'échauffement.

Pendant cette opération, la cuve doit être largement ouverte pour que l'humidité se dégage bien.

Après le séchage de l'huile, on procédera au *réglage des fusibles et des automatiques*; on fera cette opération avec du courant basse tension, un rhéostat permettant de faire varier l'intensité et un ampèremètre.

Puis on fera l'étalonnage des appareils de mesure, et on pourra mettre en service.



## DEUXIÈME PARTIE

### ENTRETIEN DES INSTALLATIONS

---

#### CHAPITRE PREMIER

#### NÉCESSITÉ ET ORGANISATION D'UN SERVICE D'ENTRETIEN DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

---

1. *Nécessité d'un service d'entretien électrique.*
- 2. *Rôle du service d'entretien.* — 3. *Personnel.* — 4. *Outillage.* — 5. *Archives et documents.*

Nous n'avons pas la prétention de donner des types d'organisation de services d'entretien électrique pour tous les cas qui peuvent se présenter dans les installations industrielles. Ces cas sont trop divers pour qu'on puisse y adapter des solutions rigides. Cependant nous étudierons les principes sur lesquels doit être basée une telle organisation. Et tout d'abord nous dirons quelques mots de son utilité : il peut paraître paradoxal d'avoir à démontrer une chose si évidente à notre époque d'organi-

sation à outrance. Cependant nous avons rencontré des installations où un tel service n'existait pas ou était représenté uniquement par un manoeuvre sans aucune connaissance professionnelle, qui, hebdomadairement, passait une heure à gorger d'huile les paliers et... les enrroulements des moteurs !

### 1. Nécessité d'un service d'entretien électrique

A la base même de toute production industrielle, se trouve, plus ou moins importante, mais toujours indispensable, la *force motrice*. Que celle-ci vienne à manquer, les machines s'arrêteront, les ouvriers devront se croiser les bras, les patrons payer des frais généraux qui ne correspondront à aucun bénéfice. Il est donc tout naturel que le maintien en bon état de fonctionnement des organes destinés à la mise en œuvre de cette force constitue une des préoccupations primordiales de la direction.

Or, dans la grande généralité des cas, cette force motrice est l'énergie électrique.

Il devra donc exister dans toute usine, sous une forme plus ou moins complète, suivant l'importance de l'installation, un *service électrique*.

Ce service sera sous les ordres directs du *directeur* ou du chef de fabrication, car son rôle devra être non seulement de maintenir les organes destinés à la mise en œuvre de la force motrice en bon état, au jour le jour, suivant les nécessités de la production actuelle, mais aussi de *prévoir* les transformations qui seront

nécessaires pour réaliser, dans les meilleures conditions possibles, un programme de fabrication déterminé, prévu longtemps à l'avance par les services directeurs.

Il est absolument inadmissible que les organes même qui donnent la vie à l'entreprise soient laissés aux soins de l'un ou de l'autre, au petit bonheur, sans qu'une idée directrice conduise le travail. D'ailleurs il est d'une mauvaise organisation de distraire de temps à autre un *producteur*, c'est-à-dire un ouvrier spécialisé dans la fabrication d'un objet ou d'un produit, pour lui faire faire de l'entretien, c'est-à-dire un travail auquel il ne connaît généralement pas grand'chose, et qui ne l'intéresse pas, parce que ce n'est pas pour ce travail qu'il est payé.

Les arguments que pourra nous opposer la routine ne seront pas difficiles à réfuter.

On nous dira d'abord : « Il y a vingt ans que cela tourne comme ça : il n'y a pas de raison que ça s'arrête. » Mais si : il y a cette excellente raison que les organes des machines, comme les organismes humains s'usent à la longue : qui peut être assuré de ne pas mourir parce qu'il y a vingt ans qu'il respire ?

On nous dira aussi : « Un service d'entretien, cela coûte de l'argent, et l'installation est trop peu importante pour qu'on puisse impunément la grever de frais généraux. »

D'abord, il y a service d'entretien et service d'entretien : ce service peut se réduire à très peu de chose, si l'installation est peu importante, tout en gardant cependant un rôle utile. Et puis, savez-vous à combien vous revient votre force motrice ? A combien elle vous re-

viendrait si elle était entretenue, si l'organisation en était logique ? Il y a de fortes chances que la différence soit plus élevée que le salaire d'un ouvrier d'entretien.

Les organes des machines, en particulier des machines électriques, sont délicats, parfois compliqués : ils exigent la connaissance de certaines notions que tout le monde ne peut pas avoir. Fait-on réparer une montre par un terrassier ? Eh bien ! il est plus facile au profane de comprendre le fonctionnement de la montre la plus compliquée, que de la machine électrique la plus simple !

Il faut donc, dans toute organisation industrielle, un *service force motrice* suffisamment important pour assurer l'entretien et les réparations courantes, suffisamment compétent pour le faire avec une perfection en rapport avec la haute utilité de ce travail, et qui prenne enfin ses ordres suffisamment haut pour travailler avec des idées générales et de l'esprit de suite.

## 2. Rôle du service d'entretien

Jusqu'où doivent s'étendre les attributions de ce service ? Doit-il embrasser tout, de façon à rendre l'usine absolument autonome, ou au contraire se cantonner dans le travail courant, en laissant les choses un peu spéciales à du *personnel étranger* ?

Nous croyons qu'il est bon d'observer une sage mesure.

Il est évident que la *grande industrie* : grosses organisations métallurgiques ou textiles, compagnies de mines, etc., étant donné le développement des installations, la nécessité d'avoir

toujours sous la main les moyens nécessaires, pourra voir grand, et se rendre, au point de vue installations, transformations, réparations, complètement indépendante du dehors, sauf des constructeurs, bien entendu. On voit, dans ces grandes organisations, des ateliers pour la réparation et la transformation de toutes les machines électriques, un bureau d'études d'installations complet, des équipes de pose de lignes, des laboratoires d'essais, etc. On évite ainsi d'avoir à payer le bénéfice des entrepreneurs que l'on emploierait, on est maître de l'organisation des chantiers, on évite d'introduire un personnel inconnu, etc.

Mais, d'autre part, il pourra être difficile *d'occuper continuellement* tout ce personnel : il sera matériellement impossible d'obtenir les fournitures au même prix que les aura le gros entrepreneur, de les avoir en stock comme lui. Et puis le personnel, un peu trop confiné dans son usine, ignore souvent ce qui se fait ailleurs, n'est pas au courant des nouveautés dans le matériel et les procédés de mise en œuvre.

D'autre part, à l'autre pôle de la question, le service d'entretien qui se contenterait de faire le travail *tout à fait courant*, qui ne serait pas capable d'entreprendre une petite transformation par ses propres moyens, risque de se mettre trop complètement entre les mains d'un entrepreneur, toujours intéressé à pousser à la consommation, ou de n'avoir pas, en cas d'urgence, les moyens nécessaires sous la main.

Il y a donc un juste milieu à tenir, plus ou moins rapproché des extrêmes, suivant l'importance de l'atelier.

Par exemple, on se demande souvent si le

service d'entretien doit faire du *rebobinage de moteurs*.

Le bobinage, le bobinage bien fait, naturellement, est un travail assez délicat, qui doit être confié à un spécialiste : on ne devra donc organiser un atelier de bobinage que si l'importance de l'installation est telle qu'on puisse occuper toute l'année un bobineur, qui devra se consacrer uniquement à ce travail. D'autre part, il faut avoir en magasin un petit stock des fils et câbles les plus courants : ce serait coûteux dans une petite installation.

La pose des *lignes intérieures* pourra souvent être confiée au personnel de l'usine, mais pour les *lignes extérieures*, sur pylônes et sur poteaux, il faut des équipes plus nombreuses, il y a des questions de tension à donner aux conducteurs qui sont plus délicates.

L'exécution d'un *poste de transformation* ne devra être confiée à un ouvrier non spécialisé dans la haute tension que si l'on est en mesure de le faire travailler sur des plans étudiés et détaillés, de le guider et de le surveiller.

La fabrication d'un *tableau de distribution* demande un peu d'outillage spécial, et surtout un certain tour de main pour faire quelque chose de pratique et pas trop embrouillé. Dans l'atelier de construction, on pourra utiliser des chutes de cuivre pour les barres, les connexions : à l'usine on n'a pas cette facilité : le tableau sera généralement plus long à construire, plus coûteux.

Quant à tout ce qui est *entretien* proprement dit : nettoyage et graissage des machines, entretien des contacts, surveillance des appareils, c'est bien le rôle de l'électricien d'usine, et il

n'y a pas lieu, une fois que le personnel sera mis au courant, de recourir à des entrepreneurs. La simple surveillance d'une personne compétente et désintéressée sera beaucoup plus efficace (service de contrôle).

En somme, le rôle et les attributions du service électrique d'usine sont très différents suivant les cas particuliers, mais il y a cependant quelques idées directrices qui doivent éviter de tomber dans les extrêmes.

Ce rôle est d'ailleurs en grande partie fonction du plus ou moins de compétence du personnel que l'on emploie, de son importance numérique.

C'est ce que nous allons étudier.

### 3. Personnel

Sous sa forme élémentaire, le service force motrice, dans les très petites installations, se compose d'un *ouvrier* intelligent, actif et consciencieux, à la fois bon mécanicien et bon électricien, capable de tirer une ligne, de faire une petite réparation à un moteur de réparer et modifier les arbres de transmission, d'ajuster un palier, etc.

Demander un tel ensemble de connaissances professionnelles et de qualités à un seul homme, est souvent chose osée. Aussi, dès que l'importance de l'installation le permet, devra-t-on avoir un *mécanicien*, et un *électricien*. Le plus compétent des deux sera, bien entendu, le chef de l'autre. Si l'installation comporte aussi des chaudières, un troisième ouvrier viendra s'adjoindre aux deux premiers pour constituer le *service vapeur*.

A un stade plus élevé de l'organisation viendra le cas d'un service motrice comportant comme chef un *technicien*, praticien instruit ou ingénieur, et un certain nombre d'ouvriers répartis en service électrique, service mécanique, service vapeur.

Enfin, dans les *grandes installations*, chacun de ces services pourra, lui-même, être commandé par un ingénieur.

Dans de tels services, il faut un personnel de tout *premier choix*, aussi bien comme ouvriers que comme cadres. On ne doit pas oublier que, d'une négligence, d'une imperfection dans l'exécution du travail, peuvent résulter des conséquences graves pour la fabrication : arrêt total de l'usine, augmentation du prix de revient de la fabrication, etc. Et je passe sous silence les risques d'incendie provenant de court-circuit, encore bien plus graves, puisqu'ils mettent en danger l'existence même de l'usine. Aussi nous permettrons-nous d'attirer l'attention de tous sur l'importance de la question : le patronat ne devra pas hésiter à mettre à la disposition de ses services d'entretien les moyens nécessaires; les techniciens devront consacrer leur activité et leur compétence à la direction intelligente de ces services; enfin les ouvriers chargés de ce travail si utile ne devront perdre aucune occasion d'augmenter leurs connaissances professionnelles, de façon à pouvoir être considérés comme un *personnel d'élite*, digne de ce rôle de premier plan.

Comme ouvriers, on obtient souvent un excellent résultat avec des jeunes gens sortant d'écoles professionnelles : ils ont quelques connaissances théoriques, un petit fonds de con-

naissances pratiques qui se développera au contact des camarades plus vieux dans le métier; ils s'intéressent à leur travail et poursuivent généralement, pendant leurs loisirs, leur instruction professionnelle.

Comme ingénieurs on devra choisir des gens qui unissent à un bon bagage théorique une instruction pratique acquise sur les chantiers des entrepreneurs d'installation, des grandes compagnies de distribution, à la plate-forme et au bureau d'études du constructeur.

Il faut assurer la *stabilité* de ce personnel : la plupart du temps, il faudra le faire avancer sur place, afin de ne pas le décourager. Il faut souvent longtemps pour bien connaître une usine dans tous ses détails.

Si l'organisation est importante, on devra s'assurer le concours d'un *spécialiste* de chaque spécialité : un bobineur expérimenté qui aura acquis son expérience dans les ateliers de bobinage d'une grande maison de construction, un monteur professionnel qui aura une grosse habitude des détails d'installation, etc.

#### 4. Outillage

De même que le personnel, l'outillage du service d'entretien électrique sera extrêmement variable suivant les cas particuliers, suivant l'importance de l'installation, suivant la nature des travaux qui devront être entrepris par ce service.

Voici, en gros, comment on devra composer cet outillage :

1° **Outillage d'ajusteur mécanicien.** — Indispensable pour tous les travaux de réparation des organes mécaniques des machines et des appareils, cet outillage pourra comprendre :

- 1 jeu de clés ordinaires de 6 à 40 mm.;
- 1 jeu de clés à douilles de 6 à 40 mm.;
- 1 clé à molette jusqu'à 35 mm.;
- 1 clé à molette jusqu'à 60 mm.;
- 2 burins ;
- 1 bédane ;
- 1 jeu de limes toutes tailles et toutes formes ;
- 1 scie à métaux ;
- 1 grattoir ;
- 1 marteau ordinaire ;
- 1 marteau cuivre ;
- 1 filière de 3 à 10 mm. avec tarauds et tourne-à-gauche ;
- 1 filière de 10 à 30 mm. avec tarauds et tourne-à-gauche ;
- 1 filière à tubes avec tarauds et tourne-à-gauche ;
- 1 perceuse à main à engrenages, 2 vitesses, pour mèches américaines jusqu'à 12 mm., avec jeu de mèches ;
- 1 perceuse électrique portative grande vitesse avec mèches américaines ;
- 1 perceuse fixe à bras ou à moteur jusqu'à 30 mm. avec ses mèches ;
- 1 tour à charioter et fileter, 250 mm. H. D. P., avec ses outils ;
- 1 pointe à tracer ;
- 1 pointeau ;
- 1 jeu chasse-pointes, chasse-clavettes, etc. ;
- 1 compas ;
- 1 compas d'épaisseur ;

- 1 pied à coulisse ;
- 1 palmer ;
- 1 règle graduée ;
- 1 équerre ;
- 1 marbre de mécanicien ;
- 1 trusquin ;
- 1 niveau d'eau ;
- 1 étau parallèle ;
- 1 jeu de tournevis ;
- 1 jeu de toiles émeri.

2° **Outillage de menuisier-charpentier.** — Cet outillage est utile pour la préparation de tous supports en bois pour lignes, pour l'exécution d'armoires de protection pour les machines et appareils, pour la confection des formes de bobinage, etc.

On aura, par exemple :

- 1 scie égohine ;
- 1 jeu de scies droite, à chantourner, etc. ;
- 1 scie à bûches ;
- 1 scie fixe à ruban ;
- 1 boîte à onglets ;
- 1 jeu de ciseaux à bois, gouges, etc. ;
- 1 jeu de râpes à bois, de toutes formes ;
- 1 rabot ;
- 1 varlope ;
- 1 jeu de tarières et vrilles ;
- 1 vilebrequin avec les mèches à bois ;
- 1 hachette ;
- 1 trusquin de menuisier ;
- 1 mètre de charpentier ;
- 1 décamètre à ruban ;
- 1 clé anglaise ;
- 1 marteau ;
- 1 jeu de tournevis.

**3° Outillage de serrurier-charpentier en fer.** — Utile pour l'exécution des ferrures de pylônes, de tableaux, etc. Il faudra :

- 1 forge portative;
- 1 enclume;
- 1 masse à frapper;
- 1 jeu de marteaux de forge, tranches, etc.;
- 1 jeu de marteaux à river, bouterolles, etc.;
- 1 jeu de cisailles droites, à chantourner, etc.;
- 1 poinçonneuse-cisaille à levier, avec poinçons et lames assortis;
- 1 perceuse électrique portative gros modèle.

**4° Outillage de maçon et terrassier.** — Utile pour l'exécution des scellements, massifs de fondations, etc. :

- 2 broches;
- 2 ciseaux à pierre;
- 1 marteau;
- 1 pic;
- 1 pelle;
- 1 caisse à mortier;
- 1 truelle;
- 1 tamis à sable;
- 1 dame;
- 1 marteau de casseur de pierres;
- 1 tamponnoir.

**5° Outillage d'étameur et d'électricien.** — Indispensable pour la préparation des contacts, la confection des épissures, le travail du fil et des câbles :

- 1 grosse lampe à souder;
- 1 petite lampe à souder;
- 1 fer à souder, à essence;
- 1 jeu de fers à souder;

- 1 jeu de limes douces;
- 1 jeu de pinces plates, coupantes, rondes, à gaz, de toutes dimensions;
- 2 pinces universelles à manche isolant;
- 1 jeu de pinces spéciales pour le travail du tube isolant armé, de tous diamètres;
- 1 coupe-tube pour le travail du tube isolant armé;
- 1 jeu de poulies à crochet pour le tirage des lignes;
- 1 outil à cintrer pour tubes armés en acier.

6° **Outillage de nettoyage et de graissage.** — Indispensable pour l'entretien courant :

- 1 fort soufflet (ou mieux un petit compresseur d'air à chariot);
- Chiffons;
- Pinceaux pour le vernissage;
- Burettes diverses;
- 2 thermomètres 110° C.

### 7° **Engins divers.**

- Echelles et marchepieds;
- Palans à moufle pour 100 à 500 kilogs;
- Piquets en gros fer T pour haubannage provisoire des poteaux;
- Pinces à riper;
- Palans pour le levage des machines (selon poids);
- 1 chèvre pour le levage des poteaux et des machines;
- 1 dynamomètre de traction 100 à 500 kilogs;
- 1 jeu d'élingues en chanvre pur.

En plus de cet outillage, il faudra avoir en stock un *certain matériel* d'usage courant, soit :

- Fil, câble nu et isolé de sections courantes ;
- Isolateurs à cloche, poulies porcelaine;
- Consoles, tirefonds, ferrures courantes;
- Fil à ligatures;
- Vis à bois, pointes, boulons, écrous, rondelles,  
tiges filetées, tampons, etc.;
- Fil et câble guipé pour réparations de bobina-  
ges;
- Soudure d'étain;
- Résine et borax ;
- Pâte à souder;
- Paraffine;
- Vernis isolant;
- Papier et toile émeri;
- Ciment et plâtre ;
- Poulies de moteurs et courroies ;
- Agrafes de courroies;
- Cling-surface ou résine à courroies;
- Métal antifricition;
- Huiles de graissage;
- Graisse consistante;
- Huiles de transformateurs et de disjoncteurs;
- Ruban isolant dit chatterton ;
- Toile huilée;
- Jaconas ;
- Ficelle;
- Appareillage courant : interrupteurs, douilles,  
sectionneurs, parafoudres, coupe-circuit;
- Lames et fils fusibles;
- Fers ronds, plats et profilés;
- Peinture au minium de fer;
- Moteurs de rechange, des puissances les plus  
courantes;
- Brai (pour les boîtes de câbles souterrains);
- Goudron;
- Lampes.

On devra, en outre, disposer de quelques appareils de *contrôle*, en particulier, d'un contrôleur d'isolement. Nous étudierons plus spécialement ce matériel dans la troisième partie.

Il ne faut pas s'effrayer de cette imposante énumération : il est bien entendu que l'on devra, la plupart du temps, se contenter de beaucoup moins. Il était cependant nécessaire de montrer toute la diversité de l'outillage nécessaire, si le service d'entretien doit se charger de *tous* les travaux possibles dans l'usine.

En pratique, on composera son outillage, en éliminant carrément le matériel correspondant aux travaux trop compliqués pour être confiés au personnel de l'entretien. Mais il est bien entendu que l'on ne peut rien faire avec rien, et qu'un *bon outillage*, entre les mains de *bons ouvriers*, constitue une chance de succès de haute valeur.

## 5. Archives et documents

Quelque peu compliquée que soit l'organisation du service d'entretien électrique, quelque légitime désir que l'on ait d'éviter la paperasserie inutile à l'intérieur de l'atelier, il est quelques documents indispensables que l'électricien doit pouvoir consulter à chaque instant, qui faciliteront son travail, tout en permettant à ses chefs d'en contrôler la bonne exécution.

Ces documents sont :

a) Une collection de *schémas* relatifs à l'installation : par exemple un plan de l'usine où seront repérés les emplacements des machines, avec le tracé des lignes, l'emplacement des sup-

ports avec l'indication de la section de chaque ligne, les schémas des tableaux de distribution, les schémas de montage des appareils spéciaux, tels que contrôleurs de ponts-roulants, etc.;

b) Un *fichier* où seront repérés tous les moteurs de l'installation. Ce fichier est extrêmement utile : son exécution et sa mise au courant constantes sont un très petit travail, vis-à-vis des avantages que l'on en peut espérer : introduction de l'ordre et de la méthode dans le travail journalier.

Un tel fichier pourra être organisé de la façon suivante :

On relèvera d'une part les plaques de tous les moteurs : numéro de construction, constructeur, type, puissance, service, tension, intensité, nombre de tours. D'autre part, on donnera à chaque emplacement de moteur un numéro.

On constituera alors 2 systèmes de fiches : l'un comportera un classement par numéro d'emplacement : il constituera l'histoire des moteurs qui se sont succédé à cet emplacement ; l'autre, au contraire, comportera un classement par numéro de construction des moteurs et constituera l'historique des déplacements et des modifications de chaque moteur.

Les numéros d'emplacement devront être repérés sur le plan de l'usine, et ce plan affiché dans le bureau ou l'atelier de l'entretien.

On pourra même repérer les numéros d'emplacement sur place au moyen d'étiquettes en tôle émaillée, ou de marques à la peinture.

Nous donnons, ci-après, un modèle de fiches de moteur et un modèle de fiches d'emplacement :

## FICHE DE MOTEUR (Recto)

Fiche du Moteur N° .....

*Constructeur* : .....

Type : .....

pour courant : .....

Périodes : .....

Tension : .....

Puissance  
en service continu : .....Puissance  
en service intermittent : .....

Nombre de tours : .....

Système : .....

Poulie : .....

Paliers : .....

## FICHE DE MOTEUR (Verso)

<i>Emplacements successifs</i>		<i>Réparations et Modifications</i>		
Dates	Numéros d'emplacement	Dates	Réparateur	Nature de la réparation

## FICHE D'EMPLACEMENT (Recto)

Fiche d'emplacement N° .....

Atelier : .....

Spécification des machines conduites : .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Mode de commande : .....

.....

Ligne d'alimentation : .....

.....

**FICHE D'EMPLACEMENT (Verso)***Numéros des moteurs installés*

Dates	Numéro du moteur

*Essais de puissance*

Puissance consommée aux bornes en service :

1° Continu ..... kw.

2° Intermittent ..... heures : ..... kw.

Pertes de la transmission : ..... kw.

Puissance nominale  
du moteur nécessaire : .....

c) Un *carnet d'ordres*, organisé de la façon suivante :

Sur les pages de gauche, le résumé des ordres donnés verbalement, ou, collé sur la page, l'ordre écrit émanant du service supérieur;

Sur les pages de droite, en regard des ordres, un résumé succinct de ce qui a été fait pour exécuter ces ordres : nom des ouvriers envoyés pour faire une réparation, durée et nature de la réparation, etc. Tout ceci sera naturellement daté et signé du chef responsable.

En traitant ce carnet comme un véritable « carnet de bord », en y inscrivant tous les incidents survenus, toutes les remarques faites, le chef d'entretien pourra souvent prouver sa bonne foi et dégager sa responsabilité vis-à-vis de ses supérieurs, en cas d'accident. Ceux-ci pourront, d'autre part, contrôler, au jour le jour, la bonne exécution du service;

d) Si le service d'entretien a son magasin propre, un *carnet d'entrée et de sortie du matériel*, de la forme bien connue, permettra un contrôle constant et rigoureux du stock existant. Rien ne pourra être pris sans l'employé chargé de la tenue de ce carnet.

Des inventaires périodiques permettront de le contrôler et de le mettre à jour : ces inventaires seront conservés;

e) Un *carnet de compteurs* où seront inscrits, jour par jour, les indications des compteurs.

Si, d'autre part, on dispose d'appareils enregistreurs, on conservera soigneusement les diagrammes. Ces divers documents permettront de se rendre compte des variations de la consommation et seront très utiles en cas de différend

avec les secteurs au sujet de l'exactitude des compteurs.

S'il y a des compteurs différents par services ou par ateliers, ces renseignements permettront également d'attribuer aux différents services ou ateliers des parts de frais généraux force motrice proportionnels aux consommations;

f) Si un service de contrôle vient périodiquement visiter l'installation, le service d'entretien devra conserver soigneusement *les rapports*, afin de pouvoir se guider sur eux pour les réparations et transformations à effectuer.

On conservera également les documents techniques relatifs au matériel employé : instructions des constructeurs, catalogues, brochures diverses, etc.

Somme toute, avec un assez petit nombre de documents, on arrivera sans difficulté à faciliter le travail, le rendre plus efficace, et à introduire un esprit d'ordre et de méthode tout à fait utile. C'est de la taylorisation bien comprise.

## CHAPITRE II

### CONSIGNES GÉNÉRALES DU SERVICE DE L'ENTRETIEN

---

1. *Consignes journalières.* — 2. *Consignes hebdomadaires.* — 3. *Consignes mensuelles.* — 4. *Consignes annuelles.* — 5. *Conclusion.*

Les *consignes générales d'entretien* sont les ordres qui serviront à définir et à fixer, jour par jour, le travail des électriciens : c'est un plan de travail dont la bonne exécution doit être une garantie de la bonne marche de l'installation.

Nous étudierons successivement :

Ce que l'on doit faire tous les jours;

Ce que l'on doit faire toutes les semaines;

Ce que l'on doit faire tous les mois;

Ce que l'on doit faire tous les ans (ou tous les 6 mois, suivant la nature de l'installation).

Bien entendu, les consignes que nous donnons ici n'ont rien d'absolu, et on pourra les modifier suivant les cas particuliers. Mais nous tenons à fixer les idées du lecteur sur ce que doivent être ces consignes par un exemple concret. Il faut aussi se rendre compte de l'utilité de ces

consignes, dont le but est de prévoir tout ce qui est humainement possible de prévoir, et par là même de prévenir les accidents ou les incidents. Il est bon, également, que les gens sachent toujours ce qu'ils ont à faire.

### 1. Consignes journalières

Le travail journalier consistera surtout en une *visite générale de l'installation*, où l'on examinera tous les appareils sommairement, mais avec assez de soin cependant pour se rendre compte des détails suivants :

**Graissage.** — Vérifier que les paliers des machines ne chauffent pas, que les bagues tournent et graissent effectivement. Il suffit pour cela de tâter la température des paliers et d'ouvrir les couvercles.

A remarquer qu'une *huile pour paliers à bagues* doit être assez fluide pour ne pas freiner la bague, mais pas trop pour que les gouttelettes entraînées puissent parvenir jusqu'à la partie supérieure de l'arbre.

La consommation d'huile est généralement assez forte, car l'huile est aspirée par le courant d'air de ventilation du moteur et passe ainsi en dehors du palier, soit en dedans, soit en dehors du moteur.

On doit éviter soigneusement de graisser trop, car l'huile passerait avec trop de facilité dans le moteur, où elle se répandrait sur les enroulements : cette huile plus ou moins sale, c'est-à-dire plus ou moins isolante, portée à une température assez élevée, produit une sorte de

cuisson du coton des guipages qui se désagrègent, en même temps qu'elle y accumule toutes les poussières. Il n'est pas rare de découvrir de ces magmas pâteux autour des enroulements : qu'on veuille les nettoyer, et tout tombera en poussière, mettant le cuivre à nu : c'est un rebobinage complet à refaire. Graisser trop peu serait également nuisible, car on risque de voir chauffer, puis gripper les coussinets.

Dans les moteurs bien construits, un niveau et même un trop-plein permettent de régler la quantité d'huile à introduire : si ces accessoires n'existent pas, il faut voir un peu à l'œil : la bague doit tremper franchement dans l'huile, mais ne doit pas être noyée.

**Echauffement des enroulements.** — On en profitera pour poser la main sur les machines, et se rendre compte si elles chauffent d'une façon anormale.

A vrai dire, il est assez difficile d'avoir une idée de la température d'une machine de cette façon : telles machines peuvent avoir la carcasse brûlante sans que pour cela les enroulements soient à une température anormale, tandis que d'autres paraîtront tièdes, tandis que les enroulements seront très chauds. Cela dépend de la constitution de la carcasse, de sa plus ou moins grande masse, de la façon dont la ventilation est organisée, de la subdivision des bobines des enroulements, etc.

Cependant, étant donné que cette vérification est faite tous les jours, on se rendra compte facilement s'il y a des variations anormales d'un jour à l'autre.

Un échauffement exagéré peut provenir :

Soit d'une surcharge anormale de la machine;  
 Soit d'un court-circuit entre les spires d'une bobine ou les spires de bobines voisines, directement ou par la masse : c'est donc alors la conséquence d'un défaut d'isolement;

Soit de la coupure d'une partie de l'enroulement;

Soit d'un mauvais contact dans les serrages des connexions.

Un échauffement anormal constaté, on devra en rechercher la cause et en prévenir les effets : on évitera ainsi bien souvent la détérioration complète d'une machine.

**Aspect des appareils.**— On s'apercevra souvent de certains défauts au seul aspect des appareils : par exemple le cuivre d'un contact qui chauffe devient violacé, le marbre tout autour jaunit; des gouttelettes de cuivre sur les plots d'un rhéostat indiquent le passage d'un courant de démarrage exagéré (coupure d'une phase sur un rhéostat triphasé, etc.).

**Examen des appareils de mesure.** — Les appareils de mesure des installations, voltmètres, ampèremètres, wattmètres, compteurs, enregistreurs divers, sont faits pour être observés, ce qu'on néglige souvent. On devra donc, chaque jour, noter les indications des plus importants afin de comparer avec les jours précédents. Si on a des enregistreurs, on changera la feuille, et on classera la feuille remplie, après y avoir inscrit la date, le résumé des principaux incidents d'exploitation, et l'avoir comparée à celle du jour précédent.

On fera également, chaque jour, à la même

heure, le relevé des indications des compteurs : la mesure de la surface des diagrammes d'enregistreurs donnant la consommation, il suffira de comparer le nombre de kwh. ainsi obtenu à celui déduit de l'observation du compteur, pour se rendre compte, au moins *grosso modo*, des écarts de réglage de ces instruments.

**Renseignements divers.** — On habituera les gens qui travaillent près des machines à profiter de la tournée quotidienne de l'électricien pour lui signaler tout ce qu'ils auront remarqué d'anormal : démarrage difficile d'un moteur, bruits inaccoutumés, étincelles aux collecteurs, sur les appareils, pertes de courant remarquées par électrisation des corps voisins des conducteurs, etc.

On ne doit rien laisser au hasard, tous ces renseignements doivent être utilisés, toute chose anormale doit recevoir une explication et un remède.

**Remplacement des lampes, des fusibles.** — Pendant sa tournée, l'électricien remplacera les lampes qui lui auraient été signalées comme brûlées, les fusibles fondus, qu'il n'aurait pas pu remplacer immédiatement.

On remarquera bien souvent, même dans des installations peu importantes, que cette tournée de l'électricien l'occupera une bonne partie de la journée : c'est la meilleure preuve de son utilité.

S'il y a un *chef électricien*, c'est lui qui fera la tournée, en personne : il indiquera alors, au fur et à mesure, à ses ouvriers, ce qu'il y a à faire comme travail.

## 2. Consignes hebdomadaires

Toutes les semaines, de préférence à un moment de *chômage* de l'usine, par exemple le samedi après-midi, si on fait la semaine anglaise, on fera la tournée quotidienne, mais plus complète que les jours ordinaires. En plus, on fera les travaux suivants :

**Nettoyage des machines, appareils, etc.** — Ce nettoyage est une opération importante : la poussière, en effet, se dépose sur les enroulements, puis absorbe de l'humidité ou de l'huile, ce qui, dans un cas comme dans l'autre, détériore les isolants.

Le nettoyage interne d'une machine doit se faire de la façon suivante : on envoie un jet d'air comprimé, assez puissant, pour disloquer la pâte formée avec la poussière par l'eau et l'huile. Ce jet devra pénétrer dans tous les coins des enroulements.

Pour obtenir ce jet d'air comprimé, on se sert quelquefois d'un soufflet ordinaire. Un meilleur résultat est obtenu avec des soufflets en forme de seringue.

Il est évident que, si on dispose d'une canalisation d'air comprimé, on obtiendra un résultat bien supérieur et une action plus puissante au moyen d'un simple tuyau souple branché sur cette canalisation.

Enfin, dans les installations d'une certaine importance, où l'on ne dispose pas d'air comprimé, on ne devra pas hésiter à monter un petit compresseur d'air sur un chariot, avec un moteur électrique.

A côté de ce nettoyage interne, on devra

donner un coup de chiffon aux parties apparentes, et particulièrement autour des bagues, balais, bornes, etc., où l'amas de saletés pourrait causer des pertes, essuyer l'huile qui a coulé autour des paliers : rien ne donne une plus mauvaise idée d'un ouvrier d'entretien, qu'une mare d'huile auprès de chaque machine.

On surveillera particulièrement l'intérieur du moteur, pour voir s'il rentre de l'huile : dans ce cas, c'est que l'on graisse trop, ou encore que le déflecteur du palier est mal compris.

Il sera souvent utile de percer un trou dans la partie la plus basse des flasques, pour permettre l'écoulement de l'huile, qui, sans cela, s'y accumulerait jusqu'à atteindre les enroulements.

Les tableaux de distribution devront aussi être nettoyés, mais on veillera à ce que ce nettoyage ne se fasse jamais sous tension ; une imprudence, un faux mouvement, peuvent être la cause d'accidents graves.

**Vérification des contacts et serrages.**— Les contacts serrés en permanence, par exemple les connexions de lignes sur les appareils ou sur les barres d'un tableau, ne doivent pas perdre leurs qualités, si la densité du courant n'est pas trop grande pour l'échauffement admissible, et si le serrage reste bon. Mais ce serrage est soumis aux vibrations, et les écrous se desserrent.

On devra donc, hebdomadairement, vérifier rapidement tous ces serrages.

Les contacts mobiles, tels que ceux des interrupteurs, se détériorent par suite de la déformation des surfaces, soit sous l'effet de l'usure

mécanique, soit sous l'effet de la température obtenue, en coupant de grosses intensités : les surfaces, au lieu de rester bien dressées, deviennent grenues ou gauchissent. Il en résulte fatalement un échauffement qui viendra encore aggraver le mal.

Il est préférable de ne pas attendre que les parties en contact soient fortement détériorées : il suffira, pendant la tournée hebdomadaire, de donner un coup de lime douce et de toile émeri sur les surfaces qui présenteraient des traces d'usure, et de resserrer les parties en contact, s'il y a un réglage possible.

**Vérification des collecteurs.** — Les collecteurs sont des organes sujets à une usure rapide : en outre, un défaut va toujours en s'aggravant : par exemple, il suffit d'un balai mal serré pour produire un échauffement exagéré au contact, d'où une usure inégale, la formation de gouttelettes de cuivre sur la surface, des courts-circuits entre lames; de même, un balai trop serré creusera un sillon sur la surface.

Il faut donc vérifier :

Qu'il n'y a pas d'étincelles;

Que le serrage des balais est bon, sans exagération; qu'ils ne sautent pas, ce qui dénoterait une irrégularité dans la surface du collecteur;

Qu'il ne se forme pas de sillon à l'endroit d'un balai, ce qui dénoterait un serrage exagéré ou une dureté excessive des balais.

Que le collecteur ne bleuit pas, par suite d'un échauffement trop fort;

Qu'il n'y a pas de traces de poussières de charbon;

Que les micras ne dépassent pas les lames, ce

qui provoquerait une usure exagérée des charbons et un contact insuffisant;

Que la position de calage des balais n'a pas été changée (tracer un repère), sinon, il y a des chances pour qu'il y ait des étincelles.

Lorsque les micas risquent de dépasser les lames, il faut les gratter, c'est-à-dire creuser un léger sillon longitudinal dans le mica, de

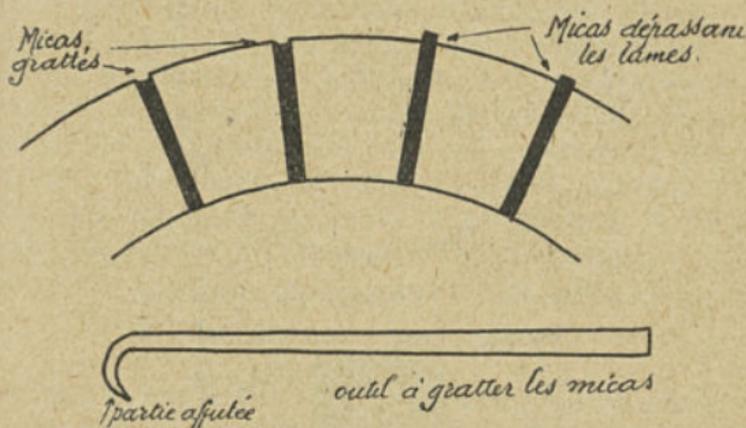


FIG. 34. — Grattage des micas des lames de collecteur.

façon qu'il ne risque pas d'affleurer; on fait cette opération au moyen d'un outil fait d'une tige d'acier à bout recourbé et affûté (fig. 34); en mettant la lame dans la raie d'un mica et en tirant à soi, on doit amener un copeau de mica, sans entamer le cuivre. On construit aussi des machines qui font cette opération automatiquement au moyen d'une petite fraise mince, qui, portée par un chariot qui se déplace longitudinalement, vient labourer la rainure.

On régularise la surface du collecteur, en y faisant frotter une feuille de toile verrée (et

non toile émeri : l'émeri viendrait se loger dans les rainures et produirait des courts-circuits) (fig. 35).

Lorsque l'on met des balais neufs, il faut

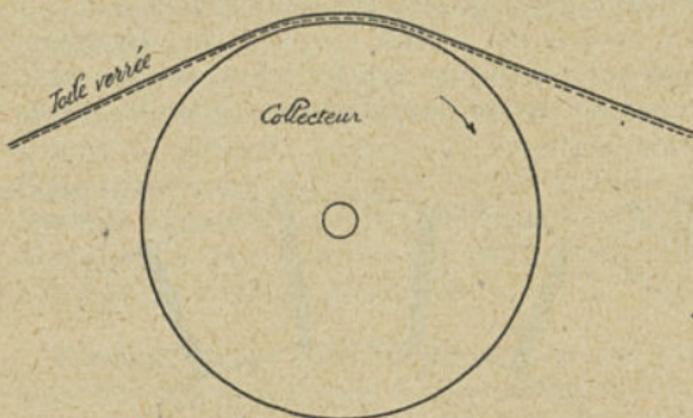


FIG. 35. — Polissage du collecteur.

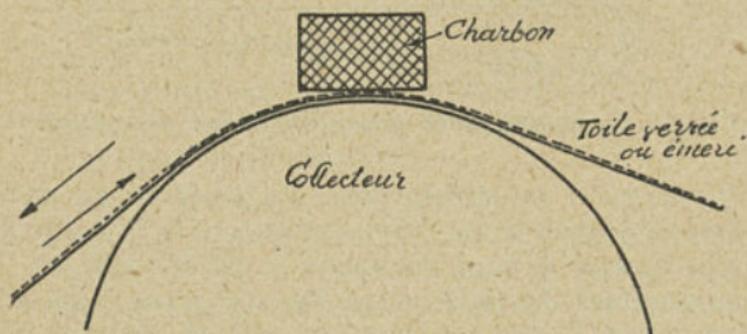


FIG. 36. — Ajustage de la surface des balais.

donner à la partie frottante la forme concave qui lui permettra d'épouser la surface du collecteur : on y parvient au moyen de toile verrée ou émeri, dont le dos s'applique sur le collecteur, et la surface abrasive sur le balai; et que

l'on déplace alternativement à droite et à gauche (fig. 36).

En tous cas, même si le collecteur est en parfait état, et s'il n'y a pas d'étincelles, on devra passer un coup d'un chiffon très légèrement graissé, avec de l'huile de vaseline : cette couche d'huile, extrêmement mince, se carbonise et assure un contact parfait sans étincelles.

En résumé, le collecteur exige une surveillance constante : cette surveillance, en provoquant les petites opérations d'entretien nécessaires, évitera bien souvent des réparations longues et délicates, comme le tournage d'un collecteur profondément labouré, opération qui abrège forcément la durée d'une machine, puisque, au bout de 2 ou 3 tournages, il ne reste plus assez de cuivre sur le collecteur.

### 3. Consignes mensuelles

Chaque mois on devra profiter de la date d'une visite hebdomadaire pour procéder, en plus, aux opérations suivantes :

**Vidange de l'huile des paliers.** — En réalité, il est très rare que cette opération soit faite mensuellement, et il semblerait bien que l'huile des paliers à bague pût rester plusieurs mois sans gros inconvénients, pourvu que l'on maintienne le niveau avec de l'huile neuve. Cependant, on est exposé à se servir d'huiles de plus ou moins bonne qualité, qui, sous l'action de la chaleur, perdent leurs propriétés lubrifiantes et prennent une consistance résineuse : le graissage se fait encore, mais bien moins. Aussi, conseillons-nous de s'astreindre à vidanger

l'huile tous les mois et à la remplacer par de la neuve. La vieille huile n'est pas perdue pour cela : on peut l'utiliser à diverses applications pour lesquelles l'on est en droit d'être moins difficile : graissage de paliers à vitesse lente, surtout si on la filtre pour la séparer des saletés.

On fera même, de temps à autre, un nettoyage complet du palier, en faisant tourner la machine à vide, pendant quelques minutes, avec du pétrole dans les paliers (ne pas employer l'essence qui dégraisserait complètement et ferait gripper).

Les *paliers à billes* n'exigent d'autre graissage qu'un bourrage de graisse consistante à rafraîchir de temps à autre par quelques gouttes de très bonne huile fluide. On devra, pendant la tournée mensuelle, voir si cette graisse ne tend pas à durcir sous l'action de la chaleur. Dans ce cas, nettoyer complètement et bourrer avec de la graisse neuve.

**Entretien des courroies et transmissions.** — Quoique ce soit plutôt la besogne du service d'entretien mécanique, nous en dirons quelques mots, les différents services d'entretien étant souvent concentrés dans la même personne.

Il faut d'abord vérifier la tension des courroies, qui doit être assez forte pour qu'il n'y ait que peu de glissement, et que la courroie tienne bien sur les poulies, mais pas trop forte, ce qui ferait chauffer les paliers et pourrait augmenter considérablement la consommation du moteur.

Il est assez difficile de se rendre compte de la tension d'une courroie et ce n'est que par

l'habitude, en appuyant fortement dessus, que l'on s'en fait une idée : en tous cas, lorsqu'il y a un glissement exagéré, on s'en aperçoit généralement sur la machine commandée, qui ralentit au moment des pointes de puissance.

Il n'y a pas de courroie inextensible : ce n'est donc que par un réglage fréquent de la tension que l'on pourra assurer la régularité de la marche.

On facilite l'*adhérence* au moyen de poudre de résine jetée à l'intérieur de la courroie, ou de cling-surface promené sur la surface interne.

Dans les systèmes à agrafes, il faut vérifier les agrafes, qui peuvent se détériorer, ou couper le cuir.

Dans les courroies collées et cousues, si la jonction a été bien faite, il est rare que l'on ait à y revenir.

On devra vérifier l'ensemble des transmissions, en voyant si elles sont *dures* : pour cela, on débrayera les machines, et on fera tourner les transmissions à vide, à la main, pour les plus légères, au moyen d'un levier calé dans les bras d'une poulie pour les plus grosses : un procédé plus scientifique consiste à mettre l'ensemble en vitesse au moyen du moteur, puis à couper le courant et compter le temps qui s'écoule entre cette coupure et l'arrêt complet de la transmission. Cette expérience sera répétée tous les mois dans des conditions identiques, et le temps noté chaque mois ; une brusque diminution de ce temps indique une augmentation du tirage de la transmission : cette augmentation peut provenir d'une courroie trop tendue, ou des paliers qui ne sont

plus de niveau : dans ce dernier cas, on devra les régler au moyen du dispositif de vis calantes prévu à cet effet, s'il y en a un, ou sinon, au moyen de cales.

Cette partie de l'entretien mécanique est bien souvent négligée, à tort, car dans une installation un peu importante on arrive ainsi à absorber en pure perte une puissance insoupçonnée.

**Bagues, collecteurs et balais.** — Nous avons vu que les collecteurs devaient être vérifiés et entretenus tous les jours; pour les bagues, la question est moins délicate, car il suffit que le balai porte bien, avec une pression suffisante, pour assurer un bon contact. On profitera de la visite mensuelle pour s'en assurer, on changera les balais, s'il y a lieu, on nettoiera à la toile émeri.

Pour les moteurs triphasés à *mise en court-circuit* du rotor, on devra vérifier que le dispositif fonctionne bien : il ne doit pas se produire d'étincelles pendant la manœuvre : cela indiquerait, ou que les contacts intérieurs sont en mauvais état, ou que, par suite d'un dérèglement mécanique, il y a relevage des balais avant la mise en court-circuit des bagues.

**Huile des transformateurs et des disjoncteurs.** — Il y a lieu de vérifier que le niveau d'huile est resté suffisant, malgré l'évaporation, les fuites, l'absorption des isolants, pour couvrir complètement les parties à isoler. Généralement, ces appareils sont munis d'un niveau qui permet de s'en rendre compte facilement. S'il n'en était pas ainsi, il faudrait compléter le niveau d'huile; mais cette opération ne devra pas se

faire sans purifier à nouveau l'huile par la chaleur. Nous avons vu comment on doit conduire cette opération, page 161.

**Réglage des disjoncteurs.** — Du fait même de la présence de masses de fer soumises à des champs magnétiques, les interrupteurs automatiques sont soumis à des vibrations : les organes destinés à régler le point de déclenchement peuvent donc se desserrer, et le point de déclenchement varier. Dans la pratique, on constate qu'aucun disjoncteur, à courants alternatifs, tout au moins, n'échappe à cet inconvénient. On devra donc, tous les mois au moins, opérer un nouveau *réglage*, et c'est à cette seule condition que l'on pourra avoir confiance dans la protection du disjoncteur.

Pour les déclenchements à minima d'intensité ou à manque de tension, il est assez facile de reproduire les conditions dans lesquelles le déclenchement devra se produire, ce qui permettra de vérifier le réglage sans difficulté.

Pour les maxima d'intensité, il est souvent malaisé de reproduire à volonté l'intensité qui doit faire déclencher : on peut quelquefois s'en tirer en réglant d'abord pour déclencher à l'intensité normale, puis dérégulant l'appareil au jugé, de façon à le rendre un peu moins sensible.

S'il y a un retard à régler, ou s'il faut faire l'échelle entre plusieurs disjoncteurs, il est nécessaire d'avoir une précision plus grande, et il faudra reproduire exactement les conditions du déclenchement : on y arrivera la plupart du temps en surchargeant la ligne par le travail simultané de toutes les machines.

Lorsque le déclanchement est commandé par des transformateurs d'intensité ou de tension, il sera assez facile, même avec la ligne à vide, de reproduire artificiellement les conditions de déclanchement : les bobines d'intensité seront alimentées par du courant à basse tension avec un rhéostat de lampes, à résistance variable en série sur chaque bobine, ainsi qu'un ampèremètre, au lieu d'être alimentées par le transformateur d'intensité. Par un réglage convenable du rhéostat de lampes, on pourra obtenir l'intensité correspondant, au rapport de transformation près, à l'intensité de déclanchement, et régler à loisir le mécanisme du déclanchement. On pourra faire une opération analogue pour les bobines tension.

#### 4. Consignes annuelles

Les différentes opérations dont nous allons parler seront faites une fois par an, ou même deux, suivant le service plus ou moins dur auquel est soumis le matériel.

**Réparation des enroulements.** — La visite des enroulements de toutes les machines et leur essai au moyen d'un contrôleur d'isolement seront faits une fois ou deux par an, par un service de contrôle étranger ou le personnel de l'usine.

Cette vérification des enroulements permettra généralement de signaler un certain nombre de défauts d'isolement : bobines à la masse ou présentant, du moins, une résistance très faible. Nous verrons, à la deuxième partie, comment on arrive à localiser le défaut.

La plupart du temps ces défauts ne nuisent pas à la marche de la machine. Ce serait toutefois une erreur grossière que de se baser là-dessus pour continuer à laisser tourner la machine jusqu'à ce que le défaut s'aggrave.

Il est à remarquer, en effet, qu'une seule masse sur un enroulement ne change en rien la répartition du courant. Mais il n'y a pas de raison pour qu'une autre masse ne se produise pas, plus ou moins tôt, en un autre point de l'enroulement. Ce sera alors le court-circuit entre ces deux points : d'où une marche irrégulière de la machine, un échauffement excessif de la partie en court-circuit, et fatalement l'enroulement grillera complètement.

Dans une autre hypothèse, il peut aussi y avoir une terre sur la ligne : dans ce cas, la résistance sera généralement assez grande pour éviter les effets de court-circuit, mais il s'en établira pas moins un courant de pertes, qui constituera une dépense inutile de courant, sans compter l'électrisation des masses métalliques voisines, etc.

Il est donc préférable de réparer les enroulements dès que le défaut a été signalé. Généralement, cette réparation est peu de chose, et on fermera ainsi la porte à une foule d'accidents.

Nous verrons ces questions de réparations au chapitre VII.

Dans les locaux soumis aux vapeurs acides (produits chimiques), les isollements tombent souvent très rapidement. Une mesure efficace, pour éviter d'incessants rebobinages, qui ne laisseraient pas que d'être coûteux, consiste à passer une fois par an tous les enroulements

au vernis isolant et à les sécher à l'étuve. C'est une opération assez longue, mais qui a son utilité : on pourra être outillé spécialement pour cela.

De même, les carcasses seront repeintes pour éviter leur corrosion.

**Vérification des entrefers.** — Les machines à courant continu, les alternateurs et les moteurs

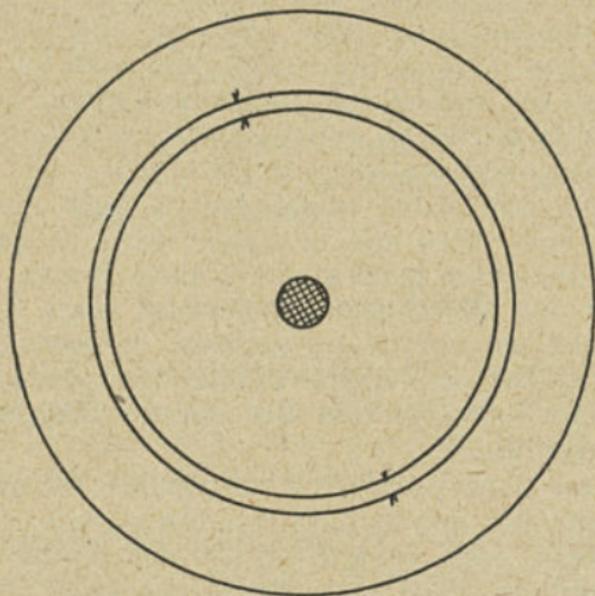


FIG. 37. — Vérification du centrage d'un induit.

synchrones ont des entrefers de l'ordre de plusieurs millimètres; aussi, est-il rare que la déformation de l'arbre, ou l'usure des paliers soit telle que l'induit vienne frotter sur l'inducteur. Dans les moteurs asynchrones, au contraire, l'entrefers est souvent réduit à quelques dixièmes, un faible entrefers permettant de ré-

duiré la dépense de courant magnétisant, et par suite d'améliorer le facteur de puissance. Il arrive alors très souvent que l'induit vient frotter contre l'inducteur : c'est un accident grave, car la puissance absorbée par le moteur va augmenter du fait de ce frottement, et si l'on ne s'en aperçoit pas à temps, le moteur chauffera et les enroulements finiront par se carboniser. Cet accident provient d'une usure excessive des paliers. Quelquefois l'usure serait insuffisante à provoquer le frottement, mais le décentrage existant produit une dissymétrie dans les attractions magnétiques, de sorte que l'induit est violemment attiré d'un côté, l'arbre fléchit et le frottement se produit.

On évite ces accidents en inspectant régulièrement les entrefers au moyen de *lames calibrées* : l'épaisseur doit être la même en dessus, en dessous et sur les côtés. Si on constate une différence, il faudra démonter les paliers, réajuster les coussinets et les centrer : dans certains gros moteurs, le centrage peut être obtenu d'une façon précise au moyen de vis disposées sur les flasques. Généralement, pour les machines courantes, on centre par interposition de cales, en clinquant entre le coussinet et le palier (fig. 37).

Pour faire cette vérification, il faut donc posséder un jeu de lames d'épaisseurs croissantes par  $1/10^{\circ}$  de millimètre.

**Révision des lignes.** — Comme pour les enroulements de moteurs, les lignes sont toutes plus ou moins sujettes à donner lieu à des pertes par mise à la masse d'un ou de plusieurs conducteurs, par suite de la détérioration de l'isolant.

Ces pertes pourront s'aggraver et diminuer de résistance jusqu'à produire un court-circuit : il faudra donc vérifier l'isolement du réseau et de chaque portion de ligne. On peut prendre pour règle que, dans une installation industrielle courante à basse tension, *aucune portion de ligne ne doit avoir un isolement inférieur à 150.000 ohms*. Il est bien entendu qu'une ligne très courte, comportant peu d'appareils, devra avoir un isolement supérieur, de l'ordre du mégohm.

Dans les installations de réseaux de distribution, on a ainsi des formules qui tiennent compte de la longueur de la ligne, et de toutes sortes de facteurs. Toutefois, pour les installations industrielles, notre règle des 150.000 ohms, employée brute, doit être suffisante pour permettre de classer les lignes en deux catégories : celles qui peuvent continuer à fonctionner, et celles qui nécessitent une révision.

Ces mesures d'isolement se feront au contrôleur d'isolement à magnéto.

Les portions malades devront alors être examinées de la façon suivante :

On commence par suivre la ligne, pour voir s'il y a des défauts apparents : câble dénudé de son isolant, isolateurs cassés, etc.

Si on ne trouve rien, il faudra sectionner la ligne en plusieurs tronçons, quitte à couper les conducteurs, si on ne dispose pas d'autre moyen. On décèlera alors le tronçon malade et, de proche en proche, on devra trouver le défaut.

Quelquefois, tous les tronçons présenteront un isolement insuffisant. C'est que la perte en question n'est pas due à un défaut localisé, mais à un défaut réparti sur toute la longueur

de la ligne : isolant attaqué par un acide, ou saturé par l'humidité : il faudra alors souvent changer la ligne pour supprimer le défaut.

C'est surtout l'isolement des *réseaux lumière* qui est difficile à tenir : en effet, ces réseaux sont toujours très développés, puisque la plus petite usine comporte toujours un nombre déjà important de lampes ; en outre, l'isolement des fils de petit diamètre est toujours inférieur à celui des gros câbles. Enfin, on n'accorde pas toujours aux installations lumière toute l'attention désirable.

### 5. Conclusion

En résumé, on établira des consignes pour le service d'entretien, consignes telles, qu'aucun défaut ne puisse échapper longtemps à l'attention du personnel, que chaque défaut soit réparé aussitôt décelé, de sorte que l'installation soit toujours dans les meilleures conditions de fonctionnement.

Nous verrons à la troisième partie, comment l'entretien peut être facilité par l'existence d'un service de contrôle, la coordination des renseignements de l'un et des travaux de l'autre constituant la plus féconde des collaborations.

## CHAPITRE III

### ENROULEMENTS ET BOBINAGE

---

1. *Rappel de notions générales sur les enroulements des machines.* — 2. *Réalisation matérielle des enroulements.* — 3. *Exécution de réparations de bobinages.* — 4. *Bobinage d'inducteurs à courant continu.*

Nous avons signalé plus haut que l'exécution des réparations de bobinage, par les propres moyens du service d'entretien, n'était possible que si on dispose d'un personnel suffisamment entraîné à ce genre de travaux.

Aussi, ce chapitre doit-il être considéré comme un memento à l'usage du bobinier, qui n'aura pu réellement apprendre son métier que dans l'*atelier du constructeur.*

#### 1. **Rappel de notions générales sur les enroulements des machines**

**Enroulements à courant continu.** — Nous ne parlerons ici que des enroulements d'induits en *tambour dentés*, qui sont, à peu près, universellement employés.

On appelle *voie d'enroulement* la portion de l'enroulement située entre un balai positif et un balai négatif.

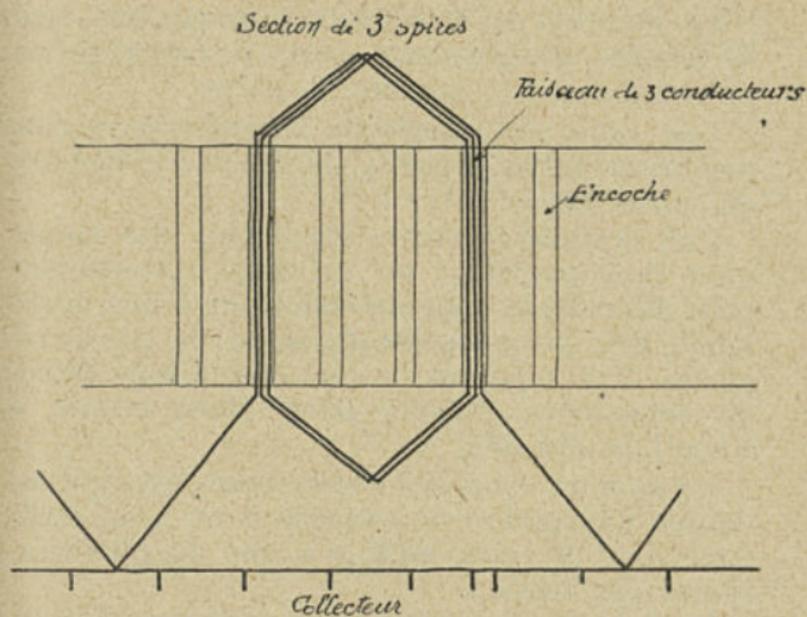


FIG. 38. — Notions de faisceau, section, etc.

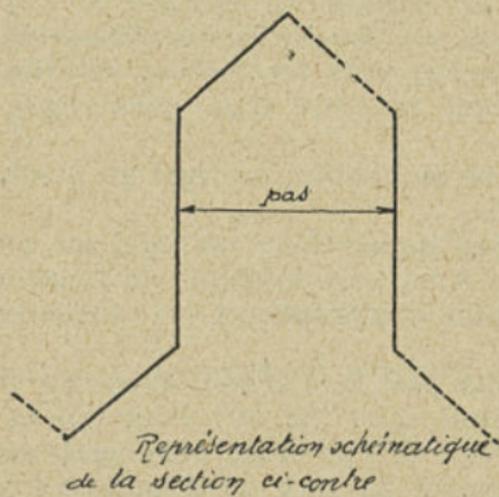


FIG. 39. — Pas d'un enroulement.

Le nombre de voies d'un enroulement, qui se désigne généralement par  $2a$ , est toujours pair, ainsi que le nombre de pôles.

Une *spire* est formée de 2 conducteurs élémentaires, reliés en série. On désigne le nombre de spires par la lettre  $s$ .

Une *section* constitue l'ensemble des spires qu'il faut parcourir en suivant l'enroulement pour aller d'une lame du collecteur à une autre lame. Elle se compose d'une ou de plusieurs spires. Il y a autant de sections que de lames de collecteurs, chaque lame étant réunie à 2 sections (fig. 38).

Le *nombre total des conducteurs* est égal au double du nombre de sections  $S$  ou à un multiple de  $2S$ , selon qu'il y a une ou plusieurs spires par section.

Un *faisceau* constitue l'ensemble des conducteurs d'une section situés dans la même entaille : le nombre de faisceaux  $F$  est donc égal au double du nombre de sections  $S$ .

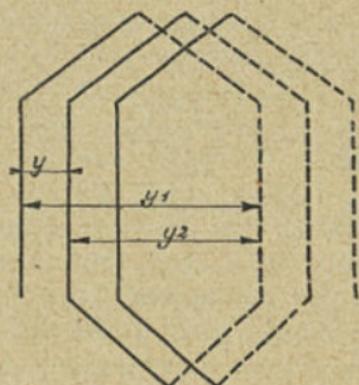
Une *bobine* est constituée par l'ensemble des sections placées dans les mêmes entailles, ces sections étant revêtues d'un garnissage commun.

Le nombre de bobines est égal au nombre de rainures  $R$ .

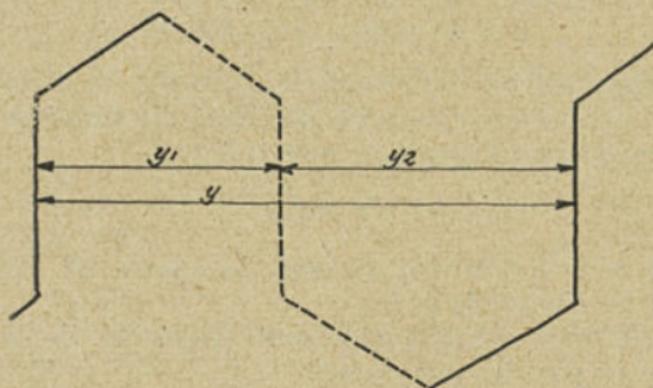
Le nombre de *sections* est égal au nombre de rainures  $R$  ou à un multiple de  $R$ , selon que chaque bobine comporte une ou plusieurs sections.

On appelle *pas*, la distance entre les 2 conducteurs d'une spire (fig. 39). Pour que la spire embrasse tout le flux d'un pôle, mais ne soit jamais soumise au flux de 2 pôles de même nom en même temps, le pas doit être plus grand

que la *largeur d'un pôle*, mais plus petit que la *distance des cornes de 2 pôles de même nom*.



*Imbriqué*



*Ondulé*

FIG. 40. — Enroulements imbriqués et ondulés.

Le pas est dit *raccourci*, lorsqu'il est égal à la largeur d'un pôle.

On prend généralement comme unité de pas

le faisceau. Par exemple, le pas est égal à 11 si en comptant les faisceaux à partir d'un faisceau numéroté 0, le faisceau correspondant de la même section se trouve numéroté 11, c'est-à-dire que la spire embrasse 11 intervalles entre faisceaux. Il y a dans un enroulement 2 pas qui sont utilisés alternativement : ce sont les *pas composants*, désignés par  $y_1$  et  $y_2$ . Le *pas résultant*  $y$  est égal, selon les cas, à la somme ou à la différence des pas composants.

Les enroulements sont *imbriqués* lorsqu'on progresse tantôt en avant, tantôt en arrière : les pas composants sont alors appelés : l'un, le pas avant, l'autre, le pas arrière. Le pas résultant est égal à la différence entre le pas avant et le pas arrière. Cette différence est toujours égale à 2.

$$y = y_1 - y_2 = \pm 2 \text{ (fig. 40)}$$

Dans les enroulements imbriqués, le *nombre de voies* d'enroulement est égal au nombre de pôles (enroulement en parallèle) :

$$2a = 2p$$

Il y a forcément autant de *lignes de balais* que de lignes de pôles.

Les pas composants sont *impairs*, ils sont donnés par les formules :

$$y_1 = \frac{F - b}{2p} + 1$$

$$y_2 = \frac{F - b}{2p} - 1$$

$b$  étant un nombre entier le plus petit possible

et choisi de telle sorte que  $\frac{F - b}{2p}$  soit un nombre entier et pair. Si  $b$  est égal à 0, le pas est dit normal, sinon il est dit raccourci (fig. 41).

Les enroulements sont *ondulés* lorsqu'ils progressent toujours dans le même sens. Le pas résultant est alors égal à la somme des pas composants.

Les 2 pas composants doivent être impairs, et on doit avoir :

$$y = y_1 + y_2 = \frac{F \pm 2a}{p} \quad (\text{fig. 40}).$$

Les nombres  $\frac{y}{2}$  et  $\frac{F}{2}$  doivent être premiers entre eux (c'est-à-dire ne pas pouvoir être divisés par le même nombre).

Dans le cas de l'enroulement ondulé multipolaire, on doit distinguer :

1° L'enroulement *ondulé en série*, lorsque le nombre de voies de l'enroulement est égal à 2 (fig. 43) ;

$$2a = 2 ;$$

2° L'enroulement *ondulé en séries parallèles*, lorsque

$$2a = 2p,$$

c'est-à-dire qu'il y a autant de voies d'enroulement que de pôles (fig. 42) ;

3° L'enroulement ondulé *en séries parallèles* peut aussi être exécuté avec :

$$2a > 2,$$

Nombre d'encoches : 21  
 de sections : 21  
 de faisceaux : 42

$$p_{21} \begin{cases} y_1 = \frac{42 \cdot 2}{21} = 1,11 \\ y_2 = \frac{42 \cdot 3}{21} = 1,9 \end{cases}$$

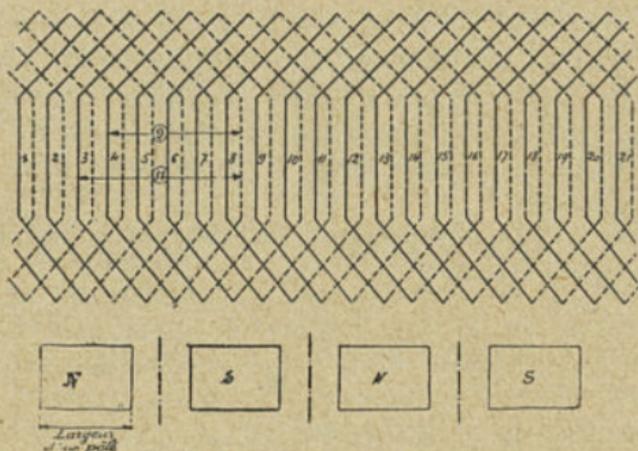


FIG. 41. — Schéma d'un enroulement d'induit à courant continu, imbriqué.

Ondule parallèle 4 pôles (4 voies)

Nombre d'encoches : 24  
 de sections : 24  
 de faisceaux : 48

$$p_{24} \begin{cases} y_1 = 1,3 \\ y_2 = 1,9 \end{cases} \quad y_1 \cdot y_2 = 2,2 = \frac{48 - 4}{2}$$

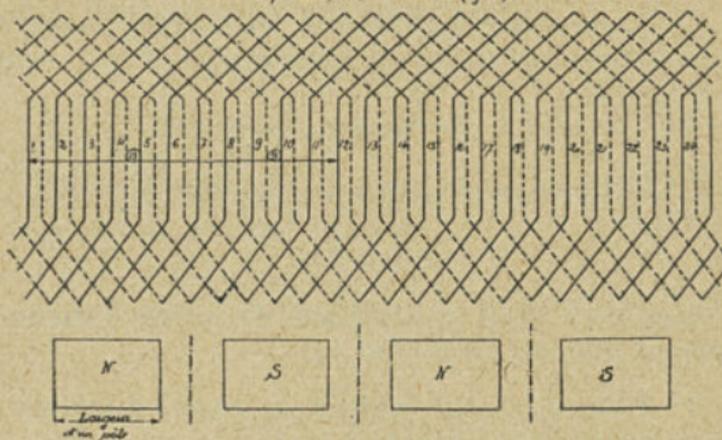


FIG. 42. — Schéma d'un enroulement d'induit à courant continu, ondulé série parallèle.

mais différent de  $2p$ . C'est le cas le plus général.

En tout cas, dans un enroulement ondulé, on peut toujours réduire le nombre de *lignes de balais* à 2.

Les enroulements *multiples* se composent de plusieurs enroulements, tels que nous venons

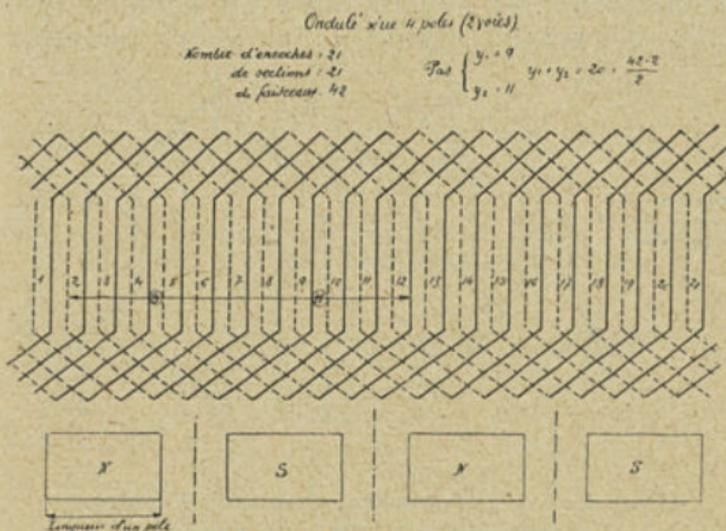


FIG. 43. — Schéma d'un enroulement d'induit à courant continu, ondulé série.

de les décrire, mais réunis sur le même induit. Il faut que les balais soient assez larges pour frotter en même temps sur autant de lames qu'il y a d'enroulements simples.

Les *connexions équipotentielles* sont des connexions réunissant des points de l'enroulement qui doivent être théoriquement au même potentiel, et qui risquent de ne pas y être exactement par suite de dissymétries dans les enroulements.

**Enroulements à courants alternatifs.** — Les machines comportant un *collecteur*, telles que les commutatrices, moteurs à collecteurs ont un enroulement *fermé*, comme les machines à courant continu, c'est-à-dire qu'en parcourant l'enroulement à partir d'un point quelconque, on doit revenir à son point de départ. Sur ces enroulements on pourra faire un nombre suffisant de prises équidistantes pour recueillir

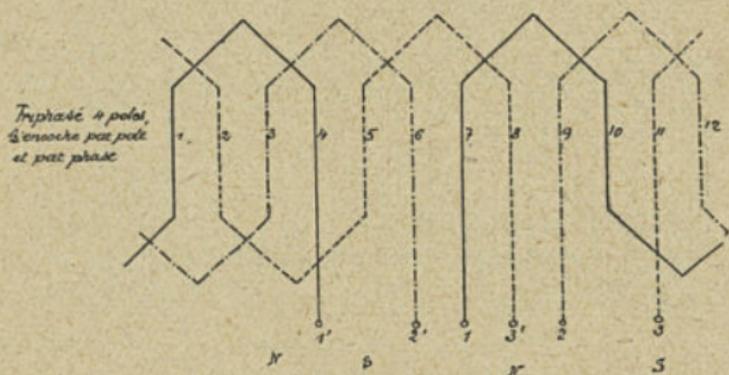


FIG. 44. — Enroulement triphasé 4 pôles,  
1 encoche par pôle et par phase.

du courant monophasé, triphasé, diphasé, etc.

Pour les machines *sans collecteurs* : stators et rotors de moteurs asynchrones, stators d'alternateurs, cette nécessité de fermeture de l'enroulement n'existe pas.

On pourra alors réaliser chaque phase par des faisceaux de conducteurs placés dans des encoches et réunis par des conducteurs latéraux de façon à constituer une portion d'enroulement ondulé ou imbriqué. Les faisceaux correspondant aux différentes phases se succéderont alternativement et régulièrement.

La forme la plus simple est un *enroulement ondulé à pas égaux* comportant 1 encoche par pôle et phase. Le nombre d'encoches est donc

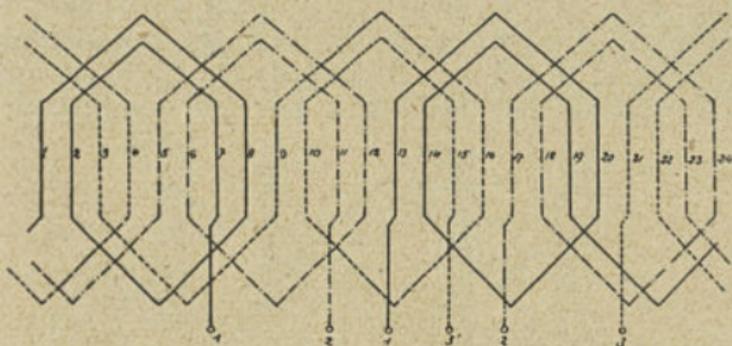


FIG. 45. — Enroulement triphasé 4 pôles, 2 encoches par pôle et phase, enroulement en bobines.

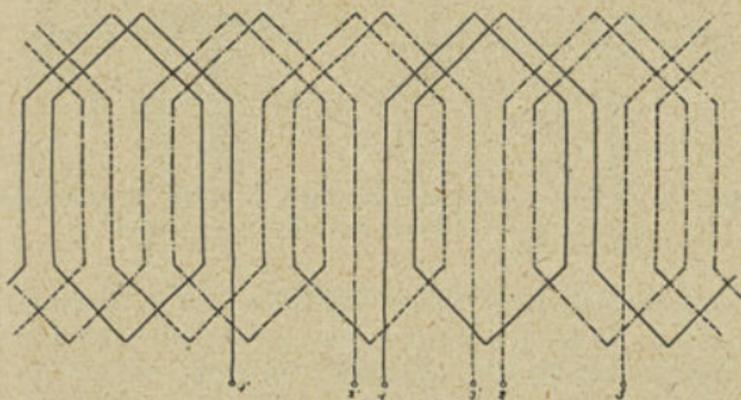


FIG. 46. — Enroulement triphasé 4 pôles, 2 encoches par pôle et phase, enroulement en zigzag.

égal au produit du nombre de pôles par le nombre de phases : par exemple un enroulement de moteur triphasé à 1.500 tours (4 pôles) comportera 12 encoches (fig. 44).

Afin de réaliser une forme plus régulière de la force électromotrice, on répartira le plus souvent les conducteurs en 2, 3 ou 4 rainures par pôle et par phase. Il y aura alors comme nombre d'encoches le produit du nombre de pôles par le nombre de phases et par 2, 3 ou 4. La réunion des faisceaux par les conducteurs

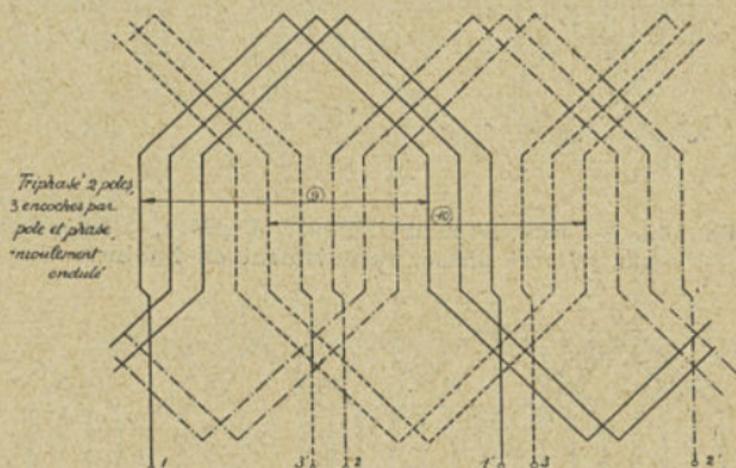


FIG. 47. — Enroulement triphasé 2 pôles, 3 encoches par pôle et phase, enroulement ondulé.

latéraux se fera alors par une sorte d'imbrications, dont les figures nous donnent une idée (fig. 45, 46 et 47). Les deux extrémités de chaque phase pourront être couplées de différentes façons avec les extrémités des autres phases ; par exemple, en triphasé, on pourra coupler les phases soit en triangle, soit en étoile.

Nous conseillons au lecteur d'étudier les schémas, de s'exercer à tracer le schéma d'enroulement des machines qu'il a sous la main, afin de se familiariser avec ces questions.

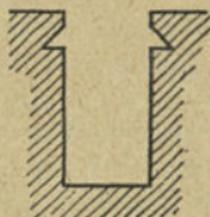
## 2. Réalisation matérielle des enroulements

Forme des encoches. — On distingue :

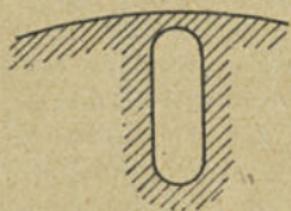
a) Les encoches *ouvertes*, à section rectangulaire. Ces encoches ont l'avantage de permettre la fabrication des bobines sur formes, qui



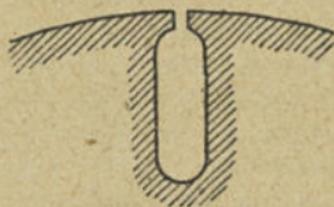
Ouverte.



Ouverte  
avec queue d'aronde.



Fermée.



Demi-fermée.

FIG. 48. — Différentes formes d'encoches.

pourront être fabriquées rapidement, même d'avance, et faciles à placer. Elles sont généralement employées en courant continu pour les bobinages en fils. L'isolation est facile à réaliser, mais elle exige des frettages très robustes pour maintenir les sections malgré la force centrifuge. On y remédie parfois en leur donnant une forme en queue d'aronde permettant de placer une cale.

b) Les *encoches fermées* maintiennent mieux les bobines, mais elles exigent que le bobinage soit fait sur place, les fils tirés un à un dans les encoches. Comme elles permettent l'obtention d'une courbe de tension régulière, on les emploie en courant alternatif.

c) Les encoches *demi-fermées* sont utilisées le plus souvent en courant alternatif avec des bobines faites sur forme : on passe alors les conducteurs un à un par la fente de l'encoche. On les emploie aussi pour les enroulements à courant continu en barres, chaque barre pouvant être passée par la fente de l'encoche (fig. 48).

**Conducteurs.** — Les conducteurs sont en cuivre recuit de haute conductibilité; pour les petites sections ce sont des fils isolés par un ou deux guipages coton, ou encore émaillés pour les petits moteurs : on emploie souvent des fils *carrés* ou *méplats* qui font perdre moins de place que les fils ronds; mais leur manipulation est plus délicate puisqu'il faut éviter de les tordre, et le guipage s'use sur les angles.

Pour les sections plus importantes, ce sont des *câbles* isolés au coton : on fait aussi des câbles méplats ou carrés. Enfin dès que la section dépasse 20 ou 30 mm<sup>2</sup>, il devient avantageux d'employer des *barres* à section rectangulaire, nues, que l'on recouvre d'un ruban isolant.

**Différentes formes de bobines.** -- La forme en *tonneau*, ou en *manteau*, consiste à placer les liaisons latérales suivant deux surfaces concentriques à l'axe de la machine (fig. 49). La forme

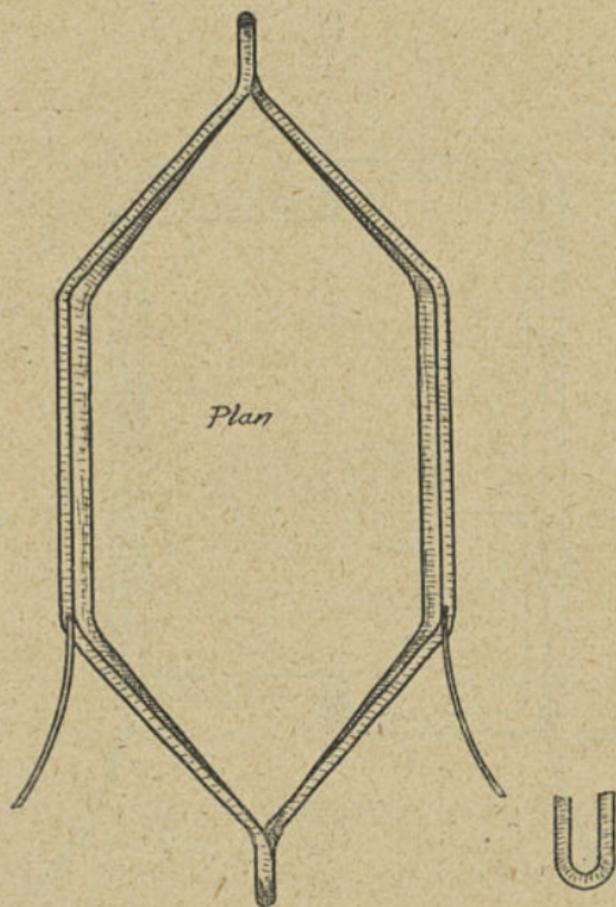
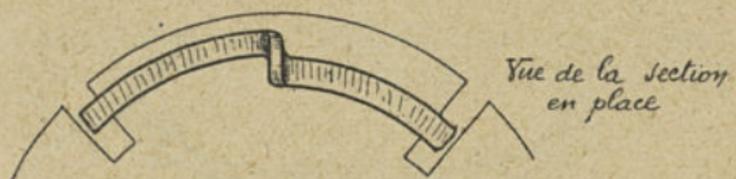


FIG. 49. — Section en tonneau.

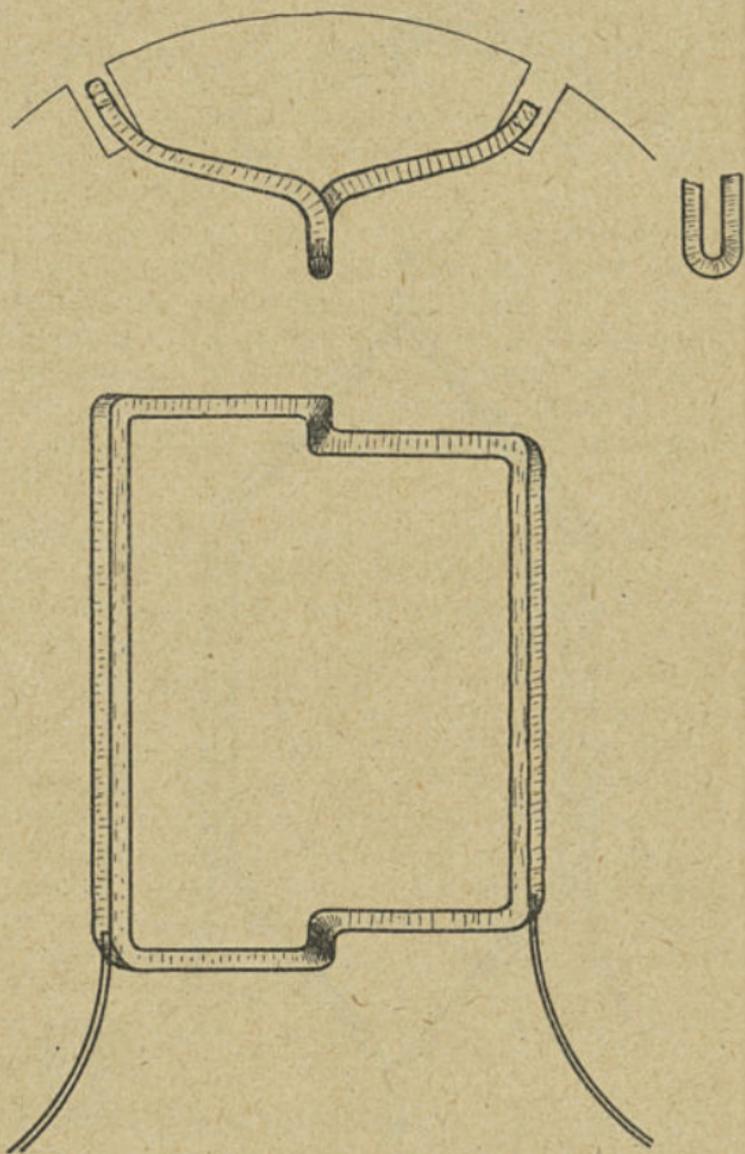


FIG. 50. — Section en développante.

en *développante* ou *frontale* consiste à placer ces liaisons dans deux plans perpendiculaires à l'axe (fig. 50).

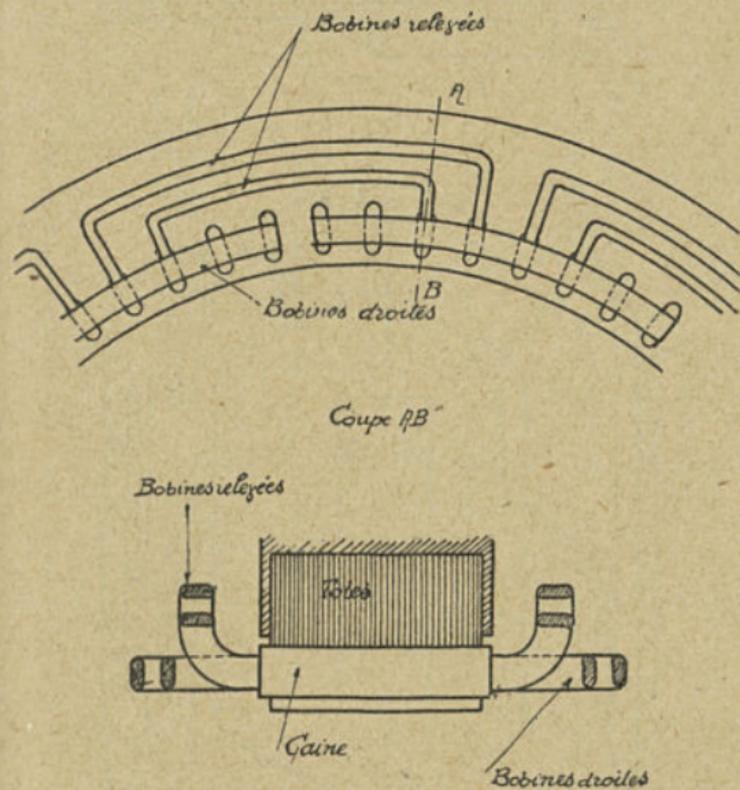


FIG. 51. — Enroulement de stator à courant alternatif.

Ces formes peuvent s'employer aussi bien pour les bobines que pour les barres.

Pour les enroulements de stators à courant alternatif à fils *tirés à la main*, on se contente le plus souvent de bobines simples analogues à celles de la figure 51. Pour permettre l'enchevêtrement de bobines de phases différentes,

on emploie successivement des bobines *droites*,

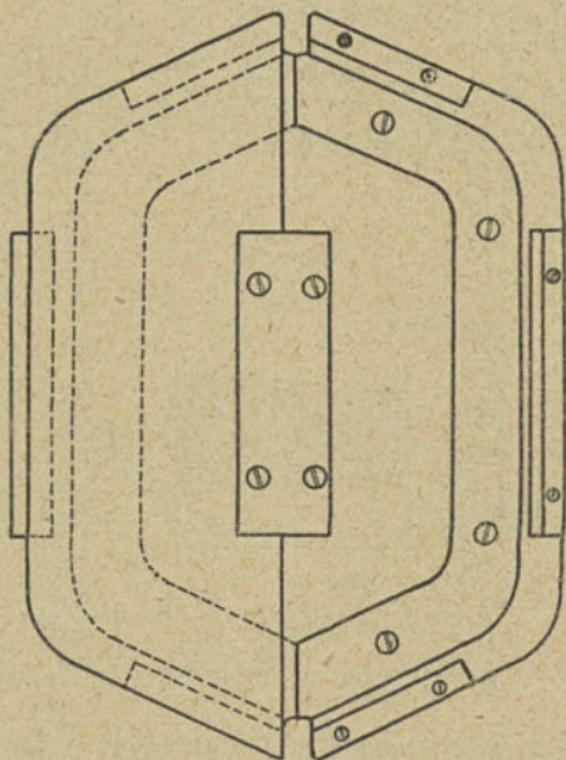


FIG. 52. — Forme pour bobine en manteau,  
enroulement direct.

des bobines *relevées*, et quelquefois aussi des bobines *longues* et des bobines *courtes*.

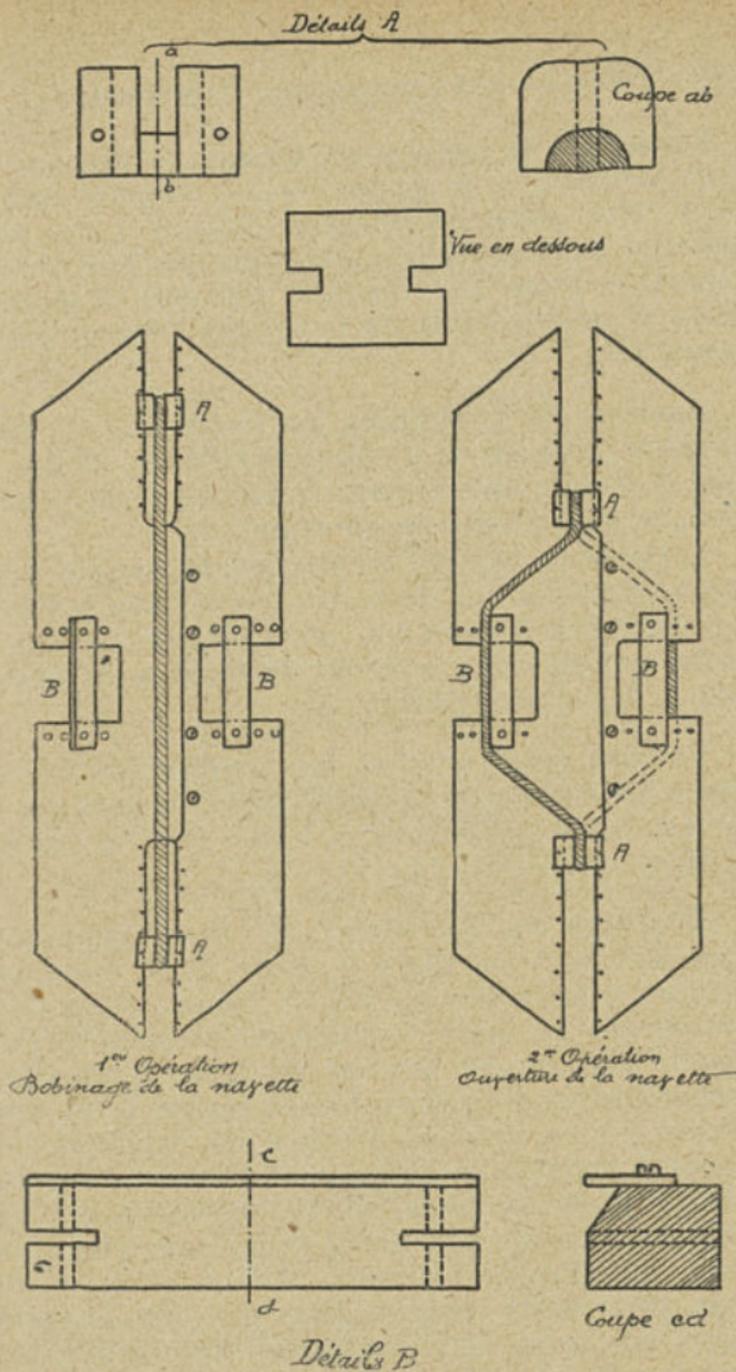


FIG. 53. — Forme pour bobine en manteau,  
enroulement en deux temps.

**Réalisation de sections sur formes.** — Les formes destinées à la confection des sections doivent être construites pour chaque type de bobines. On les fait généralement en *bois* avec ferrures. Pour les réaliser, on doit d'abord faire le *dessin exact* de la bobine telle qu'elle devra être.

**FORMES POUR BOBINES EN MANTEAU.** — Un premier type est celui de la figure 52 ; il permet d'obtenir directement la bobine toute conformée pour être mise en place.

Lorsque le fil est suffisamment souple on peut employer un deuxième type, dans lequel on constitue d'abord un cadre plat ou navette, cadre qui est ensuite ouvert de façon à lui donner la forme désirée (fig. 53).

**FORMES POUR BOBINES EN DÉVELOPPANTE.** — Pour les bobines en développante, on peut employer aussi un gabarit à forme directe, ou à formes successives (fig. 54).

**BOBINAGE DE LA FORME.** — Pour exécuter l'enroulement, on place la botte de fil sur une bobine montée sur un axe de façon que le déroulement se fasse facilement : le gabarit est monté sur un axe vertical de façon à pouvoir l'enrouler en le tournant sans tordre le fil. On passe sur le guipage un bloc de paraffine de façon à boucher les défauts de l'isolant, tout en facilitant le *dressage* du fil, opération qui se fait en passant sur le fil tendu une pièce de bois dur appelée *polissoir* ; il faut veiller à ne pas détériorer l'isolant (fig. 55). On enroule alors sur le gabarit en tendant fortement : des bandes de jaconas ont été placées en différents

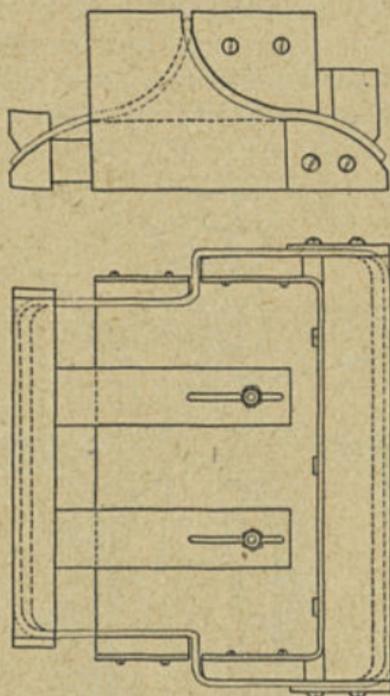


FIG. 54. — Forme pour bobine en développante, enroulement direct.

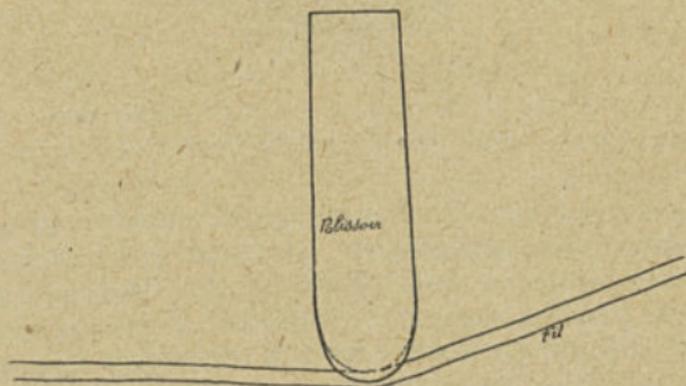


FIG. 55 — Dressage du fil.  
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

points, entre le gabarit et la première spire, de façon à pouvoir ligaturer l'ensemble.

Une fois la bobine terminée, on la sort de son gabarit et on l'entoure d'un ruban de ja-

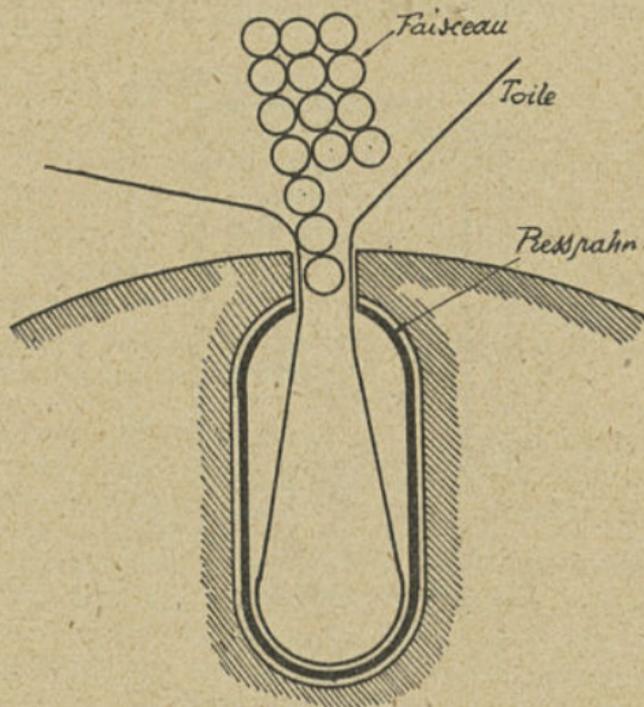


Fig. 56. — Mise en place d'un cadre dans une encoche demi-fermée.

conas; on réunit, d'autre part, sous un même ruban, des différentes sections qui doivent constituer une bobine. Si les bobines doivent être placées dans des encoches *demi-fermées*, en passant, *fil par fil*, par la fente de l'encoche, on ne doit pas enrubanner la partie qui devra se trouver dans l'entaille : cette partie, en effet,

doit pouvoir être déformée pour la mise en place (fig. 56).

Les bobines sont ensuite passées au *vernis isolant*, qui doit bien pénétrer partout, et séchées complètement dans une étuve à 100°.

Les constructeurs pratiquent l'imprégnation dans l'étuve à vide, qui est un procédé bien supérieur.

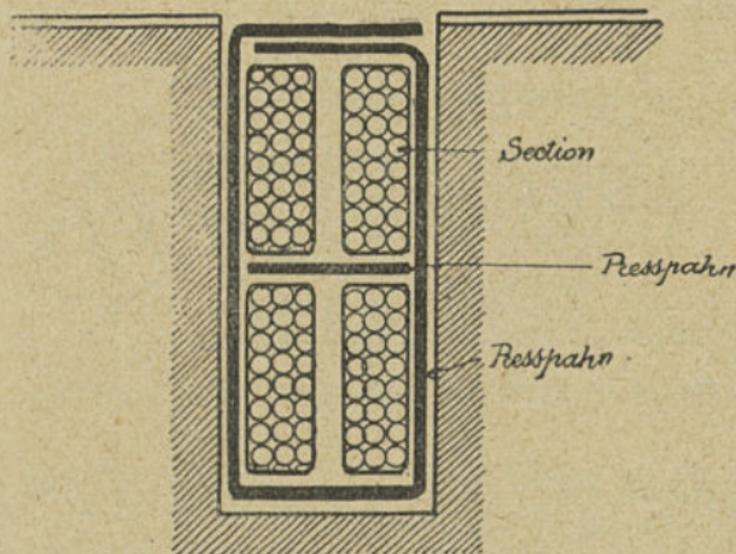


FIG. 57. — Isolation d'une encoche ouverte.

MISE EN PLACE DES BOBINES. — a) Avec encoches *ouvertes*. — L'encoche est garnie d'un carton isolant dit *presspahn*, qui doit être plié de façon à éviter tout contact entre les sections et les tôles : ce carton débordera d'au moins un centimètre de chaque côté. On place les bobines, en les séparant les unes des autres par des bandes de carton, et en garnissant les vides, s'il y en a (fig. 57).

b) *Avec encoches demi-fermées.* — L'encoche est garnie d'un carton, puis on introduit un morceau de toile par la fente. On rentre les fils un à un dans la toile, puis on rentre celle-ci complètement (fig. 56).

**Réalisation des enroulements tirés à la main.** — Les encoches sont garnies de *gaines* tubulaires en carton pour les basses tensions, en micanite pour les hautes tensions : ces gaines doivent

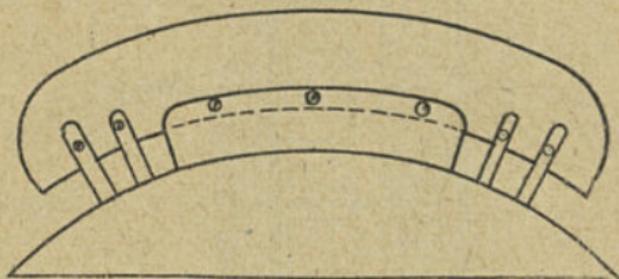


Fig. 58. — Formes pour le tirage des enroulements à la main.

dépasser d'au moins 1 cm. de chaque côté (plus de 1 cm. pour les hautes tensions).

Afin de pouvoir placer facilement les parties latérales des bobines, il est nécessaire de faire des *formes* qui s'appliquent sur le stator à enrouler successivement en face des différentes bobines (fig. 58).

Pour maintenir les fils en place dans les encoches, il faudra faire des *cales en bois* qui puissent garnir l'espace inoccupé : chaque fois qu'on doit passer une spire, on retire les cales, puis, une fois le fil en place, on remet les cales qui coincent le fil et l'empêchent de glisser (fig. 59).

Il est nécessaire de couper à l'avance le fil nécessaire à une section : on devra disposer de la place nécessaire pour tirer ce fil sur toute sa longueur (ou la moitié, si on commence l'enroulement par le milieu, en tirant les deux extrémités à la fois en sens inverse). On devra prendre les dispositions nécessaires pour ne pas embrouiller le fil (laisser tomber le mou dans une caisse).

Une fois la *bobine* terminée, on place des

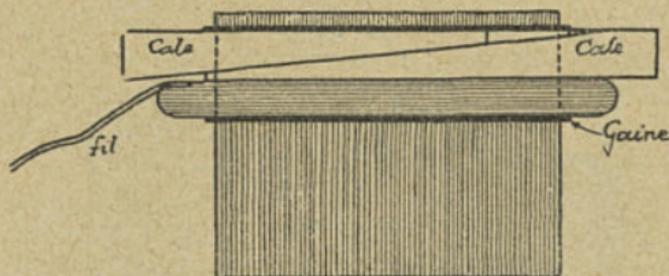


FIG. 59. — Calage des enroulements dans l'encoche.

ligatures en ficelle sur des rubannages en jacos, disposés de place en place sur les parties extérieures ; on met aussi des cales entre les différentes bobines, afin de former un ensemble homogène. On vernit et on sèche.

**Réalisation des enroulements en barres.** — Ces enroulements peuvent se réaliser de bien des façons différentes.

On peut d'abord réaliser avec des barres des *bobines* tout à fait analogues à celles que l'on fait avec des fils : ce procédé ne peut s'employer que pour les très petites barres, qui se laissent très facilement travailler à froid.

Plus souvent on réalisera, au moyen d'un gabarit une *section* d'une spire, qu'on rentrera dans des encoches demi-fermées, par la fente.

Enfin, pour les plus grosses barres, on fera les spires en *deux parties* réunies par un rivet en cuivre et soudées sur place.

C'est le plus souvent la forme en *manteau* qui est employée pour les barres. Il faut veiller à l'*isolation* des barres, qui doit être réalisée

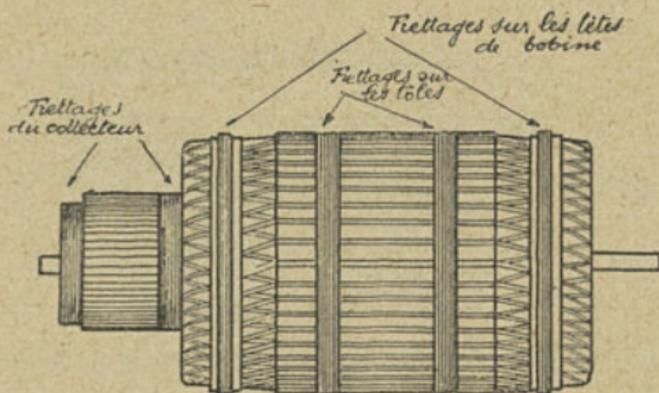


FIG. 60. — Disposition des frettages sur un inducteur à courant continu.

par un enroulement de ruban : les spires de ce rubannage doivent bien se recouvrir : le tout est verni au vernis isolant et séché à l'étuve, comme les bobines en fils.

**Frettages.** — Les enroulements tournants : inducteurs de machines à courant continu et de moteurs asynchrones sont soumis à des efforts violents par suite de la force centrifuge. Pour éviter que les bobines ne s'arrachent, on les maintient au moyen de *frettages* en fil d'acier.

A cet effet, il y a, sur l'induit, de distance en distance, des séries de tôles de diamètre inférieur au diamètre des tôles courantes : c'est à ces emplacements qu'on enroule un fil d'acier à haute résistance mécanique, en tendant très fortement. Cette opération se fait généralement sur un tour : la fixation des spires se fait par soudure (fig. 60).

Les *têtes de bobines* portent également un frettage qui doit être fait par-dessus un ruban de toile huilée.

Enfin les *collecteurs* eux-mêmes portent des emplacements destinés à la pose de frettes, qui empêchent les lames du collecteur de s'écarter.

Cette opération doit être faite avec beaucoup de soin, car les efforts qui entrent en jeu sont particulièrement violents.

Avec les encoches fermées, les frettes sont inutiles, sauf sur les têtes des bobines. A noter en passant que les têtes de bobines sont toujours isolées des parties métalliques ou flasques, sur lesquelles elles viennent s'appuyer par une toile huilée maintenue par des frettages de forte ficelle.

**Exécution des connexions.** — Les *soudures de fil bout à bout*, en cours d'enroulement, se font toujours à l'argent : on coupe les deux bouts bien droits, on les nettoie, puis on place un petit morceau d'alliage d'argent entre les deux bouts que l'on maintient appuyés l'un contre l'autre : on met un peu de borax et on chauffe jusqu'à fusion.

Les *connexions des sections entre elles* se font généralement par ligature soudée à l'étain (décapage à la résine, comme toujours). Les sou-

dures des *sorties des sections au collecteur* se font par l'intermédiaire de pinces qui prolongent les lames de collecteur (fig. 61). Ces pinces sont étamées : on y introduit alors les conducteurs terminant les sections, conducteurs également étamés, puis on chauffe. Afin de ne pas détériorer les isolants, on utilise pour cela un

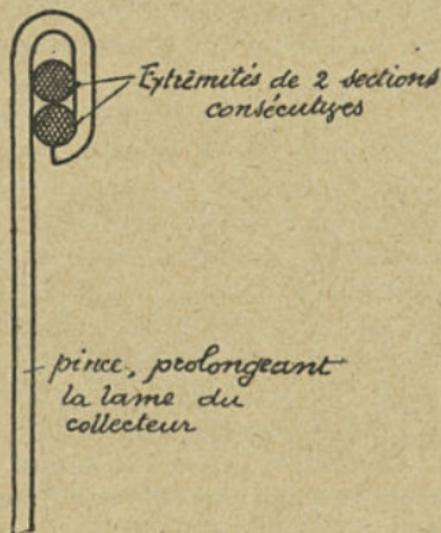


FIG. 61. — Connexions au collecteur.

fer à souder ordinaire, un fer à essence ou un fer électrique.

Rappelons que l'on réunit à une même lame de collecteur les conducteurs extrêmes de deux faisceaux écartés d'un pas.

Rappelons également que toutes ces connexions doivent être *isolées* avec un soin tout à fait particulier : ne pas employer de rubans à base de caoutchouc, que la chaleur brûlerait, mais du ruban jaconas enroulé très serré, les

extrémités soudées à la gomme laque (quelques paillettes entre les spires à coller, puis on passe un fer à souder par-dessus). L'ensemble est vernis et séché, puis on termine par une couche de ruban de toile huilée.

### 3. Exécution des réparations de bobinages

Les opérations de bobinage que l'on aura le plus souvent à faire sont les suivantes :

- Réfection de connexions dessoudées;
- Réfection de parties accessibles dénudées;
- Réfection d'une bobine;
- Réfection d'un bobinage complet.

**Réfection de connexions dessoudées.** — Il s'agit tout simplement de défaire la ligature, nettoyer soigneusement les bouts, refaire la ligature, ressouder et réisoler.

On devra chercher la cause de cet accident : quelquefois les bouts sont comme rongés, c'est que la soudure a été faite à l'acide : il faut craindre que toutes les autres soudures aient été faites dans les mêmes conditions; on devra toutes les refaire.

D'autres fois, ce sont les *vibrations* qui en sont la cause : il faudra vérifier que les autres soudures sont encore solides, et rechercher les raisons de ces vibrations : vérifier les frettages, l'équilibrage de l'induit.

Enfin, une soudure peut se défaire par *échauffement anormal* : cet accident arrive quelquefois aux rotors en barres des moteurs asynchrones : c'est pourquoi on devra faire ces connexions rivées et soudées et non pas seule-

ment soudées (fig. 62). On s'en rend compte en retrouvant des gouttes de soudure dans le stator. Il faut trouver la cause de cet échauffement : surcharge, partie de l'enroulement en court-circuit, etc.

**Isolation de parties accessibles dénudées.** — Il suffit de les réisoler, comme nous l'avons dit plus haut : il n'y a pas de difficultés particulières.

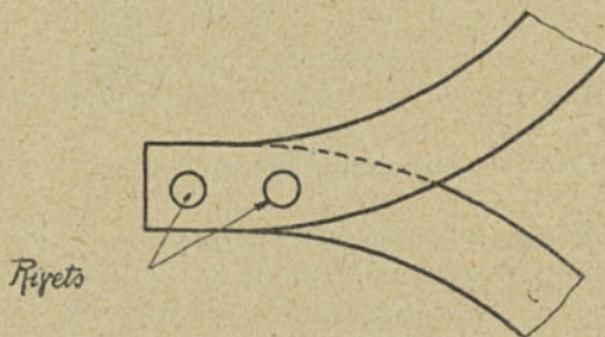


FIG. 62. — Connexions d'enroulements en barres.

**Réfection d'une section.** — Une section présentant un défaut dans les rainures : mise à la masse, contact entre spires, doit être refaite complètement : en effet, l'isolant est généralement carbonisé, et l'on n'a pas la place nécessaire pour recouvrir le conducteur d'un ruban isolant. Il faudra donc sortir la section malade, noter la façon dont les fils sont disposés, prendre leurs dimensions exactes (au palmer).

On fera alors, d'après la bobine avariée, une forme d'un des modèles que nous avons indiqués plus haut : forme pour section en manteau ou en développante à bobinage direct, ou en 2 opérations, ou encore forme pour têtes de

bobines à fil tiré directement dans les encoches.

On se procurera le fil nécessaire, et on exécutera la section, qu'on mettra en place, comme il a été vu plus haut.

**Réfection totale d'un bobinage.** — C'est l'opération analogue, mais avant de dégarnir complètement la carcasse, il faudra tracer le schéma exact des enroulements et des connexions.

On notera les dimensions exactes des conducteurs, la nature de l'isolation.

Si les sections ont été déformées, il est nécessaire, pour faire la forme, de faire le dessin exact d'une section, ainsi que de la disposition des encoches, afin que tout se loge facilement dans l'emplacement disponible.

#### 4. Bobinages d'inducteurs à courant continu

Les bobinages d'inducteur ne présentent pas de difficultés particulières. Ils se font soit directement sur le pôle entouré d'un fort carton isolant, soit le plus souvent sur une carcasse en carton ou en matière moulée, que l'on peut retirer du pôle en dévissant les cornes polaires. Le bobinage se fait alors *au tour*. Bien observer le nombre de spires.

Les bobinages en *barres de champ* doivent être exécutés à la machine à cintrer.



## TROISIÈME PARTIE

### CONTROLE DES INSTALLATIONS

---

#### CHAPITRE PREMIER

#### NÉCESSITÉ ET ORGANISATION D'UN SERVICE DE CONTROLE DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

---

1. *Utilité d'un service de contrôle.* — 2. *Un service de contrôle doit-il être formé de personnel appartenant à l'usine ou doit-il être indépendant ?* — 3. *Personnel d'un service de contrôle.* — 4. *Matériel d'un service de contrôle.* — 5. *Rôle du service de contrôle.*

Nous venons d'examiner la nature des travaux du service d'*entretien*. Nous avons vu qu'un entretien bien fait exige souvent des mesures de nature assez complexe, nécessitant non seulement un discernement exercé, mais aussi de solides qualités techniques, et une grande habitude des mesures. Il est indispensable aussi de surveiller méthodiquement l'installation, afin de prévoir les travaux d'entretien ou de réparation qui vont être utiles, pour les

faire en temps opportun, de contrôler la bonne exécution des ordres reçus par le service de l'entretien; enfin, certaines mesures peuvent être nécessaires parfois, qu'on ne peut songer à exécuter sans un ensemble d'appareils spéciaux: vérifications de compteurs, réceptions de matériel.

Lorsque le service d'entretien n'est chargé que de travaux courants, il faudra avoir affaire, pour tous les travaux sortant de l'ordinaire, à des entrepreneurs; ces gens, quelque consciencieux qu'ils puissent être, ne sont pas ennemis de leurs propres intérêts, et on ne saurait leur demander, si on les laisse libres, d'adopter toujours les solutions les plus économiques.

Il y a donc place pour un *service spécial* chargé d'une besogne de contrôle, pour le compte de la Direction, service dont les attributions sont multiples et extrêmement étendues.

C'est l'utilité et le rôle de ce service que nous allons étudier dans les chapitres suivants.

### 1. Utilité d'un service de contrôle

Il était nécessaire de démontrer cette utilité, car un trop grand nombre d'industriels ne s'en rendent pas un compte suffisant.

a) Un service de contrôle des installations électriques est utile en vertu de ce principe qui doit être absolument général dans une entreprise organisée d'une façon moderne, que toute opération effectuée par un agent d'un service doit être *contrôlée* par une personne indépendante, prenant ses ordres seulement à

la Direction. C'est le principe du *contrôle général*, qui est adopté actuellement dans les grandes affaires et qui a partout donné des résultats tangibles, qu'on l'ait appliqué aux services de fabrication, aux services administratifs, aux services commerciaux. Il ne sert à rien, pour le chef, de donner un ordre s'il ne peut pas se rendre compte, d'abord de son opportunité, ensuite de sa bonne transmission et de son exécution. Or, il lui est généralement impossible de s'en rendre compte par lui-même, soit que ses compétences ne soient pas universelles, soit que ses occupations administratives et commerciales ne lui en laissent pas le loisir. Il faut donc qu'il ait à sa disposition un service compétent, qui pourra faire ce contrôle, et lui en rendre compte.

b) Un service de contrôle est utile dans la petite et la moyenne industrie, parce que généralement, il n'est pas possible d'avoir un service d'entretien électrique dirigé par un chef *suffisamment compétent*. Ce sera souvent un simple monteur qui sera chargé de l'entretien; on pourra lui demander beaucoup de conscience, de bonne volonté, de connaissance pratique de son métier (et il faut convenir que l'on trouve des gens qui réunissent ces qualités à un haut degré), mais il y aura des moments où cela ne suffira plus, il faudra des connaissances techniques d'un degré plus élevé pour résoudre un problème un peu particulier. C'est là que le rôle du service du contrôle commencera.

c) Un service de contrôle est utile pour les *relations avec l'extérieur*: fournisseurs de matériel, fournisseurs d'énergie électrique, entre-

preneurs, etc., parce qu'une discussion au sujet d'un devis, d'une réception de matériel, d'un contrat d'énergie, d'une réception de travaux, ne saurait être menée par le client directement intéressé, sans qu'il soit taxé de parti pris ou même d'ignorance technique. Tandis qu'avec un ingénieur connu pour son indépendance de vues, son désintéressement, ses connaissances techniques, la discussion sera beaucoup plus facile, les terrains d'entente beaucoup plus aisés à trouver pour le plus grand profit du client, et bien souvent des deux parties : un bon marché est celui où les deux contractants font une bonne affaire, et non pas celui où il y a une dupe.

Nous avons vu des discussions interminables entre un client et son fournisseur de courant, discussions qui devaient fatalement amener un conflit, être reprises par un ingénieur-conseil, remises sur le terrain technique, poursuivies méthodiquement et courtoisement, raisonnées chiffres en mains, et terminées à la satisfaction des deux parties.

d) Un service de contrôle est utile parce que lui seul est outillé pour l'exécution de certaines *mesures* indispensables pour se rendre un compte exact de certaines conditions de fonctionnement de l'installation : mesures de consommation des machines, mesures de facteur de puissance, étude du rendement général de l'installation, étalonnage d'appareils, vérifications de compteurs, etc.

Il serait coûteux pour un industriel de posséder tous ces appareils, sans compter qu'il faudrait encore du personnel qui sache s'en servir judicieusement.

e) Un service de contrôle est utile parce qu'il connaît de nombreux exemples d'*installations différentes* qui sont réalisées dans les diverses usines qu'il visite, qu'il a pu se rendre compte de leur fonctionnement plus ou moins avantageux, qu'il peut ainsi se former une expérience personnelle, et conseiller son client, lui éviter des expériences coûteuses et désastreuses. Au contraire, celui qui ne connaît qu'une usine sera toujours tenté plus ou moins de la considérer comme un étalon, de croire que le mode d'installation employé est le seul possible.

f) Un service de contrôle est utile parce que seul il peut avoir, au point de vue technique, contentieux et administratif, une *documentation complète*. Cette documentation pourra être mise au service du client pour son plus grand profit.

## 2. Un service de contrôle doit-il être formé de personnel appartenant à l'usine, ou doit-il être indépendant ?

Beaucoup d'industriels répugnent à introduire chez eux des étrangers, et, cependant, persuadés de l'utilité du service de contrôle, décident de le former à l'intérieur de l'usine, avec un personnel et un matériel à eux. Généralement, dans ce cas, le service de contrôle est *confondu avec le service d'entretien*, ou tout au moins sous la même direction.

Ce système met évidemment à la disposition immédiate de la Direction, les moyens nécessaires à la bonne direction de l'exécution et à la surveillance de l'entretien.

Mais il a d'abord l'inconvénient de principe de faire contrôler les travaux par *ceux-là mêmes qui les ont faits*, et qui peuvent donc être suspectés de partialité. Il faudra une bien grande élévation morale de la part de celui qui se rend compte qu'il a fait un loup, pour l'avouer, et en indiquer le remède et les conséquences.

En outre, nous avons vu que l'indépendance était une question primordiale pour les *relations avec l'extérieur* et que le technicien qui voit tous les jours des installations différentes, possède une *documentation* bien supérieure à celui qui ne connaît que son usine.

Enfin, pour la petite et la moyenne industrie, il est possible, à moins d'admettre des frais généraux insensés, d'entretenir dans un service non directement producteur tout un coûteux état-major de techniciens. Pourtant, les petites installations méritent tout autant de soins que les grosses. La solution est donnée par le service de *contrôle indépendant* qui, s'occupant de nombreuses usines, pourra se contenter d'une rémunération très modeste.

Donc, en principe, le système du service d'entretien et de contrôle confondus n'est pas avantageux, et c'est à une organisation extérieure que l'on devra demander de contrôler l'installation.

Pendant, pour des installations très importantes, possédant une vaste organisation administrative, on pourra admettre un service de contrôle appartenant à l'usine, à condition toutefois que ce service soit complètement différent du service d'entretien. Ce ne sont évidemment que des entreprises de très vaste enver-

gure qui pourront profiter de cette organisation autonome : grandes compagnies de mines ou de métallurgie, etc.

Pour toutes les autres industries, c'est à un service indépendant qu'il faudra avoir recours.

Beaucoup d'ingénieurs-conseils ont organisé de tels services à la disposition de leurs clients. De même, les associations de propriétaires d'appareils à vapeur.

### 3. Personnel d'un service de contrôle

Comment doit être composé le personnel d'un service de contrôle.?

Un service de contrôle doit être composé exclusivement d'*ingénieurs électriciens* spécialisés, qualifiés tant par leur connaissances théoriques et leur instruction technique étendue que par une longue pratique dans les branches de l'industrie électrique qui ont des rapports avec les travaux de contrôle.

Un ingénieur de contrôle devra avoir fait de la *plate-forme et du calcul de machines*, afin de connaître le matériel électrique dans tous ses détails, d'être capable de faire une réception de matériel et de tirer d'un essai toutes les conclusions que permet une pratique raisonnée de la construction.

Il devra avoir fait de l'*exploitation de réseaux*, afin de connaître les conditions de fonctionnement des réseaux de distribution, de pouvoir discuter en connaissance de cause avec les exploitants des réseaux où il opère, d'être renseigné sur les questions de tarification, de branchements, etc.

Il devra avoir fait des *études d'installations*

dans le bureau d'une grande entreprise et avoir dirigé les *chantiers*, puisqu'il aura des travaux à surveiller, des projets à préparer et à réaliser, des devis à étudier et à vérifier.

Il devra connaître les questions *administratives* : lois sur les distributions d'énergie électrique, concessions, etc.

Il sera au courant des questions de *contentieux* qui se présentent couramment, et connaître la jurisprudence des problèmes classiques. Quelques notions de droit ne lui nuiront certainement pas, et lui seront d'un grand secours pour la discussion de ces affaires.

Nous voyons donc que le métier d'ingénieur de contrôle exige des connaissances très diverses. Si on ajoute à cela que ce métier est parfois assez rude, qu'il faut savoir mettre la main à la pâte, un choix très sévère devra présider à la recherche du *personnel*. En principe, on devra écarter les *débutants*; le client ne supporterait pas de faire les frais des inexpériences du personnel de contrôle.

Les ingénieurs de contrôle peuvent travailler avec la collaboration d'*aides*, qui pourront être de bons monteurs électriciens, et leur rendront de grands services, mais il nous semble que ce doit toujours être l'ingénieur qui dirige les essais en personne, et se rend compte exactement de chaque chose par lui-même.

#### 4. Matériel d'un service de contrôle

Un service de contrôle doit être outillé de façon à pouvoir exécuter facilement et avec toute la précision désirable les essais très nombreux qui sont souvent nécessaires.

Les principaux appareils de mesures sont les suivants :

*Wattmètres.* On doit se servir exclusivement des appareils électrodynamiques, dits appareils de précision. En triphasé, en emploiera la méthode des deux wattmètres avec deux appareils monophasés ou un appareil double. L'emploi d'un chahuteur (commutateur de court-circuit permettant de brancher le gros fil du wattmètre en série à volonté avec l'une ou l'autre des phases, sans jamais couper ces phases) n'est précis que lorsqu'on a une puissance bien constante; sinon, la puissance a pu varier pendant la manœuvre du chahuteur, et les lectures seront entachées d'erreurs.

L'emploi de deux appareils monophasés permet une détermination exacte du facteur de puissance, par lecture du rapport des indications des deux appareils. L'emploi de l'appareil double permet une lecture plus rapide, surtout pour les étalonnages de compteurs.

Les wattmètres courants sont des appareils pour 150 volts et 5 ou 10 ampères. Pour les tensions supérieures et les intensités plus grandes, on se sert de résistances en série sur le fil fin, de transformateurs de tension et de transformateurs d'intensité.

*Ampèremètres.* Il faut aussi un appareil électrodynamique. Les thermiques sont trop amortis, les électromagnétiques trop sensibles aux variations de la fréquence. Appareil de 5 ou 10 ampères qui sera monté sur transformateurs d'intensité.

*Voltsmètres.* Appareil électrodynamique également, 150 volts. Généralement, on dispose

d'une boîte de résistance à mettre en série pour employer l'appareil sous 300, 600 volts. Pour les tensions supérieures, on doit se servir d'un transformateur de tension.

*Fréquencemètres.* Un fréquencemètre est utile pour les essais. En effet, la fréquence des petits réseaux indépendants est souvent très différente de celle garantie, et, outre les réclamations auxquelles cela peut donner lieu, les variations de fréquence changent complètement les conditions de fonctionnement des machines.

*Appareils à courant continu.* Pour les mesures en courant continu, les appareils ci-dessus ne peuvent pas servir, il est utile d'avoir une boîte de contrôle composée de deux appareils à cadre mobile : voltmètre et ampèremètre, avec résistance pour voltmètre jusqu'à 600 ou 750 volts, et shunts pour l'ampèremètre de 1 à 1.000 ampères.

*Transformateurs d'intensité et de tension.* Il est essentiel d'utiliser toujours les transformateurs d'intensité au voisinage de leur charge normale. Aussi, doit-on en avoir un jeu suffisant. Pour la basse tension, le plus simple est souvent l'utilisation de transformateurs en forme de tore, bobinés avec un secondaire seulement. On fait le primaire à volonté au moyen d'un câble, avec un nombre de spires variable.

Pour la haute tension, il faudra des appareils spéciaux, isolés pour 10 ou 15.000 volts.

Les transformateurs de tension sont des appareils lourds, chers et encombrants. Il faudra en avoir un jeu, car ils ne sont exacts que dans le voisinage de leur tension normale, l'induction devant toujours être la même.

*Contrôleurs d'isolement.* Appareils à magnéto, à lecture directe. Doivent pouvoir mesurer jusqu'à 10 mégohms au moins. Dans l'autre sens, l'échelle devra aussi être très étendue; un appareil qui mesure 100 ou 200 ohms permet de distinguer une perte franche, d'un mauvais isolement.

*Divers.* Une trousse d'outils, un tachymètre, une montre à secondes, un mètre, un décimètre, un palmer, un pied à coulisse.

L'emploi d'appareils *enregistreurs* : voltmètres, ampèremètres et wattmètres, est extrêmement utile pour se rendre compte avec précision des variations des différentes constantes mesurés sur les diagrammes.

### 5. Rôle du service de contrôle

Les différentes opérations que le service de contrôle pourra être appelé à faire sont :

Etude de l'*organisation* d'une installation existante, exécution des schémas des lignes des tableaux, etc.;

Mesures de l'*isolement des machines*, recherche des défauts, localisation des portions à réparer;

Mesures de l'*isolement des canalisations*, recherche des défauts, leur localisation;

Vérification des *sections* des lignes;

Surveillance de l'*entretien* général des machines;

Mesure de la *consommation des machines*. Etude de l'utilisation de la puissance;

Mesure de la *consommation générale* de l'installation ;

Utilisation de *la puissance*, facteur de puissance;

Etalonnage des *appareils de mesure*;

Vérification des *compteurs*;

Recherche des causes de *mauvais fonctionnement* des machines et des appareils;

Enfin, les questions de *tarification* que nous étudierons dans un chapitre spécial, et les études d'*installations*, pour lesquelles nous renvoyons à la première partie de ce volume.

---

## CHAPITRE II

### LES ESSAIS DE CONTROLE

1. *Emploi des appareils de contrôle.* — 2. *Recherche des défauts dans les bobinages des machines.* — 3. *Recherche des défauts dans les lignes.* — 4. *Essais de consommation des moteurs.* — 5. *Essais d'échauffement en service normal.* — 6. *Etude de la consommation totale de l'usine.* — 7. *Essais de groupes thermiques en service.* — 8. *Vérification de compteurs.* — 9. *Etalonnage des appareils de mesure.* — 10. *Essais de réception.* — 11. *Vérification des sections des lignes.* — 12. *Etude sommaire des principales causes de mauvais fonctionnement des machines.*

Nous n'avons pas l'intention d'écrire un traité complet de contrôle des installations électriques, puisque c'est de tout l'art de l'ingénieur électricien qu'il faudrait traiter. Cependant, nous dirons quelques mots des principaux travaux qui peuvent être exécutés en contrôle, afin de permettre à l'industriel ou au chef d'entretien de se rendre compte de la variété des services qu'il peut en attendre, à l'ouvrier d'entretien d'aider utilement et intelligemment le personnel de contrôle.

## 1. Emploi des appareils de contrôle

**Appareils de contrôle en général.** — Ces appareils sont généralement étalonnés pour la position horizontale.

Avant de mettre l'appareil sous tension, il faut ramener l'aiguille au *zéro* : une vis permet de faire ce réglage.

Les lectures se font généralement au moyen d'une *aiguille-couteau* et d'un *miroir de paralaxe*, c'est-à-dire que l'aiguille, très mince, comme une lame de couteau, se déplace devant un miroir. Pour faire la lecture, il faut se placer de telle sorte que l'aiguille couvre son image sur le miroir. On est alors sûr d'être bien placé en face de l'aiguille et de ne pas se tromper de division.

Si l'appareil comporte une courbe d'étalonnage ou une table de correction, il faut s'en servir, de façon à tenir compte de l'erreur correspondant à chacune des positions de l'aiguille.

Les conducteurs appartenant à un même circuit et venant se connecter à un même appareil doivent être *câblés* 2 à 2 ou tout au moins assez rapprochés pour ne pas former une boucle de grande surface. De la sorte, il n'y aura pas effet d'induction entre ces câbles et les appareils, ce qui pourrait fausser les mesures.

Les connexions se font, soit directement sur le courant principal, soit par l'intermédiaire de shunts, transformateurs de tension et d'intensité.

Généralement, les *shunts* sont calculés pour les appareils, de telle sorte que leur intensité nominale soit celle qui donne toute la déviation sur l'appareil.

Par exemple, avec un ampèremètre à 100 divisions, monté sur un shunt de 200 ampères, l'aiguille dévie de 100 divisions lorsqu'il passe 200 ampères dans le shunt. Une division vaut donc :

$$\frac{200}{100} = 2 \text{ ampères.}$$

On doit utiliser les cordons, tels qu'ils ont été vendus, avec les shunts : une modification très faible de résistance suffirait à fausser les résultats. Les contacts doivent être parfaits.

Lorsqu'on se sert de *transformateurs d'intensité en anneaux*, ne possédant qu'un secondaire, il faudra bobiner sur ce secondaire un primaire en câble souple, tel que le rapport du nombre des spires du primaire et du secondaire soit égal au rapport de transformation cherché.

Par exemple, si on a un tore de 200 spires pour 10 ampères, il faudra, pour un courant de 150 ampères, mettre :

$$\frac{10}{150} \times 200 = 13,35 \text{ spires,}$$

soit 13 spires : le rapport de transformation sera :

$$\frac{200}{13} = 15,4.$$

En pratique, on s'arrange pour avoir des nombres simples; on prendrait plutôt 10 spires, soit un rapport de :

$$\frac{200}{10} = 20.$$

A noter que le secondaire d'un transformateur d'intensité ne doit *jamais être coupé* pendant que le courant passe dans la primaire : il pourrait, en effet, s'y développer des tensions dangereuses et, d'autre part, l'isolant pourrait claquer.

Lorsque la tension des circuits à mesurer n'est que légèrement supérieure à celle de l'appareil (par exemple 220 volts pour un appareil de 100 ou 150 volts), on n'emploie pas de transformateur de tension, mais on met des *résistances en série* sur le circuit à fil fin.

Par exemple si le circuit à fil fin de wattmètre a une résistance de 2.000 ohms, on mettra une autre résistance de 2.000 ohms, et alors les indications seront à multiplier par 2, et on pourra mesurer une tension double de la tension de l'appareil.

**Emploi du contrôleur d'isolement.** — Cet appareil, indispensable pour le contrôle d'une installation, se compose, dans sa forme la plus courante, d'une boîte contenant une petite magnéto à courant continu et surmontée d'un galvanomètre gradué en milliers d'ohms. Une manivelle permet de faire tourner la magnéto à la main. Aux extrémités du circuit formé par la magnéto et le galvanomètre se trouvent deux bornes. Si on place une forte résistance entre ces deux bornes, telle qu'une *résistance d'isolement*, le galvanomètre dévie d'autant plus que la résistance est plus faible. La graduation est faite généralement entre les limites 10 mégohms (10.000.000 d'ohms) et 0. Pour avoir quelque précision dans les lectures, il est nécessaire de tourner la magnéto à une vitesse constante

et bien déterminée. Pour cela, un petit bouton poussoir permet de court-circuiter les bornes. On règle alors la vitesse pour que, les bornes étant en court-circuit, l'aiguille dévie jusqu'à 0 de la graduation, correspondant à une résistance nulle : on lâche alors le bouton poussoir, tout en continuant à tourner, et l'aiguille indi-

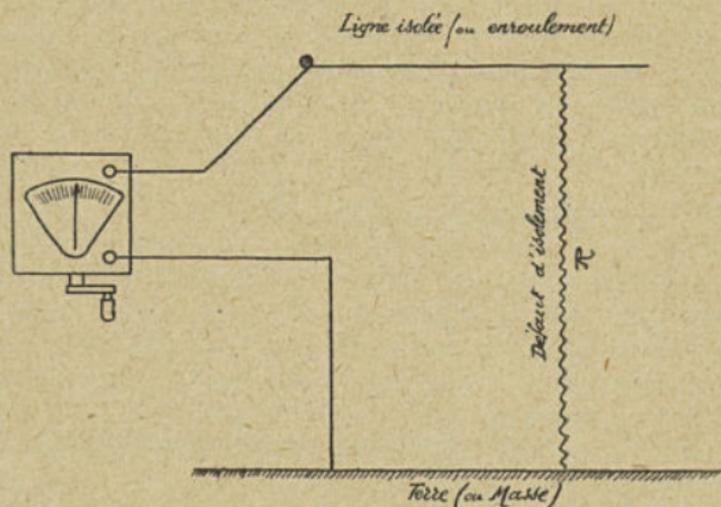


FIG. 63. — Emploi du contrôleur d'isolement.

que la valeur de la résistance qui est branchée aux bornes. Si elle revient à sa position de repos, c'est que l'isolement est bon, supérieur à 10 mégohms ; si elle reste au zéro, c'est-à-dire à sa position extrême, c'est que la résistance est nulle : l'isolement est nul (fig. 63).

En réalité, à cause de la faiblesse des divisions de la graduation, il est difficile de distinguer une résistance nulle d'une résistance de 1.000 ohms, par exemple, c'est-à-dire un court-

circuit franc d'un isolement défectueux par suite de l'insuffisance de l'isolant.

On s'en rend compte au moyen d'une *lampe* branchée de la façon suivante : on réunit à deux bornes d'une distribution basse tension le circuit formé par la résistance d'isolement à mesurer et la lampe en série. Si la lampe brille de son éclat normal, c'est que le court-circuit

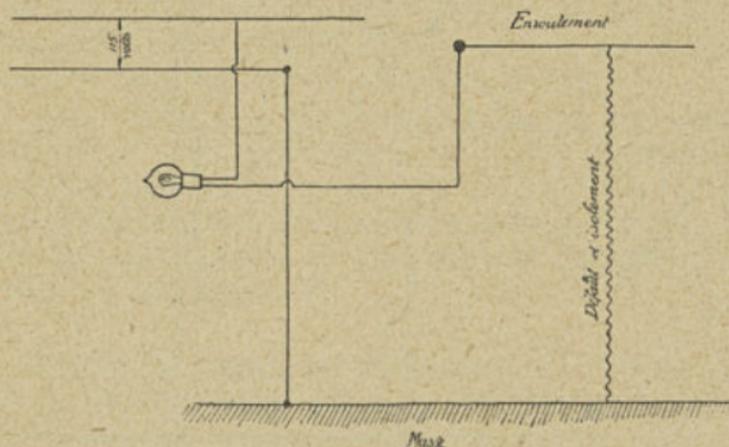


FIG. 64. — Essai à la lampe.

est franc; si elle s'allume à peine, ou pas du tout, c'est que la résistance d'isolement est de quelques centaines d'ohms (fig. 64).

Certains contrôleurs d'isolement possèdent deux bornes supplémentaires marquées + et — et reliées simplement aux deux bornes du galvanomètre. Ces deux bornes servent à la mesure de l'isolement d'une ligne à courant continu sous tension. On relie la borne + à un point de la ligne, la borne — à la terre. Si l'isolement est bon, aucun courant ne passe,

l'aiguille reste au repos. S'il est mauvais, il se produit une dérivation entre la prise que l'on a faite sur la ligne, et de défaut par l'intermédiaire du galvanomètre et de la terre : le courant passe dans le galvanomètre qui dévie vers la position 0.

**Emploi des wattmètres.** — Nous avons vu dans le volume I, chapitre III, les différents montages à employer pour la mesure des puissances en triphasé au wattmètre : triphasé équilibré, triphase non équilibré, triphasé 4 fils.

La méthode du *triphase équilibré* n'est exacte que si les trois phases sont bien chargées pareillement, ce qui est approximativement exact avec les moteurs, mais toujours plus ou moins faux avec les circuits lumière, les lampes étant plus ou moins bien réparties sur les différents ponts. En pratique, même avec les moteurs, il vaudra toujours mieux employer la méthode du triphasé non équilibré, ou méthode des deux wattmètres.

Cette méthode peut s'employer :

a) Avec deux wattmètres, dont on doit lire les indications simultanément, indications que l'on totalise. Les deux wattmètres doivent être montés symétriquement, c'est-à-dire que, pour le gros fil, les bornes correspondantes des deux appareils sont reliées aux entrées de deux phases, les deux autres bornes aux sorties de ces phases, et pour le fil fin, ce sont les bornes correspondantes qui sont reliées à la troisième phase, les deux autres aux deux autres phases (fig. 65 et 66).

Si les deux appareils dévient en sens inverse

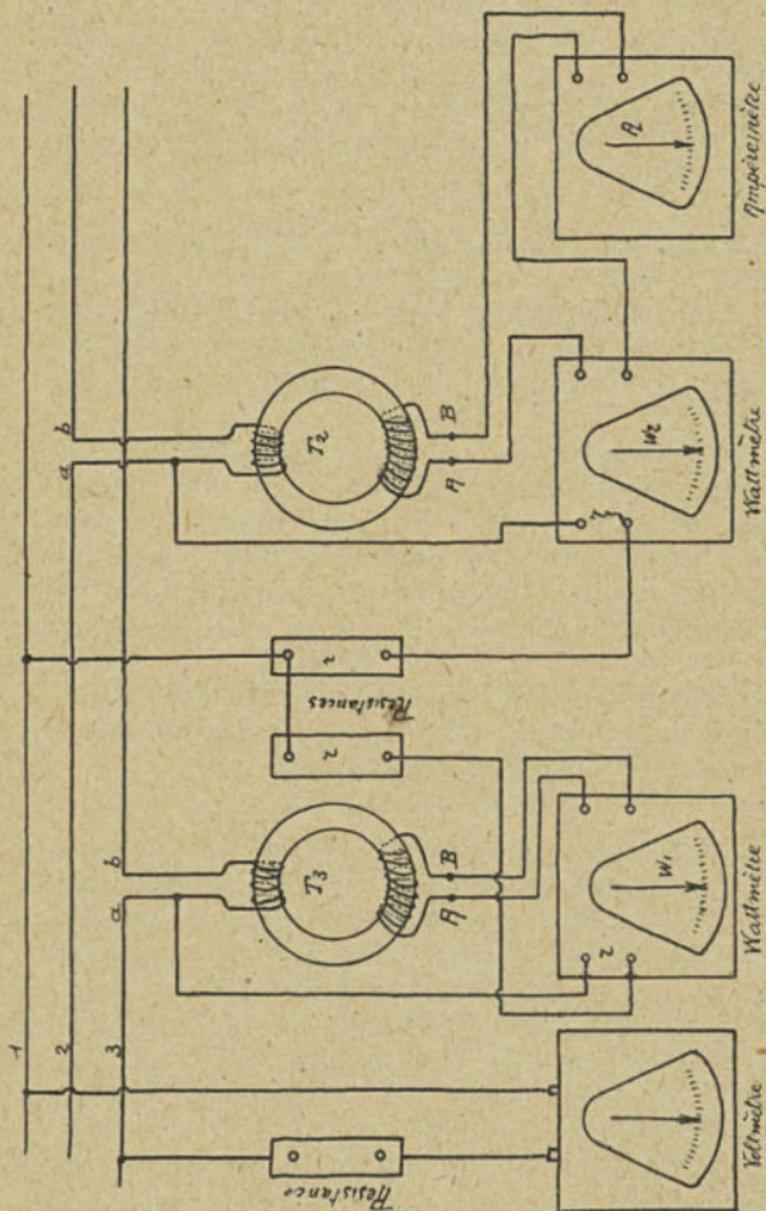


Fig. 65. — Montage de deux wattmètres, 1 ampèremètre et 1 voltmètre sur circuit basse tension; avec transformateurs d'intensité.

des graduations, c'est-à-dire en arrière du zéro, il faut inverser dans chaque appareil les deux bornes d'un même circuit : on inversera par exemple les bornes des gros fils, ou celles des fils fins. Les aiguilles dévieront alors dans le sens normal.

Pour avoir la puissance totale, il faut alors

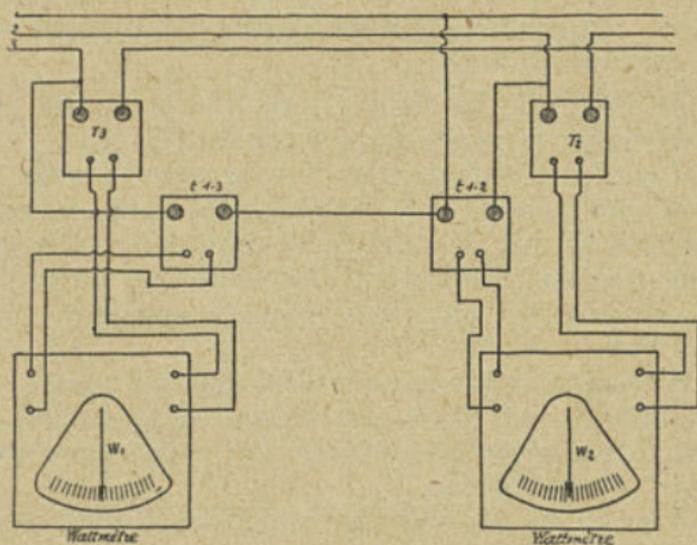


FIG. 66. — Montage de deux wattmètres, sur circuit haute tension, avec transformateurs d'intensité et de tension.

additionner les indications des deux appareils. Si un seul appareil dévie à l'envers, c'est que le facteur de puissance est inférieur à 0,50; on inverse alors les deux bornes d'un même circuit dans l'appareil qui dévie à l'envers : il faudra alors faire la différence des lectures pour avoir la puissance.

Les indications des deux appareils sont toujours différentes. Connaissant le rapport des

indications de ces appareils (quotient de la plus petite par la plus grande), on en déduit le *facteur de puissance* en se reportant au graphique de la figure 67.

b) *Avec un wattmètre double.* — C'est un ensemble de deux wattmètres montés dans la même boîte et ayant leurs équipages mobiles reliés mécaniquement. Il y a donc doubles bornes. L'aiguille indique automatiquement la puissance totale.

c) *Avec un wattmètre monophasé monté sur inverseur de court-circuit* (chahuteur).

Le chahuteur permet d'intercaler le gros fil soit sur l'une, soit sur l'autre phase, sans jamais couper le circuit. Il faut donc faire les mesures successivement, et assez vite pour que la puissance n'ait pas changé pendant l'inversion.

Lorsqu'il y a un neutre, et qu'une partie de la charge est prise entre neutre et phase, il faut employer la méthode du *triphase 4 fils* avec 3 wattmètres.

Lorsqu'on se sert de transformateurs d'intensité, ou de transformateurs d'intensité et de tension, il faut faire le montage des figures 65 et 66.

Pour le choix de la valeur du *rapport de transformation* nécessaire, il faudra connaître les constantes du courant du circuit à mesurer et de l'appareil. On en déduira aussi le chiffre par lequel il faut multiplier les indications pour avoir la puissance en watts. Soit par exemple un wattmètre 10 ampères 100 volts pour mesurer la puissance d'un circuit où il passe une intensité de l'ordre de 40 ampères sous 2.000 volts. Une table montée sur l'appa-

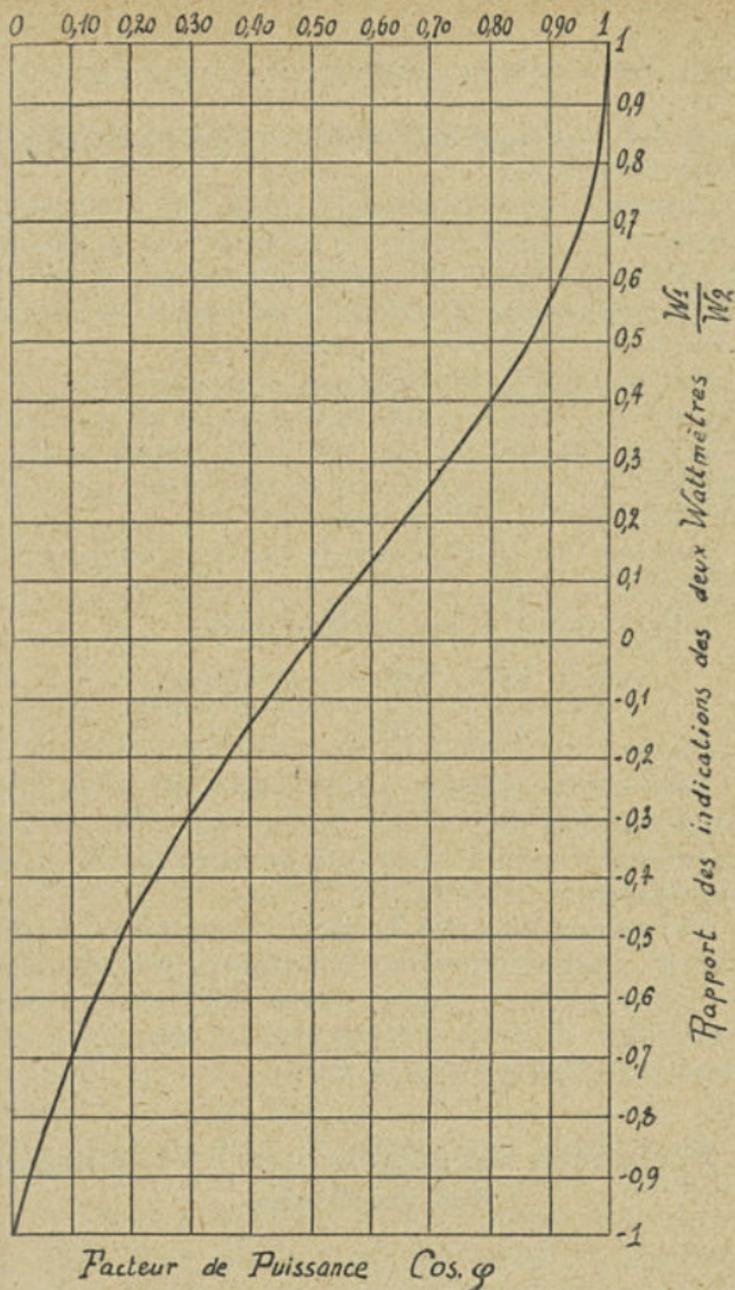


FIG. 67. — Méthode des deux wattmètres; détermination du facteur de puissance.

reil indique qu'une division du wattmètre vaut 10 watts.

Comme transformateur d'intensité, on devra prendre un appareil de 50/10 ampères, de façon à n'avoir pas plus de 10 ampères dans le gros fil du wattmètre. Ce transformateur devra être isolé pour 2.000 volts au moins.

On pourrait prendre aussi un appareil de 100/10 ou 150/10, mais outre que les déviations seraient plus petites, la précision serait moins grande, le transformateur n'étant exact qu'aux environs de sa charge normale.

Comme transformateur de tension, on pourra prendre un appareil de 2.000/100 volts.

Chaque graduation vaudra alors :

$$10 \times \frac{50}{10} \times \frac{2.000}{100} = 1.000 \text{ watts.}$$

Souvent le circuit à gros fil est divisé en deux bobines qu'on peut mettre en série ou en parallèle. On peut alors avoir deux intensités de régime.

Par exemple, avec les bobines en série, l'appareil peut supporter 5 ampères et chaque division vaut 5 watts; avec les bobines en parallèle, il peut supporter 10 ampères, et chaque division vaut 10 watts.

## 2. Recherche des défauts dans les bobinages des machines

Il peut y avoir défaut d'isolement entre un circuit et la masse, entre deux circuits différents (ou entre deux phases ou pôles) ou encore entre spires d'un même circuit.

**Défauts entre enroulement et masse.** — On fait la mesure au contrôleur d'isolement en branchant une borne à une borne de l'enroulement, l'autre à la carcasse.

Un isolement de l'ordre du mégohm indique un enroulement en bon état (pour les tensions de l'ordre de 200 volts).

Un isolement de l'ordre de 100.000 ohms indique que l'isolant est en mauvais état, sans qu'il y ait danger immédiat. On devra essayer de le sécher pour voir si cela ne provient pas de l'humidité.

Un isolement de l'ordre de 1.000 ohms indique une détérioration complète de l'isolant, et on peut craindre de voir la machine griller. *A fortiori*, s'il y a contact franc (essai à la lampe).

Il faudra chercher si le défaut ne provient pas des bornes, bagues, porte-balais, connexions, etc., qui sont des points faibles. On essaiera donc successivement ces différentes parties en les isolant (défaire les connexions, papier entre les bagues et les balais, etc.).

Si le défaut provient de ces différentes parties, les nettoyer, les démonter ; on devra arriver à trouver le défaut.

Sinon, il faut chercher dans quelle partie de l'enroulement se trouve le défaut : isoler les différentes phases et les essayer successivement ; puis déconnecter les différentes bobines de la phase incriminée et les essayer successivement. On évitera ainsi d'avoir à rebobiner toute la machine, ce que font certains réparateurs peu scrupuleux, pour une seule section mauvaise.

**Défauts entre deux circuits différents (ou entre deux phases ou pôles).** — Chacune de ces parties étant bien séparée, les essayer au contrôleur d'isolement en branchant une borne de cet appareil à chacune des parties intéressées.

Ainsi pour une machine triphasé, on déconnectera le couplage étoile ou triangle de façon à séparer les phases, et on essaiera :

entre les phases	1	et	2
—	—	2	et 3
—	—	1	et 3

On doit trouver des résultats du même ordre qu'entre enroulement et masse.

Il faut alors séparer les différentes parties des circuits malades et les essayer 2 à 2.

Par exemple, supposons qu'avec un enroulement triphasé on ait trouvé un défaut entre les phases 2 et 3. Supposons également que chaque phase puisse être séparée en trois bobines: *a*, *b* et *c*. On essaiera l'isolement :

entre la phase 2 et la bobine	<i>a</i>	de la phase 3
—	—	<i>b</i> —
—	—	<i>c</i> —

Si on trouve un défaut entre la phase 2 et la bobine *c* de la phase 3, on déconnecte alors les bobines de la phase 2 et on essaye :

entre la bobine *c* de la phase 3 et la bobine *a* de la phase 2 ;

entre la bobine *c* de la phase 3 et la bobine *b* de la phase 2 ;

entre la bobine *c* de la phase 3 et la bobine *c* de la phase 2.

On trouvera finalement entre quelles bobines se trouve le défaut. Généralement, il n'y a pas

possibilité de pousser la localisation plus loin : il faudra réfaire ces deux bobines.

En résumé, il faut procéder de proche en proche *avec méthode*, et on doit trouver le défaut.

**Défauts entre spires d'un même circuit.** — La recherche ne peut plus se faire au contrôleur d'isolement. On aura généralement un indice à *l'échauffement* : la bobine ayant un défaut entre spires absorbera plus de courant et chauffera plus que les autres. On s'en apercevra au toucher.

On peut aussi avoir un *transformateur* à circuit magnétique ouvert dont les extrémités puissent s'appliquer sur la carcasse à vérifier : on alimente ce transformateur en courant alternatif au moyen d'un enroulement primaire. Un ampèremètre est en série sur ce primaire. Il n'y a pas de secondaire (fig. 68).

On promène ce transformateur sur la carcasse en observant l'ampèremètre. Lorsque le flux magnétique embrasse la section mauvaise, celle-ci constitue un secondaire en court-circuit, le courant primaire augmente brusquement, et la section chauffe. S'il y a un collecteur, il faut, bien entendu, relever les balais, afin que deux sections ne se trouvent pas en court-circuit.

Pour les machines à courant continu, on peut aussi procéder de la façon suivante : on met les balais sous une faible tension continue, de façon qu'il circule dans l'induit un courant insuffisant pour le faire tourner; puis on mesure la tension entre deux lames appartenant à la même section, au moyen d'un voltmètre

sensible : en faisant cette mesure successive-  
ment pour toutes les sections, on devra tou-

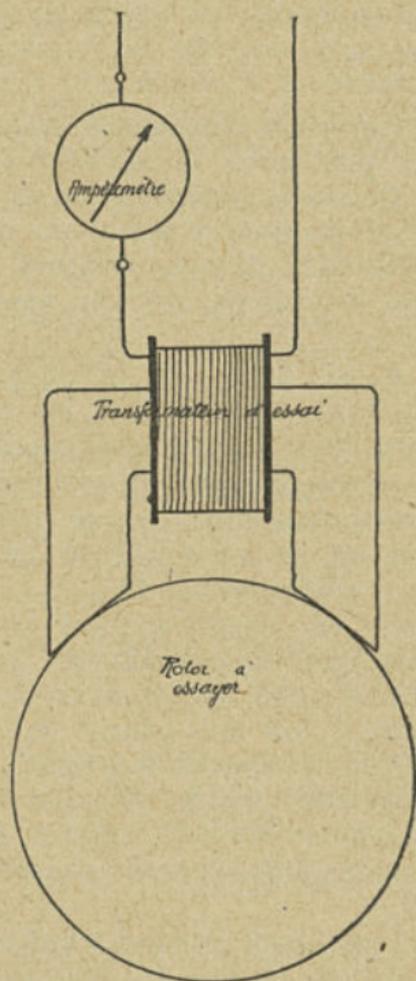


FIG. 68. — Recherche des spires en court-circuit  
sur un induct.

jours trouver la même tension. Une baisse de  
tension indique un court-circuit entre spires.

**Machines à haute tension.** — Ce que nous venons de dire s'applique aux tensions de l'ordre de 115/200 volts. Pour des tensions supérieures, il faudrait naturellement des résistances d'isolement supérieures, puisque, ce qui importe est la valeur du courant de perte, c'est-à-dire le rapport de la tension à la résistance.

Pour les hautes tensions, il peut y avoir une perforation des isolants sous l'action de la tension, sans qu'il y ait contact, de sorte que l'essai au contrôleur d'isolement, c'est-à-dire à basse tension, ne décèlera aucun défaut.

Aussi, en haute tension, un essai de *rigidité diélectrique* avec une tension un peu plus forte que la tension de service (20 ou 25 p. 100 en plus), est-il beaucoup plus probant.

On le fera au moyen d'un petit transformateur à prises variables.

**Remarque.** — Les défauts d'isolement des machines sont très fréquents, et on n'y porte pas toujours une attention suffisante. Il est bien certain que, la plupart du temps, un défaut, par exemple une masse sur un point d'un enroulement, n'empêche pas la machine de fonctionner. Mais si un second défaut se produit en un point différent de l'enroulement, il y aura une perte entre ces deux points. Si la résistance d'isolement est très faible, et la tension entre ces deux points importante, le courant de perte sera notable, produira un *échauffement local* qui aggrave le défaut en carbonisant les isolants, c'est finalement un *court-circuit* franc qui se produit, court-circuit qui ne manque pas de griller l'enroulement complet. Donc, une immobilisation de la machine et une répara-

tion coûteuse, sans compter les risques d'incendie. Au contraire, le défaut pris à temps, n'aurait, la plupart du temps, exigé que la réfection d'une seule section.

### 3. Recherche des défauts dans les lignes

Il peut y avoir ici :

Perte entre conducteur et terre;

Perte entre conducteurs de polarité ou de phases différentes.

**Perte entre conducteur et terre.** — C'est encore grâce à la mesure de l'isolement entre conducteur et terre, par le contrôleur d'isolement, que l'on décèle ces défauts.

Il est nécessaire, pour effectuer la mesure, de *séparer* soigneusement les conducteurs de polarité ou de phases différentes, en débranchant tous les appareils qui pourraient être pris en dérivation : moteurs, lampes, bobines de disjoncteurs à manque de tension, etc., afin de pouvoir faire la mesure d'isolement successivement sur chacun de ces conducteurs.

Comme *terre*, on devra se relier à la masse métallique la plus proche de la ligne (par exemple la charpente en fer si la ligne est posée sur cette charpente, ou l'armature des tubes si la ligne est sous tube) en s'assurant que cette masse est elle-même bien reliée électriquement à la terre (fil jusqu'à une conduite d'eau, par exemple).

On séparera la ligne en autant de *tronçons* qu'il sera possible par la manœuvre de tous les sectionneurs, interrupteurs, l'enlèvement de

tous les coupe-circuit existant et on essayera chaque tronçon séparément. C'est d'après l'isolement de ces tronçons qu'il faudra juger de l'état de la ligne.

Si aucun tronçon ne donne une résistance inférieure à 1 mégohm, on peut considérer que la ligne est en bon état.

Si un tronçon a une résistance d'isolement de 150.000 ohms à 1 mégohm, ce tronçon est en médiocre état, quoique ne présentant pas de danger immédiat : il faudra inspecter la canalisation pour voir s'il n'y a pas de cause de diminution de l'isolation, humidité par exemple, prévenir les aggravations possibles et surveiller particulièrement cette partie.

Si un tronçon présentait une résistance de moins de 150.000 ohms, ce tronçon est mauvais, et il faut rechercher le défaut.

Les différentes méthodes de localisation des défauts par *mesure de résistance*, appliquées pour les lignes de transport de force et surtout pour les lignes télégraphiques, ne sont pas applicables ici.

C'est donc une *recherche directe* qu'il faudra opérer. Cette recherche devra comporter :

L'examen de tous les supports, poulies, isolateurs, de tous les appareils, bornes, coupe-circuit, etc. Il peut y avoir déchirement de l'isolant par un support, amas de poussières conductrices sur les bornes, contact entre une portion de conducteur et une vis de fixation, clou planté dans le câble, etc.

L'isolant peut aussi être en mauvais état sur toute sa longueur par suite d'action des vapeurs acides ou de dessiccation du caoutchouc par suite d'un échauffement exagéré.

Si la portion de ligne est longue, et qu'un premier examen n'ait rien donné, il ne faut pas hésiter à la sectionner en deux pour réduire le champ des recherches, quitte à avoir après à faire une épissure.

Les traversées de murs étant des points faibles, on devra les surveiller avec une particulière attention.

Un examen rationnel et méthodique permettra certainement de trouver des défauts. On y fera immédiatement remédier, et on renouvelera l'essai, jusqu'à ce que les résultats soient satisfaisants.

**Pertes entre conducteurs.** — Très dangereuses, car, en s'aggravant, elles provoqueront un court-circuit. On opère comme précédemment, mais en reliant une borne du contrôleur à un conducteur, l'autre au second, et ainsi de suite en faisant toutes les combinaisons possibles entre les différents conducteurs d'une même ligne. Par exemple en triphasé, on fera les combinaisons suivantes :

Entre phase 1 et phase 2;

Entre phase 2 et phase 3;

Entre phase 3 et phase 1.

Pour chaque tronçon, on devra trouver des valeurs supérieures à l'isolement entre conducteurs et terre :

Une ligne en bon état aura au moins 2 mégohms;

Une ligne à surveiller aura plus de 300.000 ohms;

Une ligne mauvaise aura moins de 300.000 ohms.

On fera la recherche du défaut, comme précédemment. Le plus souvent, ces défauts sont dus à des poussières conductrices sur les parties nues des appareils ou au contact de conducteurs dont l'isolant est usé.

**Remarque.** — Ces questions d'isolement des lignes sont généralement trop négligées. Cela provient de ce que, bien souvent, ces défauts n'apportent, pendant très longtemps, aucune perturbation au fonctionnement de l'installation. Mais cela ne veut pas dire qu'il en sera toujours ainsi : généralement, les défauts vont en s'aggravant. La plupart du temps, les courts-circuits ne sont pas provoqués par une autre cause. Comme il peut s'ensuivre un incendie, il y a un gros intérêt à surveiller les isolements.

#### 4. Essais de consommation des moteurs

Ces essais consistent essentiellement en la mesure de la puissance électrique absorbée par le moteur lorsqu'il fonctionne dans les *conditions normales*.

En continu, on peut avoir une idée approximative de cette puissance par observation de l'*ampèremètre* du tableau du moteur. En courant alternatif, il n'en est pas de même : le facteur de puissance est très différent selon la charge, ce qui fait que le rapport de la puissance à l'intensité est extrêmement variable : ainsi pour les petits moteurs, l'intensité n'est pas beaucoup plus grande en pleine charge qu'à vide : le courant magnétisant (intensité réactive) est, en effet, très important vis-à-vis du courant de charge (intensité active). Il faut

donc faire ces mesures au *wattmètre*, de préférence par la méthode des 2 wattmètres, si on veut lire le facteur de puissance avec précision. Les transformateurs d'intensité seront généralement branchés sur les bornes de l'interrupteur du moteur qui constitue un point commode pour les connexions.

Il faut conduire cet essai, de façon à en tirer le maximum de renseignements. On pourra, par exemple, pour un moteur actionnant un groupe de machines par transmission, faire les essais suivants :

- Le moteur à vide, sans courroie;
- Le moteur entraînant la transmission, les machines étant débrayées;
- Le moteur entraînant une machine;
- Le moteur entraînant deux machines.
- Le moteur entraînant toutes les machines.

De même, pour chaque machine, on pourra déterminer la *puissance moyenne* et la *puissance maxima* correspondant aux pointes.

Dans chaque essai, on lit la puissance, la tension, l'intensité.

Nous donnons ci-après un exemple complet d'essai de consommation de moteur.

Lorsqu'on disposera des appareils nécessaires, il sera très utile de tracer un diagramme au wattmètre enregistreur, surtout lorsque, par suite de la nature de la machine commandée, la puissance absorbée est irrégulière. On se rendra un compte exact de la valeur de la puissance moyenne, des pointes maxima, et de la durée des régimes successifs du moteur.

Les principaux cas où un essai de consommation peut donner des conclusions utiles sont :

a) Moteur *trop peu chargé* : travaillant à une faible fraction de sa puissance nominale, il a un rendement et un facteur de puissance trop bas.

b) Moteur *surchargé* : la puissance absorbée dépasse considérablement et continuellement celle correspondant à la puissance nominale du moteur.

c) Détermination de la puissance absorbée, *à vide*, par le moteur; voir si elle a une valeur normale.

d) Détermination de la puissance absorbée par les *transmissions*.

e) Détermination de la puissance absorbée par *chaque machine*, pour chaque nature de travaux.

f) Détermination de la valeur des *frais généraux* force motrice afférant à une fabrication déterminée.

Caractéristiques du moteur : Thomson N° 11819876  
et relevage.

Affectation : Entraînement par transmission de la

Conditions de l'essai.	Tension $C^1 = 2$		Intensité $C^1 = \frac{100}{10} = 10$		Puissance apparente en KVA.
	Lectures du voltmètre.	Volts.	Lectures de l'ampèrem.	Ampères.	
1° Moteur à vide sans courroie.....	102	204	1,95	19,5	6,9
2° Moteur entraînant la transmission, celle-ci à vide.....	101,5	203	2,93	29,3	10,3
3° Moteur entraînant la fraiseuse.....	102	204	3,96	39,6	14
4° Moteur entraînant la raboteuse :					
travail.....	103	206	3,97	39,7	14,1
retour.....	103	206	3,42	34,2	12,15
changement de marche.....	101	202	5	50	17,5
5° Marche normale de l'ensemble de l'atelier :					
minimum.....	102,5	205	4,19	41,9	14,9
moyenne .....	102	204	4,78	47,8	16,9
pointe maxima.	99,5	199	6,93	69,3	23,8

115/120 volts - 30 chevaux - 1.500 tours - à bague

fraiseuse N° 5 et de la raboteuse N° 7.

Puissance $C^e = \frac{100}{10} \times 2 \times 10 = 200.$				Facteur de puissance.		Observations.
$W_1$	$W_2$	$W_1 \pm W_2$	Kilowatts.	$\frac{W_1}{W_2}$	$\cos \varphi$	
6,45	-15,2	8,75	1,75	0,425	0,25	
6,55	28,45	35	7	0,23	0,68	Puissance absorbée par la transmission.
			5,25	.....	.....	
11,7	39,6	51,3	10,25	0,295	0,73	Puissance absorbée par la fraiseuse.
			3,25	.....	.....	
18,3	50,2	68,5	11	0,365	0,78	
8,75	33,75	42,5	8,5	0,26	0,70	
20	50	70	14	0,40	0,80	Puissance absorbée par la raboteuse : normale. maxima.
			4	.....	.....	
			7	.....	.....	
16,25	42,5	58,75	11,75	0,38	0,79	Puissance absorbée en : marche normale. pointe maxima.
19,30	48,2	67,5	13,5	0,40	0,80	
32,5	68,75	101,25	20,25	0,475	0,85	
			6,5	.....	.....	
			13,25	.....	.....	

*Conclusions.* — 1° La puissance absorbée par la transmission (plus de 7 chevaux) est exagérée. Il sera nécessaire de revoir en détail l'état de cette transmission;

2° Un moteur moins puissant suffirait : on pourrait se contenter d'un moteur de 15 à 18 kw. (20 à 25 chevaux); le rendement serait meilleur; les pointes étant très courtes et assez espacées (45 secondes : durée du travail de la raboteuse), il les passerait sans ralentissement ni échauffement nuisible. Cependant, le facteur de puissance étant voisin de 0,80, ce changement ne paraît pas très urgent;

3° Il sera utile de savoir, au cas où on aurait ultérieurement à commander, par des moteurs individuels, une fraiseuse et une raboteuse de même type, effectuant le même genre de travail, que la puissance nécessaire des moteurs serait, pour la fraiseuse, 3 à 3,5 kw. (4 à 5 chevaux), et pour la raboteuse, 5 à 6,5 kw. (7 à 9 chevaux).

## 5. Essais d'échauffement en service normal

Sont à exécuter lorsqu'une machine paraît chauffer exagérément : il faut se rendre compte si ce n'est pas dangereux.

Ces essais se font au *thermomètre* ou par *augmentation de résistance*.

*Au thermomètre* : on utilise des thermomètres à mercure, gradués jusqu'à 110° : on entoure le réservoir de papier d'étain; on l'applique sur la partie à mesurer, et on le recouvre de ouate pour qu'il ne soit pas une cause de refroidissement.

Dans un enroulement, on doit placer un thermomètre :

Dans les portions extérieures des bobines;

Dans les encoches, si possible, ou tout au moins par-dessus les encoches;

Dans les tôles, par les canaux de ventilation, par exemple;

Dans les paliers.

C'est naturellement après une marche de longue durée qu'il faut faire la mesure. On a vu, au premier volume, les limites qu'il ne faut pas dépasser.

Pour les appareils dans l'huile, les transformateurs, par exemple, il est nécessaire de mettre les thermomètres dans l'huile, en différents points : normalement, c'est à la surface que l'huile doit être la plus chaude, mais il arrive que la circulation se fait mal, et que certains recoins restent plus chauds que la partie supérieure.

*Par augmentation de résistance* : Si on mesure la résistance d'un enroulement à froid, puis à chaud, la résistance sera plus grande dans la deuxième mesure que dans la première. *Grosso modo*, la résistance augmente de 0,4 p. 100 par degré centigrade. On pourra donc déterminer l'échauffement en divisant la valeur de l'augmentation de résistance en p. 100, par 0,4.

Par exemple, une résistance de :

0,01 ohm, à froid,

qui devient égale à :

0,0115,

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

a augmenté de 15 p. 100, ce qui correspond à un échauffement de :

$$\frac{15}{0,4} = 37,5$$

au-dessus de la température primitive.

La mesure de résistance se fait en envoyant du courant continu dans l'enroulement et en mesurant la tension aux bornes de l'enroulement et le courant qui y passe; on a :

$$\text{Résistance en ohms} = \frac{\text{Tension en volts}}{\text{Intensité en ampères}}$$

## 6. Etude de la consommation totale de l'usine

Cette étude doit toujours être faite, elle est extrêmement intéressante.

On procède comme pour la mesure de la consommation d'un moteur, mais en se plaçant sur l'ensemble du réseau, au tableau de distribution ou au poste de transformation (en haute ou basse tension).

Cet essai n'est réellement bien fait que s'il dure au moins *une journée* : il doit être renouvelé fréquemment, en des saisons différentes, pour tenir compte des changements qui peuvent se produire dans la répartition des heures de travail ou de la plus ou moins grande activité de ce travail.

C'est là surtout que le *wattmètre enregistreur* est utile. Ses diagrammes donnent des indications beaucoup plus précises que les lectures consécutives des appareils.

Les principaux renseignements qu'on peut tirer de ces essais sont :

a) Valeur de la *puissance moyenne*. Valeur de la consommation journalière. Comparaison avec les indications des *compteurs*;

b) Valeur des *maxima* de puissance, d'intensité. Détermination de la *puissance à souscrire* pour un contrat pour ne pas avoir de dépassement. Détermination des constantes : intensité et retard qu'on devra donner au réglage d'un *automatique*, pour avoir une bonne protection, sans déclanchements intempestifs;

c) Valeur moyenne et minima du *facteur de puissance* de l'installation;

d) Valeur approximative du *coefficient d'utilisation* par comparaison avec la puissance installée;

e) Etude de la *régularisation* possible de la puissance, en déchargeant les heures de pointe, et chargeant les heures creuses.

L'exemple suivant où on a supposé un essai sur la haute tension, avec tracé de diagramme (fig. 69), permettra de se rendre compte des divers renseignements qui peuvent être tirés de cette étude de la consommation.

Essai de consommation de l'installation (Diagramme figure 37).

Nature de l'essai.	Tension.		Intensité.		Puissance. $C^1 = 100 \times 3 \times 10 = 3.000$ watts.	Facteurs de puissance.		Observations.			
	$C^1 = \frac{10.000}{100} = 100$		$C^2 = \frac{30}{10} = 3$			$W_1$	$W_2$		$\cos \varphi$		
	Lectures du volt-mètre.	Volts.	Lectures de l'ampère-mètre.	Ampères						en KVA.	app.
1° Transformateur à vide..	105	10.500	0,34	1,02	18,5	-1,2	2,2	1	3	-0,55	0,16
2° — de nuit (4 heures).....	11,5	11.500	0,35	1,05	20,75	-0,68	3,98	3,3	10	-0,17	0,48
3° — pointe du matin (7 heures)	88	8.800	1,18	35,5	540	104	49,3	153,3	460	0,475	0,85
4° — travail normal (10 h.).	95	9.500	10	30	545	6	94	100	300	0,065	0,55

*Conclusions de cet exemple.* — 1° Variations de tensions exagérées, de 15 p. 100 en plus et 12 p. 100 en moins au lieu de 10 p. 100 en plus ou en moins, tolérance garantie au contrat. Il faudra réclamer au distributeur, car ces variations sont très préjudiciables au bon fonctionnement des moteurs.

2° Facteur de puissance de l'ordre de 0,55 en

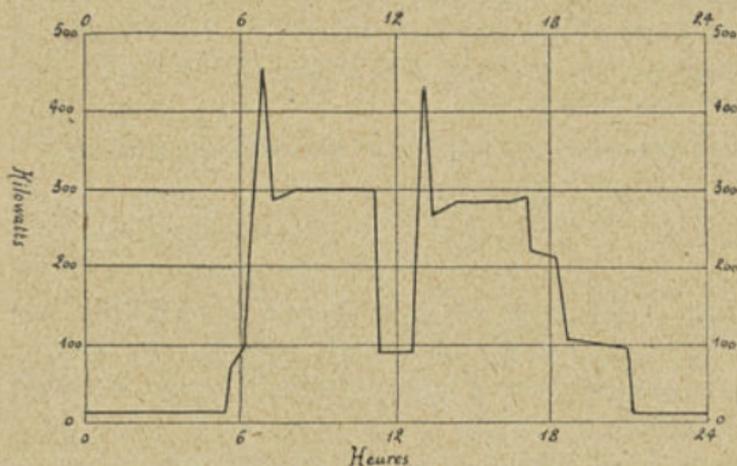


FIG. 69. — Exemple de diagramme journalier de wattmètre enregistreur.

marche normale : c'est exagéré, car cela conduit à souscrire plus de 545 kva. En outre, le distributeur est en droit de se trouver lésé et de réclamer. Il faudra relever ce facteur de puissance.

3° Le transformateur, qui est de 500 kva., est constamment en surcharge. Il faudrait au moins 550 kva., à moins de relever le facteur de puissance.

4° La pointe du matin, au démarrage de

l'usine est exagérée : elle conduit soit à payer des dépassements exagérés, soit à souscrire une puissance bien supérieure à la puissance normale. Il faudrait y parer en donnant des ordres pour que le démarrage de tous les moteurs ne soit pas simultané.

5° De 18 heures à 6 heures, heures pendant lesquelles il n'y a que de l'éclairage, le transformateur reste sous tension. La puissance consommée de ce chef en pertes à vide est de 3 kw., soit 36 kwh. par jour de semaine et 72 par dimanche, soit :

$$(300 \times 36) + (65 \times 72) = 15.480 \text{ kwh. par an.}$$

On aurait avantage à couper le courant haute tension pendant les heures de repos, quitte à avoir un petit transformateur pour la lumière.

6° Le diagramme planimétré nous donne une consommation de 3.840 kwh. pendant 24 heures. Les indications du compteur étaient, pendant ce temps :

A 0 h.....	011654389
A 24 h.....	011658800
Différence...	<u>000004411</u> kwh.

Il y a donc présomption d'une erreur de 15 p. 100, au détriment du client. Il y a lieu de procéder à une vérification précise du compteur.

## 7. Essais de groupes thermiques en service

Soit un groupe composé d'une machine à vapeur et d'un alternateur. Les questions de rendement de chacune des machines importent

peu : ce qui est intéressant c'est la *consommation de combustible* par kwh. produit. On fera donc l'essai suivant :

On fait débiter l'alternateur sur le réseau à alimenter ou, en cas d'impossibilité, sur un réseau artificiel (résistances liquides, bobines de réactance) reproduisant aussi fidèlement que possible les conditions de charge de la pratique.

Un compteur ou un wattmètre enregistreur totalise les kwh. Tout le charbon qui rentre dans les chaudières est pesé, de même l'eau vaporisée.

On dispose sur les cylindres de la machine à vapeur des *indicateurs dynamométriques* (indicateurs de Watt) permettant la mesure du travail produit par la vapeur sur les pistons.

On obtient finalement après un essai prolongé le nombre de kgs de charbon nécessaires à la production de 1 kwh., et accessoirement, le poids de charbon nécessaire à la production de 1 kg. de vapeur, le poids de vapeur nécessaire à la production de 1 kwh. ou 1 cheval-heure dans le cylindre, le rendement organique du groupe.

Ces essais sont assez fréquemment exécutés, par exemple pour se rendre compte si l'on a avantage à acheter du courant au secteur ou à *produire son énergie soi-même*. Il est évident que cet essai est d'autant plus exact qu'il est plus *prolongé*, ce qui lui permet de tenir compte de toutes les circonstances de la pratique. Aussi devra-t-on engager l'industriel à le réaliser sous forme d'un *contrôle permanent*, ce qui ne nécessitera après tout que l'emploi d'un compteur d'énergie et d'un compteur de charbon, tous appareils courants, et d'une comptabilisa-

tion précise des frais accessoires : huile, chiffons, réparations, salaires des chauffeurs, des machinistes.

Les machines et appareils *auxiliaires* de la chaufferie : pompes, souffleries, etc., qui seraient actionnés électriquement devraient avoir leurs moteurs branchés en amont du compteur, afin de ne pas fausser les résultats.

Voici, à titre d'exemple, le *bilan* d'une centrale d'usine pendant 1 an :

Production totale en kwh., d'après les indications du compteur .....	600.000 kwh.
Poids de charbon brûlé, d'après les indications du compteur de charbon.....	1.815 tonnes
Prix moyen du charbon, d'après la comptabilité .....	120 fr./tonne
Dépense de charbon.....	222.500 fr.
Huile et chiffons (d'après la comptabilité) .....	1.000 fr.
Salaires des chauffeurs.....	7.500 fr.
Salaires des machinistes.....	10.000 fr.
Réparations et pièces de rechange, nettoyage des chaudières .....	3.000 fr.
	<hr/>
	244.000 fr.

*Prix de revient du kwh. :*

$$\frac{244.000}{600.000} = 0 \text{ fr. } 4075$$

N. B. — On n'a tenu compte d'aucun amortissement, car on a supposé l'utilisation d'ancien matériel existant, déjà amorti.

## 8. Vérifications des compteurs

Cette opération est très importante : en effet, malgré la perfection de construction de ces appareils, ils se dérèglent souvent, soit par suite de court-circuit, soit par détérioration des organes mécaniques, soit à cause de l'influence des champs magnétiques voisins qui faussent les résultats.

Lorsque les compteurs sont montés sur transformateurs d'intensité et de tension, on doit vérifier *ensemble* le compteur et les transformateurs : il peut en effet y avoir dans ces transformateurs des courts-circuits entre spires qui faussent le rapport de transformation.

On se montera donc sur un sectionneur, un interrupteur, etc.; on emploiera soit la méthode des 2 wattmètres, soit celle du triphasé 4 fils, quand il y a un neutre, mais jamais celle du triphasé équilibré.

On devra *vérifier la constante* qui est inscrite sur la plaque du compteur, généralement sous la forme :

1 tour vaut  $x$  watts-heures.

On repérera le chiffre formé par les voyants de la minuterie, puis on comptera plusieurs centaines de tours du disque du compteur (au moyen du repère placé sur ce disque). On lira alors le nouveau chiffre de la minuterie et on fera la différence avec l'ancien : cela nous donne le nombre de kwh. (ou hwh. ou wh.) consommés. Ce nombre devra être égal au produit de la constante par le nombre de tours.

On fera alors la *vérification* : il faut simultanément :

Lire les wattmètres ;

Compter le nombre de tours du disque et mesurer le temps avec une montre à secondes.

Il faut choisir un moment où la puissance est *bien constante* ; avec un peu d'habitude on arrive à tenir compte des petites variations de l'aiguille du wattmètre, en faisant une moyenne approximative.

L'homme des wattmètres indique à l'homme des compteurs lorsqu'il peut commencer : celui-ci déclenche son chronomètre au moment où passe le premier repère, puis compte (en comptant zéro le 1<sup>er</sup> passage) suffisamment de tours pour que la durée de l'expérience soit de l'ordre de 30 *secondes*, puis arrête son chronomètre.

S'il a compté 15 tours en 29 sec. 2/10, il y a :

$$\frac{15}{29,2} \text{ tours par seconde,}$$

$$\text{soit : } \left( \frac{15}{29,2} \times 3.600 \right) \text{ tours par heure.}$$

Si la constante est :

$$1 \text{ tour} = 140 \text{ watts,}$$

la consommation horaire est de :

$$\frac{15}{29,2} \times 3.600 \times 140 = 258.000 \text{ wh. ;}$$

la puissance est donc :

$$\begin{aligned} & 258.000 \text{ watts} \\ \text{ou : } & 258 \text{ kw.} \end{aligned}$$

C'est le chiffre qu'il faut comparer à celui déduit des indications du wattmètre.

On admet généralement une *tolérance* de  $\pm 3$  p. 100.

Nous ne parlerons pas du réglage des compteurs, qui ne doit être effectué que par le personnel du distributeur d'énergie.

On doit vérifier que le compteur ne tourne pas à *vide*.

Pour les compteurs à *dépassement*, il est nécessaire de faire un essai à une puissance aussi voisine que possible de la puissance de dépassement. Pour cette puissance, le disque doit se tenir en équilibre, prêt à démarrer, mais sans tourner.

On fait ensuite 2 ou 3 essais pour différentes valeurs de la puissance, au-dessus du point de dépassement. Le compteur doit indiquer la puissance totale moins la puissance de dépassement.

D'une façon générale, pour tous les compteurs, il est bon de faire plusieurs essais pour *différentes valeurs de la puissance* correspondant autant que possible aux différents régimes possibles. L'exactitude varie en effet beaucoup avec la puissance, la tension et surtout le facteur de puissance.

Pour les compteurs montés sur transformateurs de tensions et d'intensité, il est toujours nécessaire de faire avant tout le *schéma des connexions*, schéma fréquemment erroné, et de se méfier des erreurs de repérage des transformateurs de mesure.

Nous donnons ci-après un exemple de vérification avant et après réglage.

*Caractéristiques du compteur : ACT triphasé 3 fils*  
 pour transformateurs d'intensité  $\frac{50}{10}$  ampères

	Wattmètres.					Kilo-watt.
	$W_1$	$W_1$ moyen.	$W_2$	$W_2$ moyen.	$W_1+W_2$	
	$C^{10} = \frac{50}{10} \times \frac{15.000}{100} \times 5 = 7.500 \text{ w.}$					
Avant réglage.	$\left. \begin{matrix} 20 \\ 20,5 \\ 19,5 \\ 20 \end{matrix} \right\}$	20	$\left. \begin{matrix} 42 \\ 42,25 \\ 42 \\ 42,5 \end{matrix} \right\}$	42,20	62,20	233,5
	$\left. \begin{matrix} 22 \\ 23 \\ 22,5 \\ 22,5 \end{matrix} \right\}$		22,5			
Après premier réglage.	$\left. \begin{matrix} 23 \\ 23,2 \\ 22,8 \\ 23 \end{matrix} \right\}$	23	$\left. \begin{matrix} 44 \\ 44,5 \\ 44 \\ 43,75 \end{matrix} \right\}$	44,05	67,05	252,2
A charge réduite.	$\left. \begin{matrix} 5 \\ 5,25 \\ 5,5 \\ 5,5 \end{matrix} \right\}$	5,31	$\left. \begin{matrix} 30 \\ 32 \\ 31 \\ 30,5 \end{matrix} \right\}$	30,85	36,16	135,5
Après deuxième réglage.	$\left. \begin{matrix} 6 \\ 5 \\ 5,5 \\ 6 \end{matrix} \right\}$	5,6	$\left. \begin{matrix} 30 \\ 31 \\ 31 \\ 30 \end{matrix} \right\}$	30,5	36,1	135,3
A pleine charge.	$\left. \begin{matrix} 20 \\ 21 \\ 20,5 \\ 20 \end{matrix} \right\}$	20,3	$\left. \begin{matrix} 42 \\ 42 \\ 42,5 \\ 42,5 \end{matrix} \right\}$	42,25	62,55	234

N° 99955175 - 5 amp. - 100 volts - 1 tour = 200 wh.

et transformateurs de tension  $\frac{15.000}{100}$  volts.

Compteur. C <sup>1</sup> = 2.0 wh.				Erreur		Observations.
Nombre de tours.	Secondes.	$\frac{N}{T}$	Kilo-watt.	Diffé-rence.	En p. 100.	
10	28	0,3575	257	+24,5	+10,5	Erreur moyenne de 10 25 p. 100 au détriment du client.
10	26,2	0,382	274	+25	+10	
10	28,2	0,355	255	+2,8	+1,1	
5	25	0,2	144	+8,5	+6,25	Pratiquement exact.
5	27	0,186	134	-1,3	-1	
10	30,8	0,325	235	+1	+0,42	

## 9. Etalonnage des appareils de mesure

**Appareils indicateurs.** — Les différents appareils de tableaux utilisés dans les installations industrielles : voltmètres, ampèremètres, etc., sont d'une exactitude bien précaire : on cherche en effet surtout à faire des appareils simples, robustes et économiques, plutôt que d'éliminer les causes d'erreur comme on le fait dans les appareils de contrôle. Et, en effet, la valeur des indications que l'on cherche à tirer de ses instruments n'a pas besoin d'être connue avec une grande exactitude.

Il y a cependant des cas où une erreur trop considérable pourrait causer un préjudice, amener par exemple à croire qu'un moteur est surchargé, lorsqu'il ne l'est pas, etc.

Il ne sera donc pas mauvais de procéder de temps à autre, au moins une vérification sommaire. Cette vérification peut se faire très simplement en comparant les lectures de l'appareil et d'un appareil étalon, pour différents points de la graduation. On pourra alors, soit tracer une *courbe d'étalonnage* (voir vol. 1<sup>er</sup>, fig. 112), soit plutôt faire un *tableau de correction*, qui devra être affiché à côté de l'appareil.

Nous en donnons un exemple ci-après :

Lorsque l'appareil pourra être réglé sans démontage, on fera ce réglage, mais c'est rare, et l'opération ne vaut généralement pas la peine d'un démontage. Tout au plus pourrait-on effectuer la remise de l'aiguille au zéro, si un dispositif *ad hoc* a été prévu.

Il faut, dans cette opération, se méfier des

**Voltmètre C. M. M. n° 60.697.598**  
**(électromagnétique amorti) 250 volts**

*1° Essai d'étalonnage*

Volts lus	Volts vrais	Erreur	
		absolue	en pour cent
100	118	- 18	- 15,2
120	133,5	- 13,5	- 10
165	171	- 6	- 3,5
189	185	+ 4	+ 2,1
200	199	+ 1	+ 0,5
230	235	- 5	- 2,1
250	255	- 5	- 1,96

*2° Table de correction dressée d'après les résultats de l'essai précédent*

Graduations	Correction en volts	Graduations	Correction en volts
100	+ 18	180	0
110	+ 15	190	- 5
120	+ 13,5	200	- 1
130	+ 11,5	210	+ 3
140	+ 9	220	+ 4
150	+ 7,5	230	+ 5
160	+ 6	240	+ 5
170	+ 4	250	+ 5

erreurs considérables qui pourraient être com-  
mises du fait des différences d'*amortissement*  
des appareils. Ne faire de lectures que lorsque  
les aiguilles sont immobiles. Les appareils  
électromagnétiques de tableau sont générale-  
ment très faiblement amortis, et sont soumis  
à des lancers très forts, qui font dépasser à  
l'aiguille sa position d'équilibre d'une façon  
exagérée.

**Appareils enregistreurs.** — Ces appareils étant  
très importants, on devra faire leur étalonnage  
d'une façon soignée. Généralement, ils peuvent  
être réglés facilement. Le dispositif variant  
suivant les systèmes, nous renverrons le lec-  
teur au Manuel des appareils de mesure de la  
même collection.

### 10. Essais de réception

Cette question extrêmement complexe, sur  
laquelle l'Ingénieur de contrôle devra posséder  
des données très précises, ne peut être traitée  
ici, car nous sortirions de notre cadre. Nous  
nous contenterons d'en rappeler les points prin-  
cipaux, à seule fin de faciliter la tâche au per-  
sonnel qui devra aider à ces essais. Les essais  
peuvent se faire dans l'usine du constructeur  
ou sur place. Pour le matériel courant, ce sera  
toujours *en usine* : le service de contrôle sera  
convoqué le jour où les machines devront pas-  
ser en plate-forme ; il y assistera, fera exé-  
cuter les essais qui lui sembleront utiles, fera  
les observations et les réserves nécessaires, si  
les essais ne sont pas satisfaisants, acceptera  
le matériel dans le cas contraire

*Sur place*, on fera les essais des machines très puissantes et surtout des ensembles de machines, par exemple groupes générateurs. qui doivent être essayés dans les conditions exactes de leur service. Le programme de ces essais est généralement arrêté d'avance à la commande.

**Essais de rigidité diélectrique.** — Nous avons indiqué au vol. I<sup>er</sup>, chap. I<sup>er</sup>, la valeur des tensions d'essai à appliquer aux différents enroulements.

**Essais d'échauffement.** — Voir plus haut la manière de faire ces essais. Nous avons indiqué au vol. I<sup>er</sup>, chap. I<sup>er</sup>, la valeur maxima des échauffements.

**Essais de rendement.** — Ces essais peuvent se faire, soit directement, soit indirectement.

*Essais directs.* — Pour les moteurs, on absorbe la puissance mécanique au moyen d'un frein de Prony ou d'une dynamo frein, qui servent d'ailleurs à la mesure de cette puissance.

Pour les dynamos, on les actionne au moyen d'un moteur dont on connaît parfaitement le rendement à toutes charges, ce qui permet de déterminer la puissance sur l'arbre, connaissant la puissance absorbée par le moteur, la vitesse, l'excitation, la tension, etc.

Ces procédés sont, pour les grosses unités, d'un emploi malaisé et coûteux. Aussi préfère-t-on les essais indirects.

Dans les *essais indirects*, on se contente de déterminer les pertes: par effet Joule, dans le

fer, mécaniques, ce qui peut généralement être réalisé d'une façon simple. On en déduira donc le rendement approché.

**Essais de régulation.** — *Essais directs.* Comme pour le rendement, les essais directs sont souvent difficiles à réaliser. On charge les machines et on mesure les chutes ou élévations de tension ou de vitesse, au voltmètre ou au tachymètre, selon qu'il s'agit d'une génératrice ou d'un moteur.

*Essais indirects.* Ces essais sont basés sur des constructions géométriques dans le détail desquelles nous ne pouvons pas rentrer, mais qui nécessitent différents essais à vide ou en court-circuit, à l'exclusion des essais en charge.

## II. Vérification des sections des lignes

Il est utile de savoir si certaines lignes sont *surchargées*, comme cela arrive souvent dans d'anciennes installations où on a peu à peu augmenté la puissance installée, sans se préoccuper de savoir si les lignes sont suffisantes.

Pour cela, il suffit de relever le schéma des canalisations et de faire la *mesure des sections*. Un essai de consommation sera fait sur chaque ligne (ou bien on prédéterminera la puissance qui doit être transportée par cette ligne en tenant compte des essais de moteurs effectués).

Une comparaison de l'intensité et de la section donnera simplement la *densité de courant*, et en se reportant à nos indications du vol. I<sup>er</sup>,

chap. III, on verra si cette densité est suffisante.

Dans le cas contraire, on devra voir s'il ne serait pas possible de diminuer l'intensité en relevant le facteur de puissance, ce qui serait une opération avantageuse, puisqu'on n'aurait pas à augmenter le poids de cuivre immobilisé dans la ligne. Souvent aussi, on peut opérer des changements dans la répartition des moteurs sur deux lignes, l'une trop chargée, l'autre surabondante. Enfin, si aucun autre procédé ne peut être employé, il faudra bien soulager la ligne par une ligne supplémentaire.

Avant d'entreprendre ces opérations, il sera bon de *chiffrer* les inconvénients résultant de cette surcharge pour se rendre compte si la dépense supplémentaire aura une contre-partie dans une économie ou un supplément de sécurité. On devra donc déterminer par le calcul, ou mieux par un essai direct : la température maxima de la canalisation, la chute de tension et la perte d'énergie.

Nous donnons ci-après un exemple de cette étude.

Tableau des densités de courant

Ligne	Mode de pose	Section mm <sup>2</sup>	Intensité normale ampères	Densité normale de courant	Intensité maximum ampères	Densité maximum de courant	Observations
Alimentant le tableau	aérienne	150	200	1,33	250	1,67	suffisante
Atelier n° 1	sur poulies	60	15	0,25	25	0,4	surabondante
Atelier n° 2	—	100	150	1,5	175	1,75	normale
Atelier n° 3	—	5	35	7	75	15	excessive

# Étude de la ligne (Atelier n° 3)

## Essai de puissance.

Essai	Ampères	Volts	K. V. A.	Kilowats	Facteur de puissance
Marche normale.	35	200	12,1	8,65	0,715
Pointes.....	75	180	23,35	19,8	0,85

### Chutes de tension

Longueur de la ligne : 80 mètres.

Résistance au kilomètre :

3,2 ohms par conducteur.

Résistance par conducteur :

$3,2 \times 0,080 = 0,256$ .

Chutes de tension :

Normale

$0,256 \times 1,73 \times 35 = 15,5$  volts.

Pointe

$0,256 \times 1,73 \times 75 = 33$  volts.

### Pertes d'énergie

Normale :  $3 \times 0,256 \times 35^2 = 940$  watts. — En pointe :  $3 \times 0,256 \times 75^2 = 4.350$  volts.

### Température

L'isolant est carbonisé par portions.

Dans cet exemple, la chute de tension sur une ligne atteint 16,5 p. 100. L'énergie perdue dans la ligne est de l'ordre du kw., soit 2.400 kw. par an, pour 8 heures de marche journalière. La température a détérioré l'isolant: c'est un risque constant d'incendie. Il est de toute urgence de tripler cette ligne. La dépense sera payée en moins d'un an par l'économie d'énergie. D'ailleurs, il y a raison de sécurité.

## 12. Etude sommaire des principales causes de mauvais fonctionnement des machines.

**Moteurs à courant continu. — A. LE MOTEUR NE DÉMARRE PAS. — a) Aucun courant ne passe.** Il y a une rupture dans l'induit ou dans les connexions ou dans le rhéostat ou le câblage, ou fusible fondu.

Si la rupture est intérieure à l'induit, il n'y a que sur certaines positions que le démarrage ne se fera pas.

b) *Un courant intense passe, avec crachements au collecteur ;*

L'excitation est coupée ;

Ou la courroie est tendue exagérément, la charge mécanique trop forte ;

Ou l'inducteur touche l'induit par suite d'un mauvais centrage des paliers, ou des balais sont calés à l'opposé de leur position normale ;

Ou l'induit est en court-circuit: il ne tarde alors pas à brûler ;

Ou les pôles consécutifs de l'inducteur sont de même nom.

c) *Il passe un courant de l'ordre de grandeur*

*du courant normal* : la résistance du démarreur est trop forte.

B. CRACHEMENTS AU COLLECTEUR. — a) *Les sections d'induit ou tout au moins certaines d'entre elles chauffent d'une façon exagérée.* Il y a des courts-circuits entre sections d'induit ou entre spires d'une même section. Ou une section est coupée.

b) *Le courant absorbé est trop fort.* Le moteur est surchargé, la courroie tiré trop, un palier grippe faute d'huile.

c) *Le courant absorbé n'est pas beaucoup plus fort qu'il ne doit être.* Le collecteur est en mauvais état, les balais sautent, ils sont mal calés. Ou encore l'excitation est réduite d'une façon exagérée : vérifier que les bobines des pôles n'ont pas été mises en série lorsque la machine était calculée pour qu'elles soient en parallèle, que le rhéostat d'excitation n'est pas trop résistant, que les pôles auxiliaires sont de polarités convenables. D'ailleurs, dans ce cas, la vitesse tend à augmenter exagérément.

Vérifier aussi que le flux des enroulements de compoundage s'ajoute à celui des enroulements shunt.

C. LE MOTEUR S'EMBALLÉ. — Il y a coupure de l'excitation shunt. Pour les moteurs série, cela peut venir simplement de la suppression accidentelle de la charge (désamorçage d'une pompe).

Pour les moteurs compound, cela peut aussi provenir de ce que les flux shunt et série se retranchent au lieu de s'ajouter.

D. LA VITESSE EST INSUFFISANTE. — a) *La tension et l'intensité sont normales.* Les bobines des pôles inducteurs sont mal montées : elles ont été mises en parallèle, alors qu'elles devaient être en série. Dans ce cas, ces bobines inductrices chauffent ;

L'entrefer est trop faible : il faut aléser les pôles.

b) *La tension est normale, mais l'intensité exagérée.* Le moteur est surchargé, la courroie trop tendue, les paliers mal lubrifiés.

c) *La tension est trop faible.*

E. LE MOTEUR POMPE, c'est-à-dire que sa vitesse et l'intensité absorbée oscillent constamment entre deux valeurs limites ;

L'excitation est trop faible en charge : eom-pounder les pôles ;

Les pôles auxiliaires sont mal montés ;

Court-circuit dans l'induit.

**Moteurs asynchrones à courant alternatif.** —

A. LE MOTEUR NE DÉMARRE PAS. — a) *Aucun courant ne passe.* Rupture ou mauvais contact dans la ligne, les phases du stator, fusible fondu, les phases ne sont pas connectées.

b) *Le courant passe, sa valeur n'est pas beaucoup supérieure à la normale.* Mauvais contact ou rupture dans le rotor ;

Les pôles consécutifs du stator sont de même nom ;

Démarrreur trop résistant.

c) *Il passe un courant intense.* Les phases sont mal connectées : en étoile au lieu d'être

en triangle (dans ce cas, le moteur doit démarrer à vide) ;

La tension est beaucoup trop faible ;

Il y a contact entre stator et rotor, par suite de mauvais réglage ou d'usure des coussinets. Le couple résistant appliqué est trop fort, la courroie trop tendue, les paliers grippés.

B. LE COURANT ABSORBÉ EST EXAGÉRÉ. —

a) *La tension est normale, la vitesse aussi.* Court-circuit dans le rotor ;

Mauvaises connexions des bobines du stator, en parallèle au lieu d'être en série.

b) *La tension est normale, la vitesse trop faible.* Surcharge exagérée, courroie trop tendue, paliers insuffisamment lubrifiés; mauvaises connexions des bobines du stator : pôles consécutifs de même nom.

c) *La tension est trop faible.*

C. LA VITESSE EST TROP FAIBLE. — a) *La tension est normale.* Mauvais couplage des phases; en étoile au lieu d'être en triangle ;

Résistance du rotor exagérée, entrefer trop grand ;

La fréquence est trop faible ;

Une connexion du rotor est rompue (le rotor marche alors à demi-vitesse, et le courant absorbé subit des oscillations) ;

Les contacts du système de relevage des balais et de mise en court-circuit sont mauvais.

b) *Le moteur est surchargé.* Il y a alors augmentation anormale de l'intensité (Voir plus haut B, § b).

c) *La tension est trop faible.*

D. LE MOTEUR NE DÉMARRE PAS DANS TOUTES LES POSITIONS (positions de calage). — Court-circuit dans le rotor ;

Rupture d'une phase ;

Mauvaises connexions des bobines (pôles consécutifs de même nom).

Génératrices à courant continu. — A. LA MACHINE NE S'EXCITE PAS. — Vérifier le circuit des inducteurs : pas de coupure, pôles consécutifs de noms contraires ;

On a changé le sens de rotation d'une machine auto-excitatrice : alors le magnétisme rémanent des pôles est détruit, le même résultat aura pu être provoqué par un court-circuit violent. Il faut aimanter les pôles au moyen d'une source extérieure : réseau, batterie d'accumulateurs.

B. ON NE PEUT PAS AVOIR UNE TENSION SUFFISANTE. — Vérifier que le courant d'excitation a bien sa valeur normale ; que les balais sont calés convenablement ;

Court-circuit entre spires de l'induit ;

La charge est trop forte ;

L'entrefer est trop grand ; mettre des cales en fer doux sous les pôles ;

La vitesse est insuffisante.

C. ECHAUFFEMENT EXAGÉRÉ. — a) *De l'induit.* Court-circuit entre spires. Coupure dans une section.

b) *Du collecteur* seulement. Mauvais état de celui-ci ; étincelles provenant d'un mauvais calage. Serrage exagéré des balais.

c) *Des inducteurs.* Emploi d'un courant d'excitation trop fort. Court-circuit entre spires.

D. CRACHEMENTS DU COLLECTEUR. — Charge exagérée de la machine. Mauvais état de l'induit : coupure ou court-circuit ;

Mauvais état du collecteur, les micras dépassent les lames ;

Excitation insuffisante.

**Alternateurs.** — A. L'ALTERNATEUR NE S'EXCITE PAS. — Vérifier que l'excitatrice donne sa tension, que le circuit d'excitation de l'alternateur n'est pas coupé, que les bobines inductrices ne sont pas en court-circuit, que les pôles consécutifs sont bien de noms contraires.

Si malgré cela, on ne peut avoir de tension à l'induit, c'est que les phases du stator sont coupées, ou non connectées entre elles, ou que les bobines du stator sont montées d'une façon incorrecte : pôles consécutifs de même nom.

B. ON NE PEUT PAS AVOIR UNE TENSION SUFFISANTE, l'excitation étant au maximum. — La charge est trop forte, le facteur de puissance trop faible. Vérifier que le courant d'excitation a bien sa valeur normale, sinon vérifier le circuit des inducteurs et l'excitatrice :

L'entrefer est trop grand ; mettre des cales en fer doux sous les pôles ;

La vitesse est insuffisante.

C. ECHAUFFEMENT EXAGÉRÉ. — a) *De l'induit.* La machine est surchargée ; court-circuit entre spires.

b) *De l'inducteur.* On a employé un courant d'excitation trop fort ; court-circuit entre les spires des bobines inductrices.

## CHAPITRE III

### ÉTUDE DE QUESTIONS RELATIVES A LA TARIFICATION

1. *Tarification à forfait.* — 2. *Tarif proportionnel au compteur d'énergie.* — 3. *Tarif avec prime fixe.* — 4. *Tarifs à dépassement.* — 5. *Tarif avec majoration pour déphasage.* — 6. *Majorations dues aux variations économiques.* — 7. *Tarifs multiples.* — 8. *Vente en haute et basse tension.* — 9. *Tarification éclairage.* — 10. *Prix de revient final de l'énergie.* — 11. *Diverses questions relatives aux contrats.*

Nous croyons utile de consacrer un chapitre à cette question, toute à l'ordre du jour, car les services de contrôle ont constamment à s'en occuper depuis les majorations appliquées par les compagnies de distribution, majorations qui les mettent journellement en conflit avec les consommateurs. C'est le rôle d'un ingénieur de contrôle de trouver une *solution amiable* qui permette au consommateur de payer l'énergie un prix raisonnable, tout en assurant au distributeur un bénéfice suffisant, mais en s'opposant à ce que les prétentions de celui-ci ont souvent d'exagéré.

On voit souvent de tels conflits réglés faci-

lement, à la satisfaction des deux parties, parce que la transaction a été proposée par un électricien, qui a su mener la discussion sur le *terrain technique*, et non plus seulement juridique.

Nous allons étudier les différents systèmes de tarification en usage proposés.

### 1. Tarification à forfait

Ce procédé consiste à convenir d'un prix forfaitaire, moyennant le paiement duquel le client peut prendre toute l'énergie dont il a besoin, à condition de ne jamais dépasser une certaine puissance. Ce procédé était très employé autrefois, à cause de sa simplicité, dans les réseaux à force motrice hydro-électrique. Les réseaux trouvaient ainsi le moyen d'amortir d'une façon sûre leurs immobilisations, sans avoir à craindre les périodes imprévues d'inactivité des usines. Quant au consommateur, il y trouvait son compte, car cette énergie était vendue bon marché ; en outre, aucune contestation n'était à craindre, comme il arrive souvent avec les compteurs. La puissance maxima était limitée par un *disjoncteur* à maximum d'intensité, réglé pour l'intensité correspondant à cette puissance.

Actuellement, les frais de production de l'énergie sont beaucoup plus élevés ; les réseaux de distribution sont assurés de vendre leur production, de sorte que l'intérêt de ce mode d'abonnement est beaucoup moindre : le client ne veut pas payer de l'énergie qu'on ne lui fournit pas. Le forfait tombe de plus en plus en désuétude.

## 2. Tarif proportionnel au compteur d'énergie

Ce procédé, tel quel, était le plus couramment employé, il y a quelques années. Les progrès réalisés dans la fabrication des compteurs sont tels qu'on peut livrer ces appareils à des prix très raisonnables, et moyennant une vérification annuelle, compter sur leur exactitude.

Son avantage est que le client ne paie que ce qu'il consomme réellement.

Par contre, au moins au point de vue du distributeur, il compte plusieurs inconvénients :

a) Il ne tient pas compte des *frais fixes* que le secteur doit faire pour être prêt à chaque instant à fournir au client l'énergie que celui-ci demande : frais généraux d'exploitation, installation et entretien de machines, construction de lignes, etc. Lorsqu'un client arrête son usine, il ne paye rien, et cependant le secteur doit avoir ses machines prêtes à fournir la puissance demandée, les frais généraux, l'amortissement du matériel et du capital courent toujours : souvent il doit conserver des chaudières sous pression à feu couvert pour pouvoir fournir instantanément l'appoint de puissance que le client va exiger.

b) Il ne tient pas compte de la *qualité de la consommation*. De deux clients de même puissance, l'un peut marcher avec un bon facteur de puissance, l'autre avec un mauvais ; l'un peut marcher jour et nuit, ce qui est très avantageux pour le secteur ; l'autre ne marchera que quelques heures dans la journée, et encore au moment où le réseau est surchargé. L'un

peut prendre une puissance très régulière, l'autre imposer au réseau des à-coups dangereux. Il y a donc des clients plus *intéressants* que d'autres, puisqu'ils exigent un service moins difficile.

c) Si les *frais de production* de l'énergie deviennent très élevés, par suite, par exemple, d'un renchérissement du prix du charbon, le distributeur, lié par son contrat, est amené à vendre du courant à perte. C'est ce qui s'est produit pendant la guerre : la seule solution a été amenée par des *lois d'exception*, qui ont eu le fâcheux effet de produire un renchérissement exagéré de l'énergie, parce que ces lois sont venues trop tard, et aussi de porter un coup fâcheux au principe de l'intangibilité des contrats. (Loi Faillot, Revision des tarifs des cahiers des charges des concessions).

Les différentes modalités des tarifs proportionnels sont :

a) **Tarif avec minimum de consommation.** — On impose au client l'obligation de consommer mensuellement ou annuellement un certain nombre de kwh. ; s'il consomme moins, il paiera quand même la somme correspondant à ce minimum.

Dans une certaine mesure, ce système permet au secteur d'assurer l'amortissement des installations qu'il a dû faire pour desservir le client et tenir à sa disposition la puissance qui peut lui être nécessaire.

b) **Tarif à base décroissante.** — Les tarifs sont généralement à base décroissante, c'est-à-dire

que le client paye le kwh. d'autant moins cher que la puissance qu'il a souscrite est plus grande. Ce système a l'inconvénient de pousser le consommateur à déclarer une puissance dont il n'a pas besoin. Il est vrai que l'emploi simultané du minimum de consommation le limite dans cette voie.

c) **Tarif dégressif.** — Le prix de base du kwh. correspond au minimum de consommation. Si le client dépasse cette consommation d'une certaine valeur, il lui sera appliqué, pour les kwh. supplémentaires, un tarif moins élevé, et ainsi de suite. Le client est poussé à utiliser le courant le plus longtemps possible, en prenant une puissance aussi petite que possible, c'est-à-dire, somme toute, à régulariser sa puissance. C'est un résultat très profitable au producteur d'énergie.

Ce système est combiné avec le système à base décroissante.

Chaque tranche comprend donc :

Un *prix de base* correspondant à la puissance demandée;

Un *minimum de consommation* correspondant à un certain nombre d'heures d'utilisation de la puissance.

Une succession de *prix réduits* correspondant à une succession de consommations supplémentaires au-dessus du minimum.

Par exemple, on aura la série suivante :

Pour la tranche de 300 kva., prix de base : 0,12 fr./kwh.; minimum de consommation : 192.000 kwh./an (correspondant avec  $\cos \varphi = 0,8$  à une utilisation de 800 heures :  $300 \times 800$

$\times 0,80 = 192.000$ ), soit un minimum de perception de :

$$192.000 \times 0,12 = 23.040 \text{ fr./an.}$$

Prix du kwh. pour les premiers 192.000 kwh. annuels = prix de base = 0,12.

Prix du kwh. pour les 96.000 kwh. suivants fixé à 0,11 fr./kwh. (1.200 heures d'utilisation).

Prix du kwh. pour les 96.000 kwh. suivants fixé à 0,10 fr./kwh. (1.600 heures d'utilisation).

Prix du kwh. pour les 96.000 kwh. suivants fixé à 0,095 (2.000 heures d'utilisation).

Prix du kwh. pour les 96.000 kwh. suivants, fixé à 0,09 (2.400 heures d'utilisation).

Prix du kwh. pour les kwh. supplémentaires, fixé à 0,085.

De la sorte, le client qui aurait consommé 300.000 kwh. paierait :

$$192.000 \times 0,12 = 23.040 \text{ fr.}$$

$$96.000 \times 0,11 = 10.560$$

$$12.000 \times 0,10 = 1.200$$

---


$$34.800 \text{ fr.}$$

Soit un prix de revient moyen du kwh. de :

$$\frac{34.800}{300.000} = 0,116 \text{ fr./kwh.}$$

### 3. Tarif avec prime fixe

Les distributeurs ont considéré que le minimum de consommation était un moyen insuffisant pour compenser les frais fixes des exploitations. Aussi la tendance est-elle actuellement de plus en plus la suivante :

On adopte un système de tarification proportionnelle aux kwh. consommés, avec ou sans minimum de consommation, mais on impose au client le paiement d'une *prime fixe annuelle* par kva. souscrit, qu'il soit ou non fait usage de l'énergie. Cette prime est généralement de l'ordre de 100 à 200 francs par an et par kva. souscrit; elle est d'autant plus forte que la puissance souscrite est plus faible; elle vient donc augmenter le prix de revient du kwh. consommé, d'une façon d'autant plus importante que la consommation est plus faible.

Par exemple, un industriel ayant souscrit 100 kva. et payant le kwh. 0 fr. 10, s'il consomme 100.000 kwh., paiera (avec la prime fixe à 100 fr./kva.) :

$$\begin{array}{r} \text{Prime fixe : } 100 \times 100 = 10.000 \text{ fr.} \\ \text{Kwh. : } 100.000 \times 0,10 = 10.000 \\ \hline 20.000 \text{ fr.} \end{array}$$

Soit un prix de revient moyen de :

$$\frac{20.000}{100.000} = 0,20 \text{ fr./kwh.}$$

Si, au contraire, il a consommé 300.000 kw., il paiera :

$$\begin{array}{r} \text{Prime fixe : } 100 \times 100 = 10.000 \text{ fr.} \\ \text{Kwh. : } 300.000 \times 0,10 = 30.000 \\ \hline 40.000 \text{ fr.} \end{array}$$

C'est-à-dire le kwh. lui revient à :

$$\frac{40.000}{300.000} = 0 \text{ fr. } 133.$$

Le client a donc intérêt à réduire sa *puissance installée*, et à utiliser le courant le plus longtemps possible, par exemple en travaillant jour et nuit avec 2 ou 3 équipes.

Un tarif bien établi doit permettre théoriquement à l'exploitant de couvrir avec les recettes de ses primes fixes la totalité de ses *frais fixes*, indépendants de la production du courant : frais généraux, amortissements, etc. Tous les frais proportionnels à l'énergie produite seraient alors payés uniquement par les recettes des tarifs proportionnels.

Inutile de dire qu'il en est rarement ainsi : les recettes et les frais fixes et proportionnels chevauchent les uns sur les autres.

Toutefois, il y a, dans l'institution de la prime fixe, une idée d'équité, qui peut en faire accepter le principe par le consommateur, sous réserves de la vérification que le taux de cette prime n'est pas exagéré comparativement aux nécessités de l'exploitation. Par exemple, une ancienne usine, pour laquelle on a eu le temps d'amortir en grande partie le matériel et le capital, ne devra imposer qu'une prime très légère.

#### 4. Tarifs à dépassement

Un client à *forte utilisation* d'énergie n'a pas intérêt à sous-estimer sa puissance souscrite, afin d'avoir une prime plus faible à payer : en effet, s'il souscrit une puissance inférieure, on lui appliquera un prix de kwh. plus élevé, de sorte qu'il reperdra sur son prix proportionnel ce qu'il aura gagné sur sa prime fixe.

Ainsi, dans l'exemple du paragraphe précédent, le client de 300.000 kwh. pourra souscrire 80 kva. au lieu de 100, mais on lui appliquera un tarif à 0,11 fr./kwh. au lieu de 0,10, et il paiera :

$$\begin{array}{r}
 \text{Prime fixe : } 80 \times 100 = \quad 8.000 \text{ fr.} \\
 \text{Kwh. : } 300.000 \times 0,11 = \quad 33.000 \text{ " } \\
 \hline
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad 41.000 \text{ fr.} \\
 \text{au lieu de } 40.000.
 \end{array}$$

Au contraire, un client à *faible utilisation* aurait intérêt à souscrire moins qu'il ne prend. Notre client de 100.000 kwh. pourrait souscrire 80 kva ; il paierait :

$$\begin{array}{r}
 \text{Prime fixe : } 80 \times 100 = \quad 8.000 \text{ fr.} \\
 \text{Kwh. : } 100.000 \times 0,11 = \quad 11.000 \\
 \hline
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad 19.000 \text{ fr.} \\
 \text{au lieu de } 20.000.
 \end{array}$$

Pour éviter ce genre de fraude, et, d'autre part, pour intéresser le consommateur à supprimer les à-coups dans sa consommation, il a été créé des *tarifs à dépassement*. Avec un tarif à dépassement, il est nécessaire d'avoir 2 compteurs : l'un est un compteur ordinaire qui totalise les kwh. consommés, l'autre ne commence à enregistrer que lorsque la puissance en kw. prise au réseau dépasse celle correspondant à la puissance en kva. souscrite.

On retranche alors les kwh. lus au dépassement de ceux lus au totalisateur, et on les compte à un tarif plus élevé (généralement deux à trois fois le tarif normal). De la sorte, le client a intérêt à souscrire une puissance correspondant au *maximum* de ce qu'il demande au ré-

seau. Cependant, il ne doit pas non plus souscrire trop, car il augmenterait inutilement sa prime fixe. Il y a donc une juste détermination à faire au moyen d'une *mesure exacte* de consommation de l'installation, avec tracé d'un diagramme à l'enregistreur, si possible.

Certains réseaux ne mettent pas de compteurs à dépassement, mais un *disjoncteur à maxima* réglé pour l'intensité correspondant à la puissance souscrite, avec une tolérance de 10 p. 100. Ce procédé brutal n'est pas recommandable, car il arrête toute l'installation chaque fois que la consommation augmente.

Le principe de la tarification au dépassement ayant pour objet de faire payer au client le supplément de *frais fixes* provenant de l'amortissement des machines installées, nécessaires à fournir l'appoint d'énergie pour les dépassements du client, et non pas une élévation du prix de revient du kwh., il peut paraître injuste de faire payer ce dépassement sous forme d'augmentation du prix du kwh.

Dans le but de parer à cet inconvénient, on peut remplacer le système précédemment décrit par le suivant :

Au lieu d'un compteur à dépassement, on installe un *enregistreur de kva.* : on lira sur le diagramme de cet enregistreur, pour une période déterminée, le maximum de kva. demandés au réseau. La différence entre ce maximum et les kva. souscrits sera passible d'une prime fixe égale à 1,5 fois la prime fixe du tarif correspondant à une puissance apparente égale à cette différence.

Supposons, par exemple, qu'on ait le tarif suivant :

Primes fixes annuelles :

Jusqu'à 10 kva.....	180 fr./kva.
De 11 à 25 — .....	160 —
De 26 à 50 — .....	150 —
De 51 à 100 — .....	140 —
De 101 à 200 — .....	130 —
De 201 à 500 — .....	125 —
Plus de 500 — .....	120 —

La puissance souscrite est 500 kva : la prime fixe normale est donc :

$$500 \times 125 = 62.500 \text{ fr.}$$

Le maximum des kva. enregistrés pendant l'année est 550 kva., soit un dépassement maximum de 50 kva. La prime fixe supplémentaire sera :

$$50 \times 150 \times 1,5 = 11.250 \text{ fr.,}$$

les kwh. étant toujours tarifés au même prix.

### 5. Tarif avec majoration pour déphasage

Les exploitants ont intérêt à avoir des clients dont l'installation ait un bon *facteur de puissance*. En effet, si un réseau fournissant une puissance maximum de 10.000 kw. a un facteur de puissance de 0,50, il faut que la puissance installée des génératrices soit au moins de :

$$\frac{10.000}{0,50} = 20.000 \text{ kva.}$$

Au contraire, si le facteur de puissance est

0,80, il ne faudra plus, pour la même puissance vendue, que :

$$\frac{10.000}{0,80} = 12.500 \text{ kva.}$$

Dans les deux cas, les recettes du distributeurs seront les mêmes, puisque ce sont les kwh. qui sont tarifés. Dans le premier cas, les *frais d'amortissement* du matériel seront plus considérables, puisqu'il faut une plus grande puissance installée de machines, et un plus grand poids de cuivre dans les lignes. En outre, les machines tournant sous un  $\cos \varphi$  bas, ont un rendement inférieur, de sorte que le kwh. redeviendra plus cher.

Aussi les distributeurs ont-ils tendance à intéresser le client au relèvement de son facteur de puissance en lui imposant une *pénalité* lorsque ce facteur de puissance est inférieur à une certaine valeur considérée comme correspondant à une valeur suffisamment élevée du  $\cos \varphi$ , par exemple 0,80 ou 0,85.

On admettra, par exemple, que la pénalité sera une majoration du prix du kwh. de 2 p. 100 par centième du  $\cos \varphi$  en-dessous de 0,80. Ainsi un client qui aurait 0,60, aurait une majoration de 40 p. 100 sur le prix du kwh. : il le paierait par exemple 0,14 au lieu de 0,10.

Pour déterminer le facteur de puissance du client, on peut :

a) *Déterminer une fois pour toutes* ce facteur de puissance par une mesure au wattmètre et à l'ampèremètre : c'est un procédé un peu grossier, car le facteur de puissance est appelé à varier dans de fortes proportions.

b) Installer 2 compteurs monophasés montés suivant le principe des 2 wattmètres : à chaque instant le rapport des puissances mises en jeu dans les 2 appareils donne, au moyen de tables spéciales, la valeur du facteur de puissance. Donc, le rapport des énergies enregistrées par ces 2 appareils au bout d'un certain temps, donnera une valeur moyenne du facteur de puissance.

Le principe de la tarification sur le facteur de puissance est équitable, mais on peut faire les remarques suivantes sur son application :

a) le *taux* de 2 p. 100 par centième du facteur de puissance est un peu élevé : il conduit à des majorations qui dépassent le supplément de frais que le mauvais facteur de puissance impose au distributeur. Il nous semble que 1 p. 100 serait généralement suffisant.

b) Le client n'est pas intéressé à améliorer son facteur de puissance *au-dessus de 0,80*. Il serait juste que, lorsque le  $\cos \varphi$  est supérieur à cette valeur, il lui soit fait une diminution du prix du kwh. du même ordre de grandeur que la majoration.

c) L'existence d'un mauvais facteur de puissance augmente peu le *prix de revient* du kwh. (mauvais rendement des génératrices). Son effet se fait sentir d'une façon beaucoup plus puissante sur les frais fixes (amortissement de la puissance installée supplémentaire). Il faudrait donc que la majoration portât non pas sur le prix du kwh., mais sur la *prime fixe*, qui est justement destinée à compenser les frais fixes du réseau. Il faudrait donc déterminer la puissance apparente maxima du client, ce qui peut

se faire au moyen d'un enregistreur de kva., pour la période intéressée, et lui faire payer la prime fixe sur la base de ce nombre de kva., au lieu de la lui faire payer sur les kva. souscrits.

On a cherché des *formules* permettant d'établir des majorations plus équitables, correspondant d'une façon plus précise au supplément de frais occasionné par le mauvais facteur de puissance. Nous ne suivrons pas les chercheurs sur cette voie, car aucun d'eux ne s'est imposé d'une façon définitive, et ce sont les systèmes primitifs décrits plus haut que les exploitants emploient. Toutefois, nous décrivons le système qui a été prôné par une circulaire ministérielle relative aux nouvelles tarifications des cahiers des charges. Ce système, dit de la tarification de l'*énergie complexe*, n'a reçu que peu d'applications, à cause de sa complication. Mais ayant un caractère officiel, il a une certaine importance.

Dans ce système, on a 2 compteurs : l'un mesure des kw., c'est-à-dire l'*énergie active*, l'autre mesure de l'*énergie réactive*. Pour la graduation, il suffira de remarquer que si  $\cos \varphi$  est égal à 0,707, il y a une unité d'énergie réactive par unité d'énergie active, c'est-à-dire que les 2 compteurs tournent à la même vitesse :

$$\frac{1}{0,707} = 1,414$$

$$\sqrt{1,414^2 - 1^2} = 1.$$

L'*énergie complexe*, pour une période déterminée, sera égale à la somme des kwh. lus au

compteur d'énergie active, plus 30 p. 100 des unités lues au compteur d'énergie réactive.

Si, par exemple, on a marché 1.000 heures avec une puissance de 200 kw. et un facteur de puissance de 0,60, le compteur d'énergie active indiquera :

$$200 \times 1.000 = 200.000 \text{ kwh.}$$

La puissance apparente étant :

$$\frac{200}{0,60} = 333 \text{ kva,}$$

la puissance réactive sera :

$$\sqrt{333^2 - 200^2} = 268.$$

Le compteur d'énergie réactive indiquera :

$$268 \times 1.000 = 268.000$$

L'énergie complexe sera :

$$200.000 + \frac{30}{100} \times 268.000 = 280.400 \text{ unités}$$

d'énergie complexe.

C'est à ces unités d'énergie complexe qu'on appliquera le tarif proportionnel au lieu de l'appliquer aux kwh.

Remarquons que cela revient sensiblement au même qu'une majoration de 2 p. 100 par centième du facteur de puissance en-dessous de 0,80.

## 6. Majorations dues aux variations économiques

Les variations considérables du prix du charbon et de la main-d'œuvre durant les années qui viennent de s'écouler ont fait sentir la nécessité d'*assouplir les tarifs* en leur permettant de se plier à ces variations, de telle sorte que le fournisseur de courant ne soit jamais en perte. Cet assouplissement était nécessaire : on doit seulement regretter que les majorations aient été appliquées à doses aussi massives, et avec brutalité, ce qui a été la cause de nombreux conflits.

Traisons d'abord le cas des réseaux à *énergie thermique*.

On a admis que les variations des matières premières employées à la production du courant étaient toutes proportionnelles à celles du *charbon*, qui est de beaucoup la plus importante.

On a admis généralement, pour le charbon, un *prix de base* de 20 francs, qui correspond en moyenne au prix d'avant-guerre de bons charbons de chaudière.

Au point de vue *main-d'œuvre*, on s'est basé sur le *salaire horaire moyen des agents* des compagnies de distribution, c'est-à-dire qu'on divise la somme des salaires et traitements payés par ces compagnies pendant une période par le nombre total d'heures de travail fourni. On a pris comme étalon le salaire horaire moyen d'un agent en 1918.

On appelle *index économique*, pendant une période, un chiffre composé de la façon suivante :

On ajoute au prix moyen du charbon, pendant cette période, une somme proportionnelle à la majoration du salaire horaire moyen pendant cette période, par rapport à 1918 ; par exemple, on admet que toute majoration de 1 p. 100 du salaire entraîne une majoration de 0 fr. 25 de l'index économique, pour une distribution en haute tension, ou 0,60 pour une distribution en basse tension (où il y a plus de main-d'œuvre, à cause des postes de transformation).

Supposons que le prix du charbon soit 150 fr./tonne et que le salaire horaire moyen ait subi une majoration de 80 p. 100. Distribution en haute tension. L'index sera :

$$150 + (0,25 \times 80) = 170 \text{ fr.}$$

Cet index peut être basé sur le prix des charbons à telle usine définie au contrat, et au salaire horaire moyen dans telle entreprise ; on peut aussi prendre l'index publié trimestriellement par le *Ministère des Travaux publics* par région.

Voyons comment on applique cet index à la majoration du prix du kwh. (ou de l'unité complexe).

On admet que le prix de base du kwh. est affecté d'une majoration proportionnelle à la différence entre l'index économique, pour la période considérée, et le prix de base du charbon. Le *coefficient de proportionnalité* est de 0.0015 à 0.0025 pour la haute tension, de 0.002 à 0.004 pour la basse tension (à cause des pertes dans la transformation et la distribution).

Admettons, par exemple, un coefficient de

0,002 avec un prix de base de 20 fr., un index à 170 fr. :

Prix de base du kwh.....	0 fr. 10
Majoration : 0,002 (170 — 20).....	0 fr. 30
Prix final du kwh.....	0 fr. 40

Dans le cas de *réseaux hydrauliques*, on ne devrait pas avoir à parler de prix du charbon, et ce système ne devrait pas s'appliquer : en réalité, on l'applique quand même, mais avec des coefficients de l'ordre de 0,001. Nous considérons que c'est une erreur, que les réseaux hydrauliques devraient continuer à faire payer le kwh. bon marché, quitte à compenser leurs frais fixes : amortissement d'installations nouvelles, par exemple, au moyen d'une *prime fixe élevée*, à être sévère sur les questions de majoration pour déphasage, dépassements, et à augmenter leur utilisation par l'emploi de tarifs multiples.

Beaucoup de réseaux sont mi-hydrauliques, mi-thermiques, possédant des usines thermiques de secours ou d'appoint. Certains de ces réseaux avaient imaginé d'avoir un tarif différent suivant qu'ils marchent à la vapeur ou à l'eau. C'est pratiquement inapplicable, le consommateur n'ayant pas les moyens de contrôle nécessaire.

On s'est finalement arrêté dans ce cas à l'application constante d'un index économique avec coefficient réduit : 0,001 à 0,0015.

Tous ces systèmes *compliquent* énormément les tarifs, d'autant plus que les index ne sont publiés qu'avec un certain retard, de sorte qu'il est nécessaire d'appliquer des index provisoires et de faire des rappels en fin d'exercice.

Aussi, pour les clients peu importants au moins, certains secteurs ont jugé préférable d'avoir un *tarif fixe*, en ne faisant que des abonnements d'un an, et en revisant les tarifs tous les ans. C'est plus simple, mais encore faut-il que cette revision puisse être *contrôlée* par les consommateurs, ou tout au moins, s'il s'agit d'une concession, par le concessionnaire agissant au nom de ceux-ci et d'accord avec eux.

### 7. Tarifs multiples

Si nous examinons la *courbe de charge* journalière d'une station centrale, un diagramme de wattmètre enregistreur par exemple, nous voyons que la charge varie dans de fortes proportions (fig. 70).

Vers 6 heures, il y a un maximum correspondant au démarrage des usines (avec l'éclairage en hiver), puis la charge se maintient jusque vers 11 heures ou 12 heures. Il y a alors jusqu'à 13 ou 14 heures une période de très faible charge, puis une reprise durant jusque vers 17 ou 18 heures. En hiver, il y a à ce moment un maximum correspondant à l'emploi simultané de l'éclairage et de la force motrice: c'est la *pointe journalière*, puis la charge décroît lentement, étant maintenue par l'éclairage urbain et, en particulier, les théâtres, cafés, etc. Enfin, vers minuit, la charge tombe à très peu de chose, jusqu'au matin.

Il y a donc des heures de forte charge, où le producteur d'énergie a peine à satisfaire à la demande. Ce sont les *heures pleines*.

A d'autres heures, au contraire, les machines tournent à faible charge, en consommant beau-

coup de charbon relativement à leur production. La charge est presque nulle, mais le personnel de l'usine génératrice est cependant à son poste et payé. Ce sont les *heures creuses*.

Il serait équitable, en même temps qu'avantageux pour le producteur d'énergie, de faire payer très cher l'énergie des heures pleines,

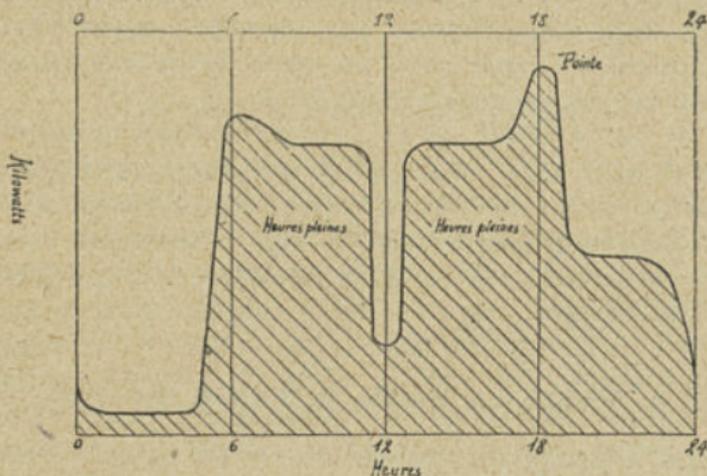


FIG. 70. — Diagramme de charge d'une station centrale.

et très bon marché celle des heures creuses. Le consommateur s'efforcerait donc de répartir sa consommation sur les heures creuses ; il utiliserait des appareils de chauffage électrique à accumulation, etc. La courbe de charge de l'usine *s'aplanirait*, permettant une marche à charge régulière, et une utilisation plus constante du matériel.

Pour la *tarification*, il suffirait d'utiliser des compteurs avec commande par un mouvement d'horlogerie, mettant en service soit un compteur, soit un autre suivant l'heure. Ces appa-

reils fonctionnent très bien. Il est profondément regrettable que les *exploitants* rentrent avec une telle lenteur dans cette voie, en France tout au moins, car il y a longtemps que ces systèmes fonctionnent couramment à l'étranger. On arriverait à produire le kwh. à bien meilleur marché, la consommation augmenterait par suite du développement du chauffage électrique : les secteurs pourraient augmenter leurs recettes sans imposer d'augmentations de tarifs exagérées.

Le tarif idéal serait, croyons-nous, non pas un double tarif, mais un *triple tarif* : prix très bas pour les heures creuses, prix normal pour les heures pleines, et prix majoré pour les heures de pointe, où la force motrice se superpose à l'éclairage.

### 8. Vente en haute et basse tension

La plupart du temps, les distributions sont faites sous 5, 10 ou 15.000 volts. L'exploitant peut vendre cette énergie telle quelle ou se charger de la transformation, dans un poste à lui, et vendre du courant sous 115/200 volts par exemple. Il est évident que, dans le premier cas, il vendra son énergie *moins cher* puisqu'il n'a pas la charge de la construction et de l'entretien du poste, et que l'énergie des pertes du transformateur lui est payée.

Aussi y a-t-il une grosse différence entre les tarifs haute et basse tension.

Sauf pour les petites installations, le client a généralement avantage à acheter en *haute tension*, quitte à avoir la charge du poste de transformation.

Il y a cependant quelques précautions à prendre : par exemple, lorsque l'usine est arrêtée, son compteur continue à tourner, à cause des *pertes du transformateur*. Cela peut faire finalement une dépense importante.

Ainsi, pour un transformateur de 200 kva., ayant 1 p. 100 de pertes à vide, ce qui est peu, pour 2.400 heures de marche par an, il y aura 6.350 heures de marche à vide, soit :

$$200 \times \frac{1}{100} \times 6.350 = 12.700 \text{ kwh.}$$

consommés en pure perte.

Il faudra donc *couper le courant* haute tension, toutes les fois qu'on arrête l'usine (manœuvre du disjoncteur ou des sectionneurs). Quelquefois, cette manœuvre est impossible, à cause de la nécessité de garder quelques *lampes éclairées* : le plus simple est d'avoir un petit *transformateur* de 1 ou 2 kva., qui alimentera le réseau lumière de nuit, indépendamment de l'arrivée principale, qui sera coupée.

Le prix de l'installation supplémentaire sera payé en quelques mois par l'économie réalisée.

### 9. Tarification éclairage

L'énergie pour l'éclairage est généralement vendue à un prix beaucoup *plus élevé* que l'énergie force motrice. Aussi est-elle tarifée à part, avec un compteur spécial. Il n'y a généralement pas de prime fixe. Lorsque l'énergie est vendue en haute tension, les indications du compteur basse tension éclairage sont déduites de celles du compteur haute tension totalisa-

teur. La raison de l'élévation du prix de l'éclairage est que c'est en grande partie de l'énergie de pointe. Le jour où on aura généralisé l'emploi des tarifs multiples, il n'y aura aucune raison de vendre l'éclairage plus cher que la force motrice, et le client pourra prendre l'éclairage sur son branchement principal, sans compteur spécial.

### 10. Prix de revient final de l'énergie

Etant donnée la complication des tarifications modernes, il est difficile, pour le consommateur, de se rendre un compte exact du prix de revient final du kwh. C'est le rôle d'un service de contrôle, après essais et étude du contrat, de faire ressortir ce prix.

Supposons, par exemple, que le secteur propose un nouveau contrat avec les conditions suivantes :

- Puissance souscrite : 200 kva. ;
- Tarifcation en haute tension ;
- Prime fixe : 120 fr./kva. souscrit et par an ;
- Prix de base du kwh. : 0 fr. 10 ;
- Prix du kwh. de dépassement : 0 fr. 30 ;
- Majoration de 2 p. 100 par centième du  $\cos \varphi$  en-dessous de 0,80 ;
- Base charbon : 20 fr. (1) ;
- Majoration de l'index économique officiel ;
- Coefficient à appliquer à l'index : 0,002.

(1) Dans les nouvelles concessions, faites conformément au cahier des charges-type de 1921, la base de l'index économique est fixée à 130 francs; cette valeur paraît correspondre à la valeur probable de stabilisation des index économiques basse-tension. — R. C.

Pour connaître la consommation du client, nous effectuons une *mesure* au wattmètre, et même si possible au wattmètre enregistreur. Nous mesurons également les kva., ou du moins le  $\cos \varphi$ .

En planimétrant le diagramme des puissances, nous trouvons une consommation journalière de 1.500 kwh. avec une puissance maxima de 220 kva. La portion de la courbe située au-dessus de l'horizontale d'ordonnée 200 kwh., planimétrée, nous donne 25 kwh. La  $\cos \varphi$  moyen est 0,60.

Supposons que le dernier index économique publié soit 170 fr. pour la haute tension dans le département considéré.

Pour une année de 300 jours ouvrables, la consommation totale sera :

$$300 \times 1.500 = 450.000 \text{ kwh.}$$

Comme dépassement, il y aura :

$$300 \times 25 = 7.500 \text{ kwh.}$$

Le prix du kwh, sera le suivant :

Prix de base .....	0 fr. 40
Majoration due à l'index (170 — 20)	
× 0,002 .....	= 0 fr. 30
Majoration p <sup>r</sup> déphasage: 0,40 × 0,10 =	0 fr. 04
Prix du kwh .....	0 fr. 44

Le prix du kwh. de dépassement sera :

Base .....	0 fr. 30
Majoration due à l'index .....	0 fr. 30
Majoration p <sup>r</sup> déphasage: 0,40 × 0,30 =	0 fr. 12
Prix du kwh. de dépassement...	0 fr. 72

Il faudra donc payer :

Prime fixe : $200 \times 120$ . . . . .	=	24.000 fr.
Prix proportionnel :		
(450.000 — 7.500) $\times 0,44$ . . . . .	=	195.000 »
Dépassements : $7.500 \times 0,72$ . . . . .	=	5.400 »
		<hr/>
Prix total . . . . .		224.400 fr.

non compris les frais de location des branchements, des compteurs, etc.

Le kwh. reviendra donc à :

$$\frac{224.400}{450.000} = 0,50.$$

On voit que les différentes majorations et la prime fixe ont réussi à *quintupler* le prix du kwh.

Le rôle du service de contrôle consiste alors à chercher comment on pourra amender ce tarif, pour pouvoir faire des *contre-propositions* plus avantageuses.

*Dépassements.* Voyons s'il y a intérêt à augmenter la puissance souscrite pour diminuer le prix payé pour les kwh. de dépassement.

Avec 225 kva. souscrits, on aurait :

Prime fixe : $225 \times 120$ . . . . .	=	27.000 fr.
Prix proportionnel :		
$450.000 \times 0,44$ . . . . .	=	198.000 »
		<hr/>
		225.000 fr.

Il n'y a donc pas intérêt (à moins que la puissance de 225 kva. corresponde à un nouvel échelon des primes fixes, pour lequel celle-ci ne sera, par exemple, plus que 110 fr./an-kva. souscrit). Il faudra alors chercher à faire di-

minuer le *coefficient* de 0,002, en insistant sur ce fait qu'une partie de l'énergie du réseau est hydraulique, que son prix de revient est donc faiblement influencé par les prix du charbon.

Une excellente politique, si on entrevoit la possibilité, pour le client, d'utilisation d'énergie de nuit, consiste à convaincre le secteur de faire un *tarif multiple*, avec de très fortes réductions pour les heures creuses.

Pour la majoration due au *déphasage*, il faut chercher à faire réduire le taux de 2 p. 100, qui est exagéré : 1 p. 100 semble suffisant.

Il sera intéressant, pour le client, de *relever son facteur de puissance* par installation d'un moteur synchrone, de condensateurs statiques ou révision de la répartition de la force motrice. En effet, si on arrive à 0,80, on ne payera plus que :

Prime fixe .....	24.000 fr.
Prix proportionnel :	
(450.000 — 7.500) × 0,40 .....	= 177.000 »
Dépassement : 7.500 × 0,60 .....	= 4.500 »
	<hr/>
	205.500 fr.
au lieu de .....	224.400 fr.
	<hr/>
soit un gain annuel de.....	18.900 fr.

Un moteur synchrone de 150 kva. sous  $\cos \varphi = 0$  permettrait d'obtenir ce relèvement : il coûterait environ 30.000 fr., c'est-à-dire serait payé en moins de 2 ans.

C'est au service de contrôle à faire voir cela au client.

Enfin, si le relèvement du facteur de puissance est décidé, il faut obtenir une *bonification* pour les  $\cos \varphi$  supérieurs à 0,80 : par

exemple 1 p. 100 par centième en-dessus de 0,80, jusqu'à 0,90, car au delà ce n'est plus intéressant : le relèvement coûte trop cher à obtenir.

### 11. Diverses questions relatives aux contrats

En outre de la tarification, les contrats d'abonnements aux sociétés d'électricité comportent :

a) Des clauses relatives aux *tolérances pour la tension et la périodicité*. En principe, ces tolérances sont 5 p. 100 en plus ou en moins. Les compagnies ont pris l'habitude d'introduire dans leurs contrats de force motrice 10 p. 100 en plus ou en moins pour la tension : c'est exagéré : les moteurs asynchrones fonctionnent très mal avec de telles variations de tension. Il faut chercher à obtenir 5 p. 100 et, en tout cas, veiller à l'observation de ces conditions (relevés avec des appareils enregistreurs).

b) Des clauses relatives aux *interruptions de courant*. Ces clauses doivent être très explicites, et spécifier l'indemnité due par le distributeur en cas d'interruption de courant injustifiée. Les compagnies cherchent à faire passer toutes sortes de choses sous couvert de la *force majeure* : grèves, accidents, orages, etc. En réalité, seuls les événements tout à fait extraordinaires sont considérés comme causes de force majeure : guerres, épidémies, grèves générales subites et impossibles à prévoir, inondations, etc. Un orage, même violent, n'est pas une cause de force majeure, car on a

dû prévoir une protection dans la construction du réseau, ou du moins organiser un service permettant de parer immédiatement aux accidents.

c) Des clauses relatives aux *vérifications de compteurs*. Les tolérances sont généralement de 3 p. 100 en plus ou en moins, pour l'exactitude des compteurs. A noter qu'une erreur de moins de 3 p. 100 n'empêche pas un client de demander un réglage : il devra seulement payer la vacation de l'agent chargé de ce réglage, et n'aura droit à aucune indemnité. Au contraire, une erreur de plus de 3 p. 100 permet au consommateur d'exiger le réglage gratuit, et en outre le rappel du *trop-perçu* depuis l'époque présumée où le dérèglement a dû commencer.

La réciproque n'est pas vraie : une erreur à l'avantage du client ne peut obliger le client à payer un rappel, pourvu que le secteur soit chargé de l'*entretien du compteur*, qui doit être plombé et vérifié par ses soins. Le client ne peut subir le désavantage d'un rappel, du fait de la négligence du secteur, qui n'a pas exécuté le service d'entretien pour lequel il touche une indemnité.

d) Des clauses relatives aux *locations d'appareils, de branchements*, au paiement des installations. Actuellement, lorsqu'un client demande un branchement, il doit payer une *participation* aux frais du branchement (ou poste de transformation).

Lorsqu'il doit être établi un poste de transformateur, le consommateur a généralement intérêt à le construire lui-même et à acheter en haute tension. Les frais sont plus élevés.

mais il n'y a pas à payer de participation, ni de location, et le poste reste sa propriété.

e) Le secteur garde un *droit de regard* sur l'installation électrique du client qui ne doit pas être modifiée sans son autorisation, ni être une cause de trouble pour le réseau. Encore faut-il que ce droit de regard ne dépasse pas la limite de la saine logique. Ainsi un secteur peut imposer au client l'obligation d'avoir des automatiques à maximum et à manque de tension sur ses moteurs. Mais si le client, dédaignant cette obligation, installe, en tête de son branchement, un automatique unique, bien réglé pour déclancher avec un léger retard et une faible surcharge en maxima, et instantanément en manque de tension, le réseau est parfaitement protégé contre la répercussion des accidents qui peuvent arriver chez le client. Nous ne voyons pas pourquoi ses exigences pourraient aller plus loin.

f) Des conditions relatives *au paiement*. Généralement celui-ci est effectué mensuellement. Lorsqu'il y a des facteurs comptés sur une année, tels que minimum de consommation annuel, prime fixe, etc., on établit les paiements de ces postes par *douzièmes*, quitte à faire une compensation à la fin de l'année, si des corrections sont nécessaires.

Pour les *index économiques*, on se base généralement sur le dernier index publié, et on fait la compensation tous les trois mois, lorsqu'un nouvel index paraît.

## TABLE DES MATIÈRES

---

PRÉFACE .....	5
---------------	---

### PREMIÈRE PARTIE

#### ÉTUDE ET EXÉCUTION DES INSTALLATIONS

CHAPITRE PREMIER. — <b>Principes généraux à observer dans l'organisation d'une installation</b> .....	9
---	---

Choix du genre de courant : continu ou alternatif. Etude des cas où le courant continu s'impose ; choix de la tension, 10. — Installations à courant alternatif, 16. — Principe de l'indépendance des circuits ; répartition des appareils récepteurs sur les lignes, 18. — Organisation de la protection des lignes et appareils récepteurs. Equipement des moteurs, 21. Organisation des postes de transformation et tableaux de distribution, 28. — Répartition de la force motrice sur les différents moteurs. Transmissions et commande individuelle. Détermination de la puissance, 31. — Questions relatives au facteur de puissance, 43. — Installations de lumière, 50. — Centrales pour installations autonomes et centrales de secours, 53.

CHAPITRE II. — <b>Quelques exemples d'installations électriques d'usines</b> .....	57
--	----

Installation d'un petit atelier de mécanique sur secteur continu, 2 fils, 230 volts, 58 ; d'un atelier de grosse construction

mécanique sur secteur continu, 3 fils, 230 volts, 64; d'un atelier de tissage de soieries sur secteur triphasé basse tension, 200 volts, avec fil neutre, 76; d'un petit moulin sur secteur triphasé haute tension, 5.000 volts, 84; d'une atelier de grosse chaudronnerie sur secteur triphasé, 11.000 volts, avec centrale de secours, 86; d'une aciérie sur secteur triphasé, 15.000 volts, 98. — Quelques installations classiques spéciales, 109.

**CHAPITRE III. — Canalisations..... 114**

Choix du mode de pose, 115. Exécution des installations sur poulies, 121; des installations sous moulures, 126; des installations sous tubes, 129; des installations sous plomb, 135; des installations en câble sur isolateurs d'extérieur, 136; des installations en câble armé non enterré, 137. — Mise en service d'une ligne, 137. — Travaux divers, 139.

**CHAPITRE IV. — Installations de tableaux, de cabines, etc. .... 143**

**DEUXIÈME PARTIE**

**ENTRETIEN DES INSTALLATIONS**

**CHAPITRE PREMIER. — Nécessité et organisation d'un service d'entretien des installations électriques ..... 163**

**CHAPITRE II. — Consignes générales du service de l'entretien ..... 185**

**CHAPITRE III. — Enroulements et bobinage. 206**

Rappel de notions générales sur les enroulements de machines, 206. — Réalisation matérielle des enroulements, 217. — Exécution des réparations de bobinages, 233. — Bobinages d'inducteurs à courant continu, 235.

## TROISIÈME PARTIE

**CONTROLE DES INSTALLATIONS**

- CHAPITRE PREMIER. — **Nécessité et organisation d'un service de contrôle des installations électriques** ..... 237
- CHAPITRE II. — **Les essais de contrôle**..... 249
- Emploi des appareils de contrôle, 250. — Recherche des défauts dans les bobinages des machines, 260. — Recherche des défauts dans les lignes, 266. — Essais de consommation des moteurs, 269. — Essais d'échauffement en service normal, 274. — Etude de la consommation totale de l'usine, 276. — Essais de groupes thermiques en service, 280. — Vérification des compteurs, 283. — Etalonnage des appareils de mesure, 288. — Essais de réception, 290. — Vérification des sections des lignes, 292. — Etude sommaire des principales causes de mauvais fonctionnement des machines, 296.
- CHAPITRE III. — **Etude de questions relatives à la tarification**..... 302
- Tarification à forfait, 303. — Tarif proportionnel au compteur d'énergie, 304. — Tarif avec prime fixe, 307. — Tarifs à dépassement, 309. — Tarif avec majoration pour déphasage, 312. — Majorations dues aux variations économiques, 317. — Tarifs multiples, 320. — Vente en haute et basse tension, 322. — Tarification éclairage, 323. — Prix de revient final de l'énergie, 324. — Diverses questions relatives aux contrats, 328.

# SOCIÉTÉ ALSACIENNE de Constructions Mécaniques

Usines : BELFORT (Terr. de), MULHOUSE (Haut-Rhin), GRAFFENSTADEN (Bas-Rhin)

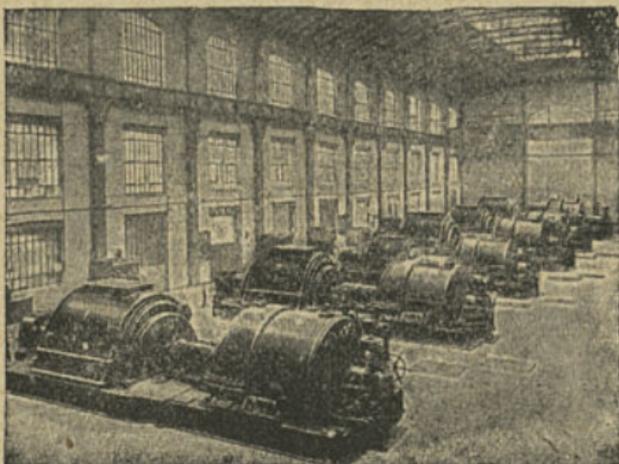
Maisons à :

PARIS, 4, rue de Vienne  
LILLE, 61, rue de Tournai  
MARSEILLE, 40, rue Sainte  
NANTES, 5, quai de la Fosse



Maisons à :

LYON, 13, rue Grôlée  
NANCY, 61, rue de Tournai  
ROUEN, 7, rue de Fontenelle  
BORDEAUX, 9, Cr<sup>e</sup> du Chapeau Rouge



## MATÉRIEL ÉLECTRIQUE

Dynamos — Alternateurs — Groupes électrogènes — Moteurs électriques pour toutes applications — Transformateurs — Convertisseurs — Commutatrices — Commandes électriques pour laminoirs — Machines d'extraction électriques — Tramways et locomotives électriques — Fils et câbles isolés pour l'électricité

### Installation complète

de Stations Centrales et de réseaux de traction électrique

**AUTRES FABRICATIONS :** Chaudières — Machines et Turbines à vapeur — Moteurs à gaz — Machines soufflantes — Machines pour l'industrie textile — Machines et appareils pour l'industrie chimique — Installations de chauffage industriel — Locomotives à vapeur — Machines-Outils — Petit Outillage - Crics et Vérins UG - Bascules - Transmissions

**ÉTUDES, PROJETS**  
DE TOUTES INSTALLATIONS DE  
**FORCE MOTRICE INDUSTRIELLE**

**Contrôle d'Installations Electriques**

Réceptions de Matériel  
Surveillance de Travaux  
Questions Contentieuses

**R. CABAUD**

Ingénieur E. C. L., E. S. E.

1, Rue Puits-Gaillot, LYON :: Téléphone : 21-96

**Installations Electriques**

■ ■ ■

Postes Haute Tension  
Tableaux :: Moteurs

■ ■ ■

**Robert LABRAM & C<sup>ie</sup>**

7, Boulevard d'Asnières

**NEUILLY (Seine)**

Toutes les applications  
de l'ÉLECTRICITÉ

Lumière - Force - Chauffage - Sonneries - Haute tension  
Groupes électrogènes - Médecine - Spécialités industrielles, etc.

**Henri et Maurice NAUD**

INGÉNIEURS-ÉLECTRICIENS CONSTRUCTEURS

27, Rue Guénégaud, PARIS (VI<sup>e</sup>) - Gobelins 51-36

Représentants de la " Douille Élastique C. R. "  
des Lampes Construction Électro-Mécanique de Dijon

Librairie J.-B. BAILLIÈRE & FILS, 19, Rue Hautefeuille, PARIS

**Installations Électriques Industrielles**



**CHOIX DU MATÉRIEL**

PAR

**R. CABAUD**

INGÉNIEUR E.C.L. ET E.S.E.

1922, 1 vol. in-18 de 316 pages, avec 129 figures,  
cartonné (*Bibliothèque Professionnelle*)... 10 fr.

Ajouter 10 0/0 pour port et frais d'emballage

# Bibliothèque Professionnelle

Publiée sous la direction de M. RENÉ DHOMMÉE

INSPECTEUR GÉNÉRAL ADJ<sup>1</sup> DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

---

120 volumes in-18 rais. (10,5 × 16,5) de 300 à 400 pages  
avec nombreux dessins.

Chaque volume se vend séparément de 6 à 10 francs cartonné.



Donner à chacun (apprenti, ouvrier, contremaître, employé) le moyen commode, sûr, d'acquérir les *connaissances pratiques*, les *tours de main* qui rendront son travail plus intéressant et plus rémunérateur, cela avec d'abondantes illustrations, sous une forme claire, en peu de mots, grâce à l'enseignement des *spécialistes* les plus autorisés, tel est le but de la *Bibliothèque professionnelle*.

Conçus dans un esprit essentiellement *pratique* (étude des matériaux, des produits et de l'outillage; explication raisonnée des procédés de travail les *meilleurs* et les plus *modernes*), pouvant facilement être mis à la poche, d'un prix très modéré, les *Manuels* de la *Bibliothèque professionnelle* constitueront le guide indispensable de tout travailleur intelligent et avisé. C'est dire qu'ils seront, aussitôt parus, dans toutes les mains.

---

**Librairie J.-B. BAILLIÈRE et FILS**

**PARIS — 19, rue Hautefeuille — PARIS**

# Bibliothèque Professionnelle

Publiée sous la direction de M. RENÉ DHOMMÉE

INSPECTEUR GÉNÉRAL ADJ<sup>t</sup> DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

---

*120 volumes in-18 rais. (10,5 × 16,5) de 300 à 400 pages  
avec nombreux dessins.*

Chaque volume se vend séparément de 6 à 10 francs cartonné.

Tous les ouvriers intelligents, à quelque métier qu'ils appartiennent, peuvent constater chaque jour qu'il leur manque le premier et le plus indispensable des outils, celui qui apprend à manier tous les autres, le seul qui ne soit pas un serviteur inerte, mais au contraire et tout ensemble un maître accompli, un guide éprouvé, un conseiller fidèle et désintéressé. Cet outil, c'est le *livre*. Vous le chercherez en vain, à l'heure actuelle, chez le maréchal-ferrant, chez le maçon ou le menuisier du village. A la ville même, chez la plupart des petits patrons ou des contre-maitres, il est rare, sinon introuvable.

Cette lourde faute n'est nullement imputable à nos travailleurs, car ils aimeraient à lire et à relire des livres faits pour eux, à leur mesure, et écrits dans leur langue. On n'y a pas songé ; non pas évidemment que nous manquions de grands savants ni d'éminents professeurs, mais leurs gros livres sont inabordables et inintelligibles pour les travailleurs manuels. L'ouvrier, l'employé le mieux doué n'est condamné que trop souvent à devenir un manœuvre routinier ou un rouage inconscient : on le confine dans un travail jalousement spécialisé, on lui interdit toute initiative, on tue en lui le goût du travail bien compris, bien vu d'ensemble, et du même coup on tarit pour lui toute source de profit légitime et rémunérateur.

Il n'y a que deux remèdes, et l'on a trop tardé à les employer : c'est le cours professionnel, et c'est le livre professionnel. D'ailleurs, ils se confondent et se complètent, car le cours est en

somme un livre récité et expliqué à haute voix par un maître, et le livre est un cours écrit.

L'enseignement professionnel est en voie d'organisation ; mais son installation demandera beaucoup de temps et d'argent. C'est seulement une infime minorité parmi nos travailleurs qui pourra en bénéficier dans les grandes villes. Ses bienfaits ne pourront pas, d'ici longtemps, parvenir jusqu'au grand peuple des ouvriers déjà vieillis dans le métier et disséminés de tous côtés au fond de nos provinces.

Pour eux, il n'y a qu'un recours : le *livre*, le livre bien fait, qu'on a toujours sous la main, qui est toujours prêt à répondre, qui a prévu toutes les difficultés et sait les résoudre, d'une façon claire, le livre abondamment illustré qui montre le maniement de chaque outil, expose les tours de main, le livre qui joint à un savoir solide le savoir-faire qui est tout aussi indispensable.

C'est le *livre* que la Bibliothèque professionnelle offre à tous les travailleurs.

Chacun des 120 volumes qui composent cette Encyclopédie du travail national a été écrit par un spécialiste. Mais ce spécialiste ne s'est pas borné à travailler dans son cabinet et sur les livres : il s'honore d'avoir pratiqué lui-même et pendant de longues années le travail qu'il enseigne maintenant à ses jeunes camarades. Les ingénieurs, les chefs d'atelier, les professeurs qui ont mis dans ces petits livres le meilleur de leur expérience ont manié les outils dont ils parlent ; ils ont eux-mêmes frappé sur l'enclume, charpenté ou menuisé le bois, ajusté des pièces ou conduit des machines. Quels que soient leurs titres, le nom qui leur convient le mieux, c'est encore celui de « maître-ouvrier ».

Avec eux, grâce à eux, et comme eux, tout ouvrier, tout employé peut devenir, lui aussi, un *maître* dans sa partie. La plus belle récompense des auteurs de la Bibliothèque professionnelle sera justement d'avoir ouvert les portes de la maîtrise à tous ceux qui voudront s'en rendre dignes.

RENÉ DHOMMÉE,  
*Inspecteur général adj<sup>t</sup> de l'Enseignement  
technique.*

# Bibliothèque Professionnelle

Publiée sous la direction de M. RENÉ DHOMMÉE

INSPECTEUR GÉNÉRAL ADJOINT DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

*Avec la collaboration des spécialistes les plus compétents:*

MM. MAURER, CURCHOD, prof. à l'Éc. d'élec. et de méc. ind. de Paris. — LAGARDELLE et VINCENT, chef des travaux aux Éc. prat. de Châlons et d'Agen. — GODEAU, GASCHET et BIGERELLE, dir. des Écoles prof. de Chartres, de Marmande et d'Auxerre. — VADCLIN et LONG, dir. des frigos du Havre. — HAMM et GUILVERT, dir. et prof. aux Éc. décorat. de la Gironde et de Melun. — LEROUX et DUCHESNE, dir. de l'Éc. de vannerie de Fayl-Billot. — FERRAND, de la dir. de l'Urbaine-Seine. — ANGÉ, prof. Éc. sup. de Comm. de Paris. — ROBLIN, prof. à l'Éc. prof. du papier, etc., etc.

120 vol. in-18 raisin de 300 à 400 pages avec nombreux dessins.  
Chaque volume se vend séparément de 6 à 10 francs, cartonné.

## I. — MANUELS DE L'ALIMENTATION

*Boulangerie, pâtisserie, biscuiterie.*  
*Boucherie.*  
*Charcuterie, équarrissage.*  
*Brasserie.*  
*Confiserie, chocolaterie.*  
*Cuisine.*  
*Epicerie.*

*Industrie et comptabilité hôtelière.*  
*Crèmerie (Lait, beurre, fromage).*  
*Meunerie.*  
*Conserves de viandes, salaisons.*  
*Conserves de fruits et de légumes.*  
*Sucrerie. Distillerie, liqueurs.*  
*Vins, cidres, poirés, eaux gazeuses.*

## II. — MANUELS DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

*Architecture.*  
*Charpente en bois.*  
*Charpente en fer.*  
*Ciment, ciment armé.*  
*Fumisterie, chauffage, ventilation.*  
*Maçonnerie, ravalement.*  
*Menuiserie, parquetage, treillage.*  
*Métrage et vérification, arpentage.*  
*Modelage, plafond, stuc.*

*Pavage, carrelage, mosaïque.*  
*Peinture en bâtim., vitrerie, pap. peints.*  
*Travaux publics (2 vol.).*  
*Peinture en décors, filage, lettres.*  
*Plomberie, installations hygiéniques, zinguerie, couverture.*  
*Serrurerie, fer forgé.*  
*Taille des pierres, marbrerie.*  
*Cantonnier.*

## III. — MANUELS DES INDUSTRIES TEXTILES, DU VÊTEMENT ET DE LA MODE

*Bonneterie.*  
*Broderie mécanique, tulle, dentelle méc.*  
*Dessin pour tissus, lecture, piq. du dessin.*  
*Corderie, filet à la main, filet mécanique.*  
*Filature. Tissage.*  
*Passementerie, lacet, rubanerie.*  
*Blanchissage, repassage.*  
*Chapellerie en feutre, paille, soie. Modes.*  
*Chemiserie, lingerie.*

*Coiffure.*  
*Coupe, confection pour hommes.*  
*Couture.*  
*Coupe, confection pour femmes.*  
*Dentelle et broderie à la main.*  
*Fleurs e plumes.*  
*Mercerie.*  
*Pelleterie, fourrures.*

## IV. — MANUELS DES INDUSTRIES D'ART

*Bijouterie, joaillerie, orfèverie.*  
*Boutonnerie, peignes.*  
*Bronzes d'art.*  
*Dessin d'ornement, composition décorative.*  
*Dessin industriel.*  
*Décoration du bâtiment.*

*Pyrogravure, enluminure. Peinture au pochoir, Cuivre et étain repoussés.*  
*Gravure, ciselure, décor. des métaux.*  
*Lutherie. pianos, orgues, accord.*  
*Lunetterie, instruments d'optique.*

# BIBLIOTHÈQUE PROFESSIONNELLE

## V. — MANUELS DES INDUSTRIES DU PAPIER ET DU LIVRE

<p><i>Cartonnage.</i> <i>Commis papetier.</i> <i>Imprimerie, typographie, clichage.</i> <i>Lithographie.</i></p>	<p><i>Gravure, héliogravure, photogravure.</i> <i>Photographie.</i> <i>Reliure.</i> <i>Industrie du papier.</i></p>
--	---

## VI. — MANUELS DES INDUSTRIES DU BOIS ET DE L'AMEUBLEMENT

<p><i>Abatage des bois, sciage, cubage, sabots.</i> <i>Balais, brosses, soufflets, cannes, emball.</i> <i>Carrosserie, charron, peint., voit.</i> <i>Ébénisterie, dorure, laque, marqueterie.</i> <i>Industrie du liège.</i></p>	<p><i>Moulures. Encadrement.</i> <i>L'apissier décorateur.</i> <i>Tournage du bois, sculpture sur bois.</i> <i>Tonnellerie, boissellerie.</i> <i>Vannerie.</i></p>
--	--

## VII. — MANUELS DES INDUSTRIES CHIMIQUES, CÉRAMIQUE, etc.

<p><i>Porcelaine. Briques, tuiles, produits réfractaires. Faïences (3 vol.)</i> <i>Couleurs et vernis.</i> <i>Encres, cirages, colles.</i> <i>Droguerie, herboristerie.</i> <i>Fabrication des produits chimiques</i></p>	<p><i>Industrie du gaz, appareillage.</i> <i>Parfumerie.</i> <i>Teinturerie, apprêtage.</i> <i>Verrerie, cristal., miroit., grav. sur terre.</i> <i>Poudres et explosifs.</i></p>
---	---

## VIII. — MANUELS DES CUIRS ET PEAUX, DU CAOUTCHOUC

<p><i>Bourrellerie, sellerie.</i> <i>Caoutchouc, gutta-percha, gommes factices.</i> <i>Chamoiserie, maroquinerie, gainerie.</i></p>	<p><i>Ganterie.</i> <i>Cordonnerie.</i> <i>Tannage, mégisserie, corroyage.</i></p>
---	--

## IX. — MANUELS DE MÉCANIQUE

<p><i>Ajustage (3 volumes).</i> <i>Armurerie.</i> <i>Automobiles (2 vol.): a) Construction, différents types; b) conduits, entretien.</i> <i>Machines (2 vol.): a) Description; b) Conduite, entretien et montage.</i> <i>Machines marines. Constructions navales.</i> <i>Chaudronnerie.</i></p>	<p><i>Chemins de fer (2 volumes).</i> <i>Cycles, motocyclettes.</i> <i>Constructions aéronautiques.</i> <i>Horlogerie.</i> <i>Instruments de chirurgie, orthopédie.</i> <i>Mécanicien frigoriste.</i> <i>Mécanique et tournage de précision.</i></p>
--	--

## X. — MANUELS D'ÉLECTRICITÉ

<p><i>Electrolyse, galvanoplastie, jurs électrique.</i> <i>Installations électriques particulières.</i> <i>Installations électriques industrielles.</i> <i>Moteurs électriques. Traction électrique.</i></p>	<p><i>Dynamos, alternateurs. Stations centrales, transport d'énergie.</i> <i>Construction de réseaux d'énergie.</i> <i>Télégraphie, téléphonie, ord. et sans.</i> <i>Appareils de mesures électriques.</i></p>
--	--

## XI. — MANUELS DES MINES ET DE LA MÉTALLURGIE

<p><i>Acéries.</i> <i>Carrières, ardoisières, plâtrières.</i> <i>Coutellerie, taillanderie.</i> <i>Fabrique d'aiguilles, épingles, plumes.</i> <i>Ferblanterie, lampisterie, poterie.</i> <i>Forgeron.</i> <i>Prospection.</i></p>	<p><i>Forges.</i> <i>Hauts fourneaux et fonderies.</i> <i>Maréchalerie, machines agricoles.</i> <i>Mineur.</i> <i>Modderie.</i> <i>Quincaillerie, clouterie, tréfileries.</i></p>
--	---

## XII. — MANUELS DES PROFESSIONS COMMERCIALES

<p><i>Assurances.</i> <i>Administration commerciale moderne.</i> <i>Banque.</i> <i>Commission expéditions.</i></p>	<p><i>Vente et représentation commerciale.</i> <i>Publicité commerciale.</i> <i>Transport (vois de terre, fer, eau, air).</i></p>
--	---

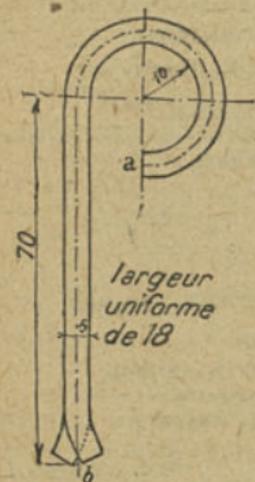
Spécimen du texte et des gravures  
du Manuel du Forgeron

TRAVAUX DEMANDÉS AU FORGERON.

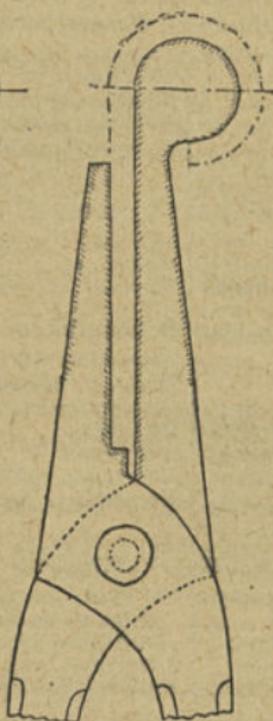
57

sions appropriées et par pression *rabat* la partie c (fig. D).

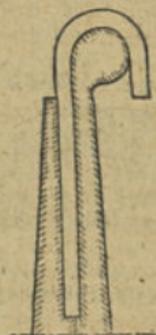
4° Tous les crampons étant ainsi préparés, il ne



A. Crampon à exécuter.



B. Tenaille



C. Repli sur épaulement.



D. Travail sur dessous d'étampe.

EXÉCUTION A LA MAIN D'UNE SÉRIE DE CRAMPONS.

reste plus qu'à pratiquer une *entaille* soit à chaud, soit à froid à l'extrémité libre, puis à *rejeter* d'un coup de marteau les deux parties ainsi obtenues de part et d'autre de l'axe.

# MANUEL DU FORGERON

Par M. LAGARDELLE, chef d'at. Éc. nat. A. et M. de Châlons.

1 vol. in-18 de 420 pages avec 253 figures. Cartonné..... 10 fr.

## \*CHAPITRE I. — La Forge.

*Bu.* — Forges diverses. — Bâti de forge métallique. — Différentes sortes de tuyères. — Soufflets. — Ventilateurs. — Aspirateurs de fumée. — Accessoires de la forge. Allumage, conduite et entretien du feu. — Position de la pièce à chauffer dans le feu. — Appréciation des différentes températures. — Nature et qualités des combustibles à employer à la forge. Forges portatives.

## CHAPITRE II. — Le forgeage (généralités).

*Matières premières employées à la forge :* Fer et ses dérivés. Règles de forgeage du fer et des aciers au carbone. Recuit des pièces forgées. — Trempe. — Revenu après la trempe. — Exemples de trempe, — Cémentation. — Différents genres de travaux demandés au forgeron.

## CHAPITRE III. — L'outillage.

*Outillage mobile.* — Marteaux. — Outils tranchants. — Outils de chasse; — de perçage; — de rivetage; — d'étampage; — de torsion; — de gabariage. — Outils servant au maniement des pièces. *Outillage fixe.* — Enclume, accessoires. Description et emploi. *Outillage de vérification.* — Calibres divers. — Gabarits. — Equerres. — Pied à coulisse. — Niveau. — Fil à plomb. — Marbre. — Trusquin. — Cales en V. — Exemple de montage pour vérification d'une pièce de forge.

## CHAPITRE IV. — Principales opérations de forgeage.

*Etirage.* — Chassage. — Mandrinage. — Perçage. — Coudes et épaulements. — Torsion. — Rivetage. — Emboutissage. — Soudures. — Brasage et soudures diverses. — Principes généraux sur le choix des échantillons, sur l'équivalence du poids ou volumes. — Tenue du forgeron et du frappeur.

## CHAPITRE V. — Application des principes de forgeage.

*Assouplissement de la main.* — Emploi du marteau seul. — Transformation d'une section carrée en section rectangulaire. — Emploi des marteaux pour l'ébauchage et des outils appropriés pour le finissage.

*Fabrication des différentes pièces :* Prisme à base carrée de 25 × 25 × 200. — Cubes : Clavettes, Tournevis, Ecrous. — Boulons. — Pitons. — Rivetage, emboutissage. — Modification des formes par refroidissement, etc.

## CHAPITRE VI. — Organisation de l'atelier.

*Etablissement du prix de revient d'une pièce de forge.*

*Conseils sur l'organisation d'un petit atelier de forge.*

*Essais à chaud.*

Spécimen du texte et des gravures  
du Manuel de Menuiserie

ASSEMBLAGES EN BOIS DE TRAVERS. 141

8° ASSEMBLER. — Pour assembler on abat légèrement les arêtes du bout du tenon pour faciliter son entrée et, après montage, on recale l'extrémité qui dépasse au rabot.

Un bon assemblage à tenon et à mortaise doit être



Fig. 155 bis. — Exécution d'une mortaise.

*juste* dans le sens de l'épaisseur; s'il force, il tend à faire éclater le bois qui a peu de résistance dans cette direction; il peut forcer légèrement dans le sens de la largeur; c'est précisément le sens dans lequel il *travaille* ordinairement.

**Assemblage à tenon et mortaise à épaulement** (fig. 156). — Lorsque le tenon se trouve à l'extrémité d'un battant, il ne prend pas toute la largeur de la traverse. RIS. BIBLIAD Université Lille Cette largeur, la partie en dehors qui s'appuie simplement sur le ba-

# MANUEL DE MENUISERIE

## Parquetage-Treillage

Par M. GODEAU, dir. des Cours prof. municip. de Chartres.

1 vol. in-18 de 300 pages, avec 368 figures. Cartonné . . . . . 10 fr.

### CHAPITRE I. — Bois employés en menuiserie.

*Développement et structure des bois. Age des bois.*

*Propriétés des bois, Hygrométrie, dessiccation, retrait, gauchissement et gerçures. Qualités et défauts, élasticité, ténacité, dureté.*

*Débit des bois. — Méthodes, débit et qualité.*

*Conservation des bois. — Epoque d'abatage.*

*Classification des bois industriels: résineux, tendres, durs, de placage.*

### CHAPITRE II. — L'outillage.

*Outillage à main. — Outils de maintien; — à débiter; — à corroyer; — à profiler; — à creuser; — à percer; — à mesurer et à tracer.*

*Outillage mécanique. — Scie à découper; — à ruban, circulaire, affûtage. — Machines à raboter; — à faire des tenons, Mortaiseuse.*

*— Toupie. — Dangers des machines. Appareils de protection.*

### CHAPITRE III. — Premières notions sur l'assemblage.

*Principales conventions du dessin de menuiserie. — Tracés usuels.*

*Choix des bois. Débit. — Corroyage, son importance. — Assemblages.*

*Qualités générales: Assemblage en bois de fil, de travers, de bout ou entures.*

*Petits travaux simples de menuiserie.*

*Moulures. — Tracé et raccord des moulures. Art de moulurer.*

### CHAP. IV. — Menuiserie du bâtiment. — Construction, pose.

*Menuiserie pleine à bois de bout: portes, volets, claires-voies, barrières.*

*Menuiserie à châssis: huisseries, portes et lambris, croisées, volets et persiennes, etc.*

*Parquetages à l'anglaise, à coupe de pierre, à bâtons rompus, à point de Hongrie, à points chevauchés, en mosaïque. Pose des lambourdes et parquets.*

*Corniches et frontons. — Tracé et construction.*

### CHAPITRE V. — Menuiserie à fausses coupes.

*Notions géométriques indispensables pour l'exécution des épures,*

*Arêtiers sur plan carré et plan rectangulaire,*

*Applications diverses: Auges, pétrins, trémies, marchepieds, etc.*

### CHAPITRE VI. — Escaliers. — Arêtiers.

*Escaliers: Notions géométriques. — Différentes parties. Calcul.*

*Epure. — Principaux types: Balancement. — Plafonds d'escaliers.*

*Arêtiers cintrés: Portes et persiennes cintrées en plan et élévation. — Voussures diverses.*

### CHAPITRE VII. — Notions sur les styles en menuiserie.

### CHAPITRE VIII. — Construction et pose des treillages.

# MANUEL DE L'ÉLECTRICIEN

## INSTALLATIONS PARTICULIÈRES

Éclairage, Chauffage, Sonneries, Tableaux indicateurs.

Par P. MAURER, prof. à l'Éc. de Méc. Industrielle.

1 vol. in-18 de 274 pages avec 147 figures, cartonné, 8 fr.

### CHAPITRE I. — Distribution de l'énergie électrique.

*Systemes de distribution.* — Distributions directes ; — indirectes.

*Canalisations souterraines ; — aériennes.*

*Branchements.* — Branchements sur canalisations souterraines — aériennes ; — à haute tension ; — collectives.

### CHAPITRE II. — Généralités.

*Dérivations.* — Distributions à plusieurs fils.

*Compteurs.* — Tarification. — Types de compteurs.

*Circuits d'éclairage.* — Circuits groupés ; — dispersés. — Division des circuits sur les réseaux à fils multiples.

*Schémas d'installation de lampes à incandescence.*

*Isolement d'une installation.* — 1. L'installation est en service ; — 2. n'est pas en service.

*Nature des lampes.* — Lampes à incandescence ; — à filament de carbone ; filament métallique ; — à atmosphère d'azote.

*Lampes à arc.* — Arc à air libre ; — en vase clos. — Régulateurs. — Installation et résistance de réglage.

*Lampes spéciales.* — Tube de Moore. — Lampe à vapeur de mercure ; — à tube de quartz.

*Nature et répartition des foyers lumineux.* — Influence des parois ; — de la couleur de la lumière ; — de l'appareillage de la lampe. — Eclairage par arc ; — intérieur.

*Conducteurs.* — Résistance mécanique. — Echauffement. — Calcul.

*Exemples d'installation.* — 1. Projet d'installation d'une fonderie ; — 2. d'un appartement. *Devis.*

### CHAPITRE III. — Exécution des installations.

*Montages en fils apparents.* — sur poulies ; — sur serre-fils ; — sur clochés. — *Épissures.* — *Isolateurs d'arrêt.* — *Montages*

*fils souples ; — sous moulures, etc.* — *Pose.* — *Montages avec*

*conducteurs sous plomb.* — *Traversée des murs et des planchers.*

— *Passage des plafonds.* — *Fixation des appareils sur les*

*murs.* — *Installations des interrupteurs et commutateurs, etc.*

*Montages des lampes.* — Lampes fixées directement au plafond ; — suspendues fixes ; — suspendues mobiles, etc.

*Lustres.* — Lustres équipés ; — non équipés ; mixtes.

*Lampes appliquées au mur.* — *Éclairage des ateliers ; — des vitrines.* — *Illuminations.* — *Enseignes lumineuses.*

### CHAPITRE IV. — Chauffage électrique.

*Production de la chaleur.* — *Procédés et appareils pratiques.*

*Détermination de la puissance d'un radiateur.*

### CHAPITRE V. — Sonneries et tableaux indicateurs.

*Sonnerie à trembleur.* — à mouvement d'horlogerie, etc. — *Schéma*

*de montage.* — *Tableaux indicateurs.* — *Générateurs d'énergie.*

# MANUEL DE L'ÉLECTRICIEN

## STATIONS CENTRALES

Dynamos, Alternateurs, Transports d'énergie.

Par A. CURCHOD,

Professeur à l'École de mécanique et d'électricité Industrielle.

1 vol. in-18 de 328 pages avec 114 figures, cartonné... 8 fr.

### CHAPITRE I. — Électricité et magnétisme.

- A. — *Corps conducteurs et corps isolants.* — Circuit électrique.  
B. — *Grandeurs électriques et unités.* — Différence de potentiel et force électromotrice. — Quantité d'électricité et intensité du courant. — Résistance. — Puissance. — Unités.  
C. — *Magnétisme et électromagnétisme.* — Des aimants. — Champ magnétique. — Electromagnétisme. — Induction électromagnétique. — Appareils de mesures électriques.

### CHAPITRE II. — Description d'une station centrale.

#### CHAPITRE III. — Des dynamos et alternateurs.

Principe des dynamos et alternateurs. — Du champ magnétique inducteur. — Courant continu ; — alternatif. — Comparaison du courant continu et du courant alternatif.

#### CHAPITRE IV. — Construction des dynamos.

#### CHAPITRE V. — Du fonctionnement des dynamos.

Généralités — Les inducteurs. — Induit. — Collecteur et balais. Étincelles aux balais et décalage des balais. — Excitation des dynamos. — Réglage de la tension. — Amorcement ; Couplage ; Défauts de fonctionnement des dynamos.

#### CHAPITRE VI. — Construction des alternateurs.

Généralités. — Inducteur (rotor). — Induit (stator).

#### CHAPITRE VII. — Fonctionnement des alternateurs.

Vitesse. — Couplage des alternateurs. — Défauts de fonctionnements des alternateurs.

#### CHAPITRE VIII. — Accumulateurs.

Définition et fonctionnement. — Divers modes de charge d'une batterie. — Du rôle d'une batterie. — Entretien d'une batterie.

#### CHAPITRE IX. — Des transformateurs.

Transformateurs statiques, rotatifs.

#### CHAPITRE X. — Tableau de distribution.

- A. — *Appareillage.* — Appareils de commande ; de réglage ; de protection.  
B. — *Tableaux de distribution.* — Installations à basse tension (courant continu) ; — à haute tension (courant alternatif).

#### CHAPITRE XI. — Canalisations électriques.

Transport et distribution de l'énergie. — Canalisations souterraines.

#### CHAPITRE XII. — Postes de transformation et sous-stations

Conditions de fonctionnement qui doivent satisfaire les distributions d'énergie.

# MANUEL DE L'ÉLECTRICIEN

## INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES INDUSTRIELLES

### I

#### CHOIX DU MATÉRIEL, DES SYSTÈMES DE DISTRIBUTION ET DES PROCÉDÉS D'INSTALLATION

par M. René CABAUD, ingénieur E. C. L. et E. S. E.  
1 vol. in-18 de 300 pages avec figures, cartonné. 8 fr.

#### CHOIX DU MATÉRIEL

I. **Études des facteurs à considérer.** — Classification des machines. — Fréquence et nombre de phases des machines à courant alternatif. — Tension. — Couple, puissance, intensité et facteur de puissance. — Vitesse. — Genre de service, échauffement, mode de refroidissement et de protection. — Rendement, consommation à vide. — Rigidité diélectrique des isolants. — Détails mécaniques.

#### CHOIX DES SYSTÈMES DE DISTRIBUTION

II. **Garanties à imposer aux constructeurs.** — Dynamo et moteur à courant continu. — Alternateur et moteur synchrone. — Moteur asynchrone. — Moteur à collecteur. — Choix à faire. — Transformateur statique. — Commutatrice. — Groupes convertisseurs. — Choix à faire.

III. **Caractéristiques utiles pour le choix de l'appareillage électrique.** — Données générales. — Appareils de connexion, de déconnexion et d'interruption ; — de réglage ; — de protection ; — de mesure. — Accumulateurs. — Appareillage d'éclairage. — Matériel de lignes.

IV. **Principes généraux de l'organisation d'une installation.** — Choix du genre de courant. — Principe de l'indépendance des circuits. — Répartition des appareils récepteurs. — Organisation de la protection des lignes et Équipement des moteurs ; — des postes de transformation et tableaux de distribution. — Force motrice sur les différents moteurs. Transmissions et commande individuelle. Détermination de la puissance. — Facteur de puissance. — Installations de lumière. — Centrales pour installations autonomes et centrales de secours.

V. — **Exemples d'installations électriques d'usines.**

#### PROCÉDÉS D'INSTALLATION

VI. **Canalisation.** — Mode de pose. — Installations sur poulies ; — sous moulures ; — sous tubes ; — sous plomb ; — en câble sur gros isolateurs porcelaine ; — en câble armé non enterré. — Mise en service d'une ligne. — Travaux divers.

VII. **Installations de tableaux, de cabines, etc.** — Tableaux de distribution. — Installations de moteurs. — Postes de transformation.

# MANUEL DE L'ÉLECTRICIEN

## INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES INDUSTRIELLES

### II

#### ENTRETIEN ET CONTROLE

Par M. René CABAUD, ingénieur E. S. E.

1 vol. in-18 de 300 pages avec figures, cartonné. 8 fr.

#### ENTRETIEN

- I. **Nécessité et organisation d'un service d'entretien des installations électriques.** — Nécessité d'un service d'entretien électrique. — Rôle du service d'entretien. — Personnel. — Outillage. — Archives et documents.
- II. **Les consignes générales du service d'entretien.** — Consignes journalières ; — hebdomadaires ; — mensuelles ; — annuelles. — Conclusion.
- III. **Enroulements et bobinage.** — Rappel de notions générales sur les enroulements des machines. — Réalisation matérielle des enroulements. — Exécution de réparations de bobinage. — Bobinages d'inducteurs à courant continu.

#### CONTROLE

- IV. **Nécessité et organisation d'un service de contrôle des installations électriques.** — Utilité d'un service de contrôle. — Un service de contrôle doit-il être formé de personnel appartenant à l'usine ou doit-il être indépendant. — Personnel d'un service de contrôle. — Matériel d'un service de contrôle. — Rôle du service de contrôle.
- V. **Les essais de contrôle.** — Emploi des appareils de contrôle. — Recherche des défauts dans les bobinages des machines ; — des défauts dans les lignes. — Essais de consommation des moteurs ; — d'échauffement en service normal. — Étude de la consommation totale de l'usine. — Essais de groupes thermiques en service. — Vérifications de compteurs. — Étalonnage des appareils de mesure. — Essais de réception. — Vérification des sections des lignes. — Étude sommaire des principales causes de mauvais fonctionnement des machines.
- VI. **Étude de questions relatives à la tarification.** — Tarification à forfait. — Tarif proportionnel au compteur d'énergie ; — avec prime fixe ; — à dépassement ; — avec majoration pour déphasage. — Majorations dues aux variations économiques. — Tarifs multiples. — Vente en haute et basse tension. — Tarification éclairage. — Prix de revient final de l'énergie. — Diverses questions relatives aux contrats,

# MANUEL DE L'ÉLECTRICIEN

## CONSTRUCTIONS DES RÉSEAUX D'ÉNERGIE

Par M. DAVAL, Ingénieur E. S. E.

1 vol. in-18, de 288 pages, avec 180 figures, cartonné... 8 fr.

### CHAPITRE I. — Différents genres de distribution.

Généralités. — Distributions directes et indirectes, haute et basse tension.

### CHAPITRE II. — Distribution directe.

Courant continu et alternatif ; — continu, réseaux à 2, 3, 5 fils.

### CHAPITRE III. — Distribution indirecte.

Courant alternatif monophasé et diphasé ; — alternatif triphasé ; — alternatif haute tension. — Postes de transformation. — Sous-stations. — Distribution série.

### CHAPITRE IV. — Règlements relatifs à la construction des réseaux d'énergie.

Règlements : 1° Lois et arrêtés. — 2° Organisation administrative des réseaux de distribution.

### CHAPITRE V. — Lignes aériennes.

Conducteurs. — Isolateurs (types courants). — Ferrures d'isolateurs. — Supports. — Poteaux métalliques. — Consoles et Potelets. — Pylônes pour lignes à haute tension ; — en béton armé. — Lignes caténares. — Appareils de coupure des lignes à haute tension. — Essais des isolateurs.

### CHAPITRE VI. — Canalisations souterraines.

Câbles armés. — Boîtes et accessoires.

### CHAPITRE VII. — Postes de transformation et de sectionnement.

Généralités. — Appareils de coupure ; — de protection et appareils de mesure. — Transformateurs.

### CHAPITRE VIII. — Montage et entretien des lignes aériennes.

Montage des supports ; — et remplacement des isolateurs. — Embranchement d'abonnés.

### CHAPITRE IX. — Montage et entretien des canalisations souterraines.

Pose et entretien des câbles armés. — Exécution des boîtes souterraines et branchements d'abonnés.

### CHAPITRE X. — Montage et entretien des postes.

Entrées de postes. — Appareils de coupure et de contrôle. — Montage des appareils de protection. — Entretien des transformateurs.

# MANUEL du MÉCANICIEN FRIGORISTE

Par L. VAUCLIN, directeur et A. LONG, chef mécanicien  
des Frigorifiques de l'Alimentation Havraise.

1 vol. in-18 de 276 pages, avec 33 figures, cartonné .... 8 fr.

---

## CHAPITRE I. — Notions générales de physique.

Pesanteur. — Systèmes de mesures. — Unités électromagnétiques ; — et valeurs importantes. — Notions de mécanique. — Force. — Énergie. — Hydrostatique. — Mouvement de l'eau. — Chaleur. — Dilatation des solides ; — des liquides ; — des gaz. — Hygrométrie.

## CHAPITRE II. — Machines à froid. Classification.

Machines à absorption ou à affinité ; — à vaporisation par le vide ; — à compression. — *La machine frigorifique à compression.* — Puissance frigorifique et rendement. — Le compresseur. — Le liquéfacteur. — Le réfrigérant ou évaporateur. — Disposition générale d'une installation. — Généralités sur le montage, la marche et le réglage des machines à compression. — Essais de la machine à l'air comprimé. Chasses d'air. Nettoyage des soupapes. — Vide dans la machine. — Remplissage de la machine. — Généralités sur la mise en marche et arrêt des machines. — Encrassement et nettoyage des serpentins du condenseur (liquéfaction) ; — des serpentins du réfrigérant (évaporateur). — Obstruction des appareils. — Joints inétanches. — Serrage régulier des joints. — Appareils respiratoires ; — de mesure.

## CHAPITRE III. — Applications.

Applications des isolants ; — du froid industriel. — Fabrication de la glace. — La conservation de la viande et les frigorifiques d'abattoirs. — La conservation du poisson et les frigorifiques de pêche ; — Conservation du lait. — Fabrication du beurre. — Chaleurs spécifiques des denrées alimentaires. — Transports. Wagons et trains frigorifiques. — Conservation des œufs ; — des fruits ; — d'étoffes, tentures, fourrures. — Le froid dans les industries de fermentation. — Applications diverses ; — du froid en chimie ; — du froid en physique,

# MANUEL DE SCULPTURE SUR BOIS

Par H. GASCHET,  
Directeur de l'Éc. Prat. de Commerce de Marmande.

1 vol. in-18 de 208 pages, avec 275 figures, cartonné... 6 fr.

---

- I. Sculpture sur bois. — II. Les sources d'inspiration. — III. Tracés géométriques. — Tracé des moulures. Moulures. — IV. Ornementation des moulures. — V. Ornementation des surfaces planes et courbes. — VI. Étude des bois. — *Bois indigènes.* — *Bois exotiques.* — VII. Outils et procédés de fixation. — VIII. Outillage de sculpteur sur bois. — IX. Procédés de sculpture sur bois. — X. Machines à sculpter. — XI. Les styles. — XII. Exercice de sculpture.
- 

# MANUEL DE TOURNAGE DU BOIS

Par H. GASCHET.

1 vol. in-18 de 240 pages, avec 301 figures, cartonné... 8 fr.

---

- I. Dessin et tracés. Instruments de dessin ; — de traçage. — II. Tracés géométriques. Angles. — Tracé des tangents. — Inscription de polygones. — Ellipse. — Parabole. — Hélice. — III. Raccordements et moulures. — IV. Corps ronds. — V. Étude des bois. — VI. Les outils pour le tournage du bois. 1. Outils pour tours à pointes. — 2. Outils pour le tour en l'air. — VII. Outils auxiliaires. — Assemblages courants. — VIII. Appareils à meuler et à affuter les outils. — IX. Préparation des bois de tournage. — X. Description de quelques tours et organes de tours. — XI. Procédés de montage et d'entraînement. Mandrins. — XII. Procédés d'exécution. — XIII. Tours spéciaux et tours automatiques. — XIV. Finition mécanique. — XV. Exercices gradués de tournage.

# MANUEL DU PEINTRE

## I

### COULEURS ET VERNIS

Par Ch. COFFIGNIER, ingénieur E. P. C. P.

1 vol. in-18 de 350 pages avec 31 figures, cartonné.... 8 fr.

#### PREMIÈRE PARTIE

##### COULEURS

- I. Généralités. — II. Laques. — III. Charges. Blanc de baryte ; — de Meudon ; — de silice — minéral. — Kaolin. — Talc. — IV. Couleurs blanches. Blanc d'antimoine ; — de titane ; — de tungstène ; — de zinc. — Céruse ; — de Mulhouse. — Lithopone. — Sulfure de zinc. — V. Couleurs bleues. Bleus de cobalt ; — cœruleum ; — égyptien ; — d'outremer, etc. — VI. Couleurs brunes. Bistre. — Brun de Florence ; — de Prusse. — Van Dyck, etc. — VII. Couleurs jaunes. — VIII. Couleurs naturelles. Minium d'aluminium ; — de fer. — Ogres : *jaunes, rouges*, etc. — IX. Couleurs noires. Noir de charbon. — Noirs divers ; — de fumée. — Fer micacé. — X. Couleurs rouges. Carmin. — Minium. — Mine-orange. — Pourpre de Cassius, etc. XI. Couleurs vertes. — XII. Couleurs violettes. — XIII. Bronzes-couleurs. — XIV. Couleurs par mélanges. Nuances bleues ; — grises ; — jaunes ; — vertes ; — violettes, — XV. Commerce des couleurs.

#### DEUXIÈME PARTIE

##### VERNIS

- I. Généralités. — II. Gommés et vernis. Résines dures ; — demi-dures ; — tendres ; — diverses. — III. Asphaltes et colorants. — IV. Résinates et linoléates. — V. Huiles. — VI. Dissolvants. — VII. Siccation des huiles. — VIII. Fabrication des vernis gras. — IX. Différents vernis gras. Vernis pour bâtiment ; — pour la carrosserie ; — industriels. — X. Propriétés des vernis gras. — XI. Fabrication des vernis à l'essence. — XII. Différents vernis à l'essence. — XIII. Fabrication des vernis à l'alcool. — XIV. Différents vernis à l'alcool. — XV. Vernis à dissolvants mélangés. Recettes. — XVI. Vernis divers. Vernis mixtes ; — au caoutchouc ; — à l'eau. — Laques. — XVII. Linoléum et toile cirée. — XVIII. Commerce des vernis.

# MANUEL DU PEINTRE

## II

### PEINTURES, ENDUITS, MASTICS

Par Ch. COFFIGNIER, Ingénieur-chimiste (E. P. C. P.)

I vol. in-18 de 250 pages, avec 30 figures, cartonné.... 8 fr.

---

#### PREMIÈRE PARTIE

##### PEINTURES

I. Généralités. — II. Broyage à l'huile. — III. Broyage à l'essence. — Couleurs industrielles, blanc de zinc, ithopone, sulfure de zinc, blancs broyés ; — diverses ; — artistiques. — IV. Broyage à l'eau. Aquarelle. Gouache. — V. Peintures à l'huile ; — blanches ; — pour intérieurs ; — pour extérieurs ; — nuancées ; — au minium ; — pour panneaux, etc. — VI. Peintures vernissées. — VII. Peintures à l'eau. — VIII. Peintures spéciales ; — à l'oxychlorure de zinc ; — antirouille ; — sous-marines ; — ignifuges ; — Smith ; — Spar ; — oxydées pures ; — contre l'humidité. — IX. Recettes de peintures : résistant aux acides ; — résistant à la chaleur ; — préservatrices ; — des faux bois ; — pour radiateurs, pour plafonds, etc.

#### DEUXIÈME PARTIE

##### ENDUITS ET MASTICS

I. Enduits. — II. Mastics ; — vitrier ; — à reboucher ; — pour joints ; — divers ; — résineux (pour verres et métaux) ; — au vernis ; — résistant à l'humidité. — Recettes diverses.

#### TROISIÈME PARTIE

##### DIVERS

Alcali. — Amiante. — Aventurine. — Bronzages. — Brou de noix. — Cires. — Colles. — Cordages. — Décapants. — Emeri. — Encaustiques. — Eponges. — Filling-up. — Graphite. — Humidité des murs. — Imperméabilisation des toiles. — Inscriptions sur verre. — Or en coquille. — Pastel. — Pâte à gesso. — Plombagine. — Ponce. — Potasse. — Produits de nettoyage. — Sanguine. — Stuc. — Siccatis solides. — Teintures. —

# MANUEL DE CONSTRUCTIONS AÉRONAUTIQUES

Par F.-R. PETIT, ingénieur diplômé de l'École supérieure d'aéronautique et de l'École pratique d'Électricité Industrielle.

1 vol. in-18 de 246 pages, avec 188 figures, cartonné... 8 fr.

## CHAPITRE I. — Considérations générales.

Résistance opposée par l'air au mouvement des corps qui s'y déplacent. — Résultats des expériences. — Résistance de l'air sur les plans inclinés. — Principe de l'aéroplane. — Divers types d'avions. — A. Monoplans. — B. Biplans et triplans. — *Manœuvre des avions.*

## CHAPITRE II. — Matériaux employés.

Métaux. — a. Aciers. — Boulonnerie. — Tubes. — Fils. — Tôles. — b. Aluminium. — c. Duralumin. — Toiles. — Enduits et vernis. — Caoutchouc.

## CHAPITRE III. — Ailes et plans.

Constitution générale d'une aile. — Longerons. — Construction des nervures ; — Nervures en bois ; — flexibles — métallique. — Montage des nervures sur les longerons. — Fixation des ailes sur les fuselages. — Plans secondaires. — Entoilage.

## CHAPITRE IV. — Fuselages.

Généralités. — Poutres de réunion. — Fuselages.

## CHAPITRE V. — Dispositifs d'atterrissage.

Généralités. — Châssis Blériot ; — Antoinette ; — R. E. P. — Nieuport ; — Bayard-Clément ; — Deperdussin.

## CHAPITRE VI. — Hélices.

Généralités. — Détermination de la surface de la pale dans l'espace. — Modelage de l'hélice. — Hélices métalliques ; — en bois ; — à charpente ; — centrifuges. — Divers types d'hélices et procédés de construction. — Hélices à pas variable.

## CHAPITRE VII. — Moteurs.

Moteurs à cylindres fixes ; — Renault à refroidissement par air ; — Hispano-Suiza à refroidissement par eau ; — Renault à refroidissement par eau ; — Salmson ; — rotatifs ; — Le Rhône.

## CHAPITRE VIII. — Dispositifs de commande.

Commandes Blériot ; — Deperdussin ; — A. O. F. ; — Bréguet, etc. IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

# MANUEL DE L'AUTOMOBILE

## CONSTRUCTION. — DIFFÉRENTS TYPES

Par M. DUBOEUF, ingénieur A. et M.

1 vol. in-18 de 300 pages avec figures, cartonné.

### I. — Construction du châssis.

### II. — Rôle, fonctionnement et description des différents organes du châssis.

Moteur. — Calculs de la puissance du moteur. — Rôle, description et fonctionnement des divers organes du moteur. — Cylindres. — Piston, bielles, vilebrequin. — Carburateur, magnéto, bougies, etc. — Graissage. — Différentes sortes de graissages. — Refroidissement, différents modes de refroidissement. — Radiateur. — Lancement électrique, embrayage. — Différentes sortes d'embrayages. — Boîte de vitesse, cardan. — Pont arrière. — Différentiel. — Essieu arrière. — Suspension arrière. — Roues amovibles. — Essieu. — Direction. — Pneumatiques. — Freins. — Différentes sortes de freins, frein sur 4 roues. — Fixation des divers organes. — Eclairage.

### III. — Construction. Montage. Réglage.

Moteur. — Carter. — Palier. — Cylindres. — Usinage. — Différents montages. — Segments. — Bielle. — Montage des vilebrequins. — Détermination des dimensions données à un arbre vilebrequin. — Différents calculs. — Équilibrage du vilebrequin. — Montage des coussinets. — Distribution. — Arbre à cames. — Usinage des soupapes, rodage, collecteur d'admission. — Collecteur d'eau. — Volant. — Usinage des différentes pièces. — Réglage du moteur. — Vérification du volume de la chambre de compression. — Réglage de la distribution ; — à la pige. — Rodage du moteur. — Établissement du pignon de la magnéto de l'arbre à cames. — Moteur à 4, 6 et 8 cylindres. — Pignon de commande de l'arbre à cames. — Embrayage. — Montage de l'embrayage à cône, détermination des dimensions essentielles. — Embrayage à disques. — Boîte de vitesse. — Carter. — Montage de la boîte. — Montage des essieux. — Usinage des fusées. — Direction. — Vérification. — Ressorts. — Établissement des dimensions du ressort, tige de lames. — Construction. — Forgeage. — Chassis ; — emboutis. — Traçage des pièces, découpage des fers, poinçonnage et rodage. — Construction des engrenages à employer sur les automobiles. — Rapports entre eux. — Usinage. — Engrenages, droit, conique et hélicoïdaux. — Montage des roulements à billes.

# MANUEL DES CHEMINS DE FER

par M. BOURDE, Ingénieur des Travaux publics de l'État.

1 vol. in-18 de 450 pages avec 300 figures et planches, cartonné.

## PREMIÈRE PARTIE

### LEVÉ DE PLAN. — NIVELLEMENT

- I. Levé de plan. — Notions générales. — Jalonnage. — Chafnage. — Goniomètre. — Méthodes de levé. — II. Notions générales. — Niveau. — Les Mires. — Méthodes de nivellement. — III. Représentation du terrain. — Divers modes de représentation.

## DEUXIÈME PARTIE

### DISPOSITIONS GÉNÉRALES

- I. Définitions. — II. Des fonctions générales des diverses parties. — Voie. — Ballast. — Banquettes. — Fossés. — Talus. — Profil général d'un chemin de fer. — III. **Conditions générales des tracés.** — Diverses phases de la construction. — Etudes préliminaires. — Conditions d'établissement. — IV. **Études définitives.** — Étude sur carte ; — sur le terrain ; — au bureau. — Piquetage et levé des profils. — V. **Rédaction des projets.** — Nomenclature et disposition des pièces. — Calcul des profils en travers. — Cubature des terrains. — Calcul approximatif des terrassements supposant le terrain horizontal dans les profils en travers ; — Du mouvement des terres. — Métré des ouvrages d'art.

## TROISIÈME PARTIE

### CONSTRUCTION DES CHEMINS DE FER

- I. Généralités. — II. Infrastructure. — Terrassements. — Chargement, transport et déchargement. — Organisation des chantiers. — Exécution des remblais. — Consolidation et Assainissement des talus et de la plate-forme. — III. **Ouvrages d'art.** — Ouvrages d'art destinés à assurer l'écoulement des eaux ; — destinés au rétablissement des communications ; — exceptionnels. — Construction des ouvrages d'art. — IV. Fondations. — Classification de terrains. — Terrains compressibles ; — incompressibles ; — compressible superposé à un terrain incompressible ; — indéfiniment compressible. — Précautions à prendre dans les terrains affouillables. — V. **Maçonnerie.** — Matériaux. — Composition des mortiers et bétons. — Fabrication. — Exécution des maçonneries. — VI. Bois et métaux. — Bois. — Métaux. — Peinture. — VII. **Superstructure.** — Éléments de la voie. — Disposition des éléments de la voie. — Pose de la voie en courbes ; — de la voie des tramways sur les accotements des routes. — Appareils de voie. — VIII. Voies diverses. — IX. **Bâtiments.** — Bâtiments de voyageurs. — Installations nécessaires pour l'alimentation des machines. — X. **Dépenses de construction.** — Dépenses générales ; — d'infrastructure.

# MANUEL DE VANNERIE

(Technologie vannière)

PAR

**Eug. LEROUX**

Ingénieur-agronome,  
Directeur,  
A l'École nationale d'Osiéiculture et de Vannerie de Fayl-Billot.

**R. DUCHESNE**

Chef de fabrication,  
Professeur,

1 vol. in-18 de 376 pages, avec 271 fig., cartonné..... .. 10 fr.

## I. — Notions générales.

Outillage. — Matières premières employées en vannerie.

## II. — Grosse vannerie.

Travail en plein. — Les fonds ; les montants ; les torches ; les cordons ; torche sur le bout dans un panier rectangulaire en travail piqué ; la clôture ; bordures ; les emboîtages ; pied d'osier ; épluchage du panier ; les anses ; les couvercles et leurs attaches les fermetures.

## III. — Travail à jour de grosse vannerie.

Panier à jour simple ; le croisé simple ; le croisé double ; travail à jour renforcé.

## IV. — Vannerie rustique.

## V. — Vannerie à monture de chêne.

## VI. — Garnitures accessoires.

## VII. — Les emballages.

VIII. — Articles de grosse vannerie non compris dans les emballages.

## IX. — Vannerie fine.

Travail de l'osier rond ; — du rotin filé ; — d'osier rond et d'éclisses.

## X. — Articles de vannerie fine.

Articles de provision ; — de pêche ; — de voyage ; — de table ; — de bureau ; — divers.

## XI. — La vannerie de luxe.

La chaise. — Le fauteuil. — Le canapé. — Les tables. — Tabouret de pied. — Chaise-longue. — La sellette ou piédestal. — Corbeille sur pied. — Meubles suisses. — Mesures de fauteuil pour enfants.

# MANUEL DU TANNEUR, DU CORROYEUR ET DU MÉGISSIER

Par M. Huc, professeur de l'Enseignement technique  
à Mazamet.

1 vol. in-18 de 300 pages avec 150 figures, cartonné.

## CHAPITRE I. — La chimie du Tanneur.

La chimie générale. — L'eau en tannerie. — Les tannins. — Les composés du chrome. — Acides. — Bases. — Sels. — Corps gras. — Savons. — Gommés-Laques. — Substances tannantes végétales. — Tanins synthétiques. — Matières colorantes artificielles. — Matières colorantes naturelles. — Mordants. — Tables numériques.

## CHAPITRE II. — Technologie de la Tannerie et de la Mégisserie. Corroyage.

Structure de la peau. — Conservation des peaux. — Défauts des peaux. — Diverses parties d'une peau et considérations pratiques. — Le travail de rivière. — Tannage végétal ; — minéral. — Corroyage. — Cuirs battus ; — lisses ; — en suif. — Vaches en huile. — Veau ciré. — Cuirs de Russie. — Mégisserie. — Peaux houssées. — Parcheminerie. — Le cuir au chrome. — Cuir verni. — Travail des fourrures. — Utilisation des peaux de lapin. — Courroies. — Étude complète d'une fabrication suivie. — Mégissage des peaux de lapins et sauvagines. — Utilisation de la tanée. — Récupération des corps gras dans les déchets de corroirie.

## CHAPITRE III. — Travaux pratiques.

La balance d'essais. — Estimation des tanins. — Burette de Mohr. — Liqueur titrée d'acide oxalique. — Alcalimétrie. — Liqueur titrée de soude caustique. — Solution titrée d'acide sulfurique. — Acidimétrie. — Essai d'une chaux ; — du sulfure de sodium ; — d'un bichromate. — Comment reconnaître le cuir chromé. — Reconnaître si un cuir a été chromé à un ou deux bains. — Reconnaître si le tannage au chrome a été poussé à fond. — Préparation de l'huile de bouleau ; — des huiles sulfonées. — Considérations sur les dégras et préparation de ces substances. — Détermination des points de congélation des huiles ; — du titre des suifs. — Essai de prétannage à la quinone. — Démontage (peau tannée au végétal). — Eclaircissement des cuirs (tannés au végétal). — Blanchiment des cuirs (tannés au végétal). — Pratique du picklage et du dépicklage. — Essai comparatif des colorants ; — de solidité de teinture. — Genèse des couleurs. — Échantillonnage. — Le journal d'essais. — Instructions pratiques pour la teinture. — Recherche qualitative des tanins. — Contrôle du tannage. — Identification des colorants usuels.

# MANUEL DE CORDONNERIE

Par M. A. LIEGEART, directeur de l'École pratique  
et des Cours professionnels de Romans.

1 vol. in-18 de 350 pages avec figures, cartonné.

## APPLICATIONS DU PATRON ET NOTIONS TECHNOLOGIQUES RELATIVES A LA CONSTITUTION DU PIED ET A LA CHAUSSURE.

- I. Le pied. — Morphologie. — Mesures. — II. Forme. — Étude de la forme. — Proportion. — III. Matières premières employées dans la fabrication de la chaussure. — Notions élémentaires sur le tannage et le corroyage. — Vernis. — Lacets. — Doublures. — Claques, etc... — Mesures des peaux. — Le tissu. — IV. La chaussure. — Différentes parties que doit remplir une chaussure rationnelle. — Chaussures sur mesure ; — fabriquées mécaniquement. — Différents types de chaussures. — Chaussures modernes et de luxe. — V. Éléments constitutifs de la chaussure. — Cuir à dessus et à dessous. — Le semelage. — La première, forme et rôle. — L'entre-deux. — La semelle extérieure.

### PATRONAGE.

- I. La première. — Tracé. — Ajustage. — Procédés de tracés de premières. — Premières sur pied. — II. Le patron. — Plan. — Procédés de dressage ; — pour habillage de la forme. — Tracés et greffage de la tige sur le patron plan. — III. Le patron de doublure, et les claques. — Claques rondes. — Plan carré. — Patron de coupe. — Talonnettes. — Bouts rapportés. — Plan de coupes, etc... — IV. Les quartiers. — V. Souliers bas et brodequins. — VI. Applications de règle du patronage. — VII. Les séries ; — de premières ; — de patron plan ; — obtenues par la méthode dite « au cliché ». — Exécution de séries de patron de détails.

### LA COUPE.

- I. Coupe et débit des cuirs. — Cuir à semelles ; — à dessus. — Différentes peaux. — II. Travail à la main. — Outillage. — III. Le cousu main. — Montage. — Couture. — Talon. — Finissage. — IV. La fabrication mécanique. — V. La fabrication mécanique des tiges. — Couture. — Machine à coudre. — Apprêts. — VI. Patronage et coupe des tiges.

## EXÉCUTION DE LA CHAUSSURE COUSUE MAIN ET TRAVAIL MÉCANIQUE

- I. La fabrication mécanique. — II. Montage et couture. — III. Le finissage.

### APPLICATIONS DIVERSES. — PROGRAMME

# MANUEL DE PARFUMERIE

par M. LAZENNEC,

Préparateur à l'Institut de Chimie appliquée  
de la Faculté des Sciences.

I vol. in-18 de 250 pages avec figures, cartonné..... 6 fr.

## PREMIÈRE PARTIE

### LES MATIÈRES PREMIÈRES

- I. Matières premières employées en parfumerie. — II. Les parfums d'origine végétale. — Le parfum dans la plante. — Extraction des essences ; — du parfum par macération ; — du parfum par enfleurage ; — par les dissolvants ; — par expression. — Épuration des essences. — Rendement des végétaux en essences. — Propriétés générales des essences. — Falsification des essences. — III. Étude des principales essences. — Amandes amères. — Angélique. — Anis. — Aspic. — Badiane. — Bergamotte. — Camphre. — Cannelle. — Citron. — Citronnelle. — Eucalyptus. — Géranium. — Giroflée. — Iris. — Jasmin. — Lavande. — Menthe. — Nérol. — Patchouli. — Rose, etc... — IV. Parfums d'origine animale. — Ambre. — Musc. — Civette. — V. Parfums artificiels et synthétiques. Produits extraits des huiles essentielles. — Anéthol. — Citral. — Géraniol. — Menthol, etc... — Produits obtenus par synthèse chimique. — Alcools et éthers. — Acétones. — Dérivés Nitrés, etc...

## DEUXIÈME PARTIE

### PRÉPARATION DES PARFUMS

- I. Eaux aromatiques, infusions et teintures ; — Eau de fleurs d'orange, de lavande, etc... — II. Extraits composés. — Eaux de toilette ; — de Cologne. — Vinaigres de toilette. — Formule pour la préparation de la Bergamotte, de Foin coupé. — Extrait d'Héliotrope, de Lilas blanc, de Muguet, de peau d'Espagne ; — de Roses ; — de Violette. — Eaux de toilette ou lotions. — Formule pour la lotion au Portugal, de Lavande, d'Héliotrope, de Quinine. — Eau de Cologne russe à faible degré ; — ambrée ; — antiseptique. — Vinaigres de toilette à l'Éillet, au Romarin. — III. Les dentifrices. — Elixirs dentifrices. — Formules, poudre, pâte, savon. — IV. Crèmes pour le visage. — Lait de toilette (formules et méthodes de préparation). — V. Huiles. — Pommades. — Brillantines. — Cosmétiques (formules et méthodes de préparation). — VI. Poudres de riz ; — pour sachets. — Formules et méthodes de préparation. — VII. Les fards. — Fards secs ; — liquides ; — gras. — Crayons. — Formules et méthodes de préparation. — VIII. Teintures pour les cheveux ; — à base de sel minéral ; — à base organique. — à base végétale. — Formules et méthodes. — IX. Épilatoire. — X. Parfums d'appartement. — Liquides fumigatoires. — Poudres et pastilles fumigatoires. — Papiers fumigatoires. — Papier d'Orient ; — anglais. — XI. Savons. — Préparations générales des savons. — Divers procédés. — Formules de préparations : à Iris, à Liliad, Université, Lille 1a, Verveine, etc... — Savons en poudre ; — à barbe, etc...

# MANUEL DE SUCRERIE

## TECHNOLOGIE SUCRIÈRE

Par M. ROUBERTY,

Ancien chimiste aux raffineries Say et Lebaudy,  
Professeur de Chimie industrielle aux laboratoires Bourbouze.

I vol. in-18 de 300 pages avec 50 figures, cartonné... 8 fr.

### I. — Le sucre de betterave.

#### II. — Culture de la betterave à sucre.

Plantation. — Variétés.

#### III. — Fabrication du sucre de betterave.

Arrivée à l'usine. — Diffusion. — Fours à chaux. — Épuration.  
— Travail des écumes. — Évaporation. — Turbinage.

#### IV. — Le sucre de canne.

Chimie des sucres. — Combinaisons. — Culture. — Extraction.  
— Fabrication.

#### V. — Le raffinage.

Travail des sucres bruts. — Filtration. — Décoloration. — Épu-  
ration. — Blanchiment. — Étuvage.

#### VI. — La mélasse.

Divers procédés.

#### VI. — Contrôle chimique de la fabrication du sucre.

Méthodes employées. — Analyses. — Réfraction. — Appareils.  
— Procédés. — Liqueurs. — Différents dosages, méthodes dé-  
taillées.

#### VIII. — Analyses de sucrerie.

Analyses des betteraves. — Cossettes fraîches. — Jus de diffu-  
sion. — Cossettes épuisées. — Écumes de défécation, etc.

#### IX. — Le contrôle chimique dans les sucreries de cannes.

Canne. — Bagasse. — Jus de première et de deuxième pression.  
— Jus vert. — Sirop. — Tourteaux de filtres-presses. — Masses  
cuites de premier et deuxième jet. — Mélasse. — Sucre de  
premier jet. — Bas produit.

#### X. — Acidimétrie. Alcalimétrie. Liqueurs titrées.

#### XI. — Essai des matières premières.

Essais des calcaires et des chaux ; — d'un noir animal ; — des  
noirs résidus ; — des charbons ; — d'une graisse consistante ;  
— des graisses. — Graisses neutres. — Détermination des  
matières saponifiables ; — des huiles non falsifiables. — Do-  
sage des

# MANUEL DES ENCRES, CIRAGES, COLLES

Par M. DE KEGHEL, Ingénieur chimiste E. P. C. P.

1 vol. in-18 de 400 pages avec figures, cartonné. 10 fr.

## LES ENCRES ET LEUR FABRICATION

I. Généralités. — II. Les différentes espèces d'encres. — III. Encres à écrire. — IV. Encres noires. — V. Chimisme des encres noires. — VI. Les matières premières entrant dans la préparation des encres. — VII. Matières premières pour encres noires. — VIII. Dispositif et installations pour la fabrication des encres. — IX. La formation des encres gallo-tanniques. — X. Les anti-septiques. — XI. La préparation des encres ferro-galliques. — XII. Les encres au tanin. — XIII. Les encres à l'acide gallique. — XIV. Encres à bases d'extraits tinctoriaux. — XVI. Encres d'alizarine. — XVII. Encres colorées. — XVIII. Encres d'aniline. — XIX. Encres à copier. — XX. Encres sympathiques. — XXI. Encres de sûreté. — XXII. Encres solides et encres en poudre. — XXIII. Les encres Hectographiques. — XXIV. Encres pour stylographes. — XXV. Encres diverses, encres pour écrire sur métaux. — XXVI. Détermination de l'ancienneté des écrits à l'encre

## LES CIRAGES CRÈMES POUR CUIRS ET LEUR FABRICATION MODERNE

I. Les cirages. — II. Les matières premières pour cirages. — III. Les cirages et leur fabrication. — IV. Les cirages à l'acide. — V. Cirages sans acides. — VI. Les crèmes et pâtes pour chaussures. — VII. Matières premières : crèmes à l'essence. — VIII. Les crèmes à l'essence. — IX. Les crèmes à l'eau. — X. Crèmes mixtes. — XI. Préparations diverses. Crèmes en poudre pour chaussures. — XII. Encaustiques et produits à polir. — XIII. Emballage et conservation des crèmes et cirages.

## LES COLLES ET ADHÉSIFS ET LEUR FABRICATION MODERNE

I. Les colles. — II. Les matières premières (la colle forte ou colle de peau, colle d'os ou colle gélatine, colle de poisson, gomme). — III. Préparation des colles (colles fortes liquides, colle à la bouche, préparations diverses à base de colle forte ou colle de poisson, colle de fécule ou d'amidon). — IV. Enduits adhésifs et mastics. — Mastics gras. — Mastics résineux. — Mastics divers.

# Bibliothèque des Connaissances Utiles

à 7 fr. 50 le volume broché et 10 fr. le volume cartonné

Collection de 100 volumes in-16 illustrés, d'environ 400 pages

- Arnou.** Manuel de l'épicier.  
 — Manuel du confiseur.  
**Arnould.** La Basse-Cour.  
 — Le Rucher.  
 — Constructions rurales.  
**Auscher.** Art de découvrir les sources.  
**Aygalliers.** Olivier et huile d'olive.  
**Barré.** Manuel du génie sanitaire,  
 2 vol.  
**Baudouin.** Les eaux-de-vie.  
**Beauvisage.** Les matières grasses.  
**Bel.** Les maladies de la vigne.  
**Bellair.** Les arbres fruitiers.  
**Berger.** Les plantes potagères.  
**Bianchon.** Canards, oies, cygnes.  
 — L'art de détruire les animaux nuisibles.  
 — L'industrie des fleurs artificielles.  
**Bois.** Le petit jardin.  
 — Les plantes d'appartement.  
 — Les orchidées.  
**Bourrier.** Les industries des abattoirs.  
**Brévans.** La fabrication des liqueurs.  
 — Les conserves alimentaires.  
 — Les légumes et les fruits.  
 — Le pain et la viande.  
**Brunel.** Agenda du photographe.  
**Brunet.** Aide-Mémoire de l'Agriculteur.  
**Capus.** Guide du naturaliste.  
**Champetier.** Les maladies du cheval.  
**Clerc.** Aide-Mém. de photographie.  
**Coupin (H.).** L'aquarium d'eau douce.  
 — L'amateur de coléoptères.  
 — L'amateur de papillons.  
**Cuyer.** Le dessin et la peinture.  
**Dallet.** Les merveilles du Ciel.  
**Denaiffe.** La culture fourragère.  
**Dujardin.** L'essai commercial des vins.  
**Dumont.** L'alimentation du bétail.  
**Dupont.** L'âge du cheval.  
**Durand.** Manuel de viticulture.  
**Dussuc.** Les ennemis de la vigne.  
**Fitz-James.** La pratique de la viticulture.  
**Fontan.** La santé des animaux.  
**Gallier.** Acheteur de chevaux.  
 — Le cheval anglo-normand.  
**Gobin.** Pisciculture en eaux douces.  
 — Pisciculture en eaux salées.  
**Gourret.** Les pêcheries de la Méditerranée.  
**Graffigny.** Les ballons dirigeables.  
 — Les industries d'amateurs.  
**Granger.** Les fleurs du Midi.  
**Guénaux.** L'élevage du cheval.  
**Gunther.** Méd. vétér. homœop.  
**Guyot.** Les animaux de la ferme.  
**Hall.** Le sol en agriculture.  
**Héraud.** Les secrets de la science.  
 — Les secrets de l'alimentation.  
 — Les secrets de l'écon. domestique.  
 — Jeux et récréations scientifiques,  
 2 vol.  
**Hisard.** Formulaire de photographie.  
**Jouenne et Perreau.** Pêche en mer.  
**Lacroix-Danliard.** La plume d'oiseaux.  
 — Le poil des animaux et fourrures.  
**Larbalétrier.** L'alcool.  
**Larue.** Matériel agricole.  
**Lefèvre.** Le chauffage.  
**Le Hello.** Examen du cheval.  
**Loeard.** Manuel d'ostréiculture.  
 — La pêche et les poissons d'eau douce.  
**Londe.** Aide-Mémoire de photographie  
**Marec.** Electricité à la maison.  
**Mégnin.** Nos chiens.  
**Montillot.** L'amateur d'insectes.  
 — Les insectes nuisibles.  
**Montserart et Brisac.** Le gaz.  
**Moreau.** Les oiseaux de volière.  
**Pertus.** Le chien.  
**Petit.** Engrais en horticulture.  
**Piessé.** Histoire des parfums.  
**Poncins (de).** Motoculture pratique.  
**Rellier.** Guide de l'éleveur du cheval.  
**Riche.** Monnaies, médailles, bijoux.  
**Rolet.** L'industrie laitière.  
**Rudolph.** Manuel du jardinier.  
**Saint-Loup.** Les oiseaux de parcs.  
**Sauvaigo.** Cultures du Midi.  
**Thierry.** Les vaches laitières.  
**Vincent.** Manuel de floriculture.

# Encyclopédie Industrielle

Collection de volumes in-18 de 400 à 500 pages, illustrés

1<sup>re</sup> série à 10<sup>fr.</sup> le volume broché :

- |   |   |
|---|---|
| Auscher et Quillard. <i>Céramique</i> , 2 vol.            | Halphen et Arnould. <i>Essais commerciaux</i> , 2 vol.        |
| Bailly. <i>L'Industrie du Blanchissage</i> .              | Joulin. <i>L'Industrie des Tissus</i> .                       |
| Barral. <i>Analyse chimique qualitative</i> .             | Keghel (de). <i>Conservation des bois</i> .                   |
| — <i>Analyse chimique quantitative</i> , 2 vol.           | Lallié. <i>Le Froid industriel</i> .                          |
| — <i>Analyse chimique biologique</i> , 2 vol.             | Knab. <i>Les Minéraux utiles</i> .                            |
| Biège. <i>Industrie du gaz</i> .                          | Lannay (A. de). <i>L'Argent</i> .                             |
| Bouant. <i>Le tabac</i> .                                 | Leduc. <i>Chaux et Ciments</i> .                              |
| Boutroux. <i>Le Pain et la Panification</i> .             | Lefèvre. <i>L'Acétylène</i> .                                 |
| Brochet. <i>La Galvanoplastie</i> .                       | Lejeal. <i>L'Aluminium</i> .                                  |
| Chercheffshy. <i>Analyse des corps gras</i> , 2 vol.      | Leroux et Revel. <i>La traction mécanique</i> .               |
| Coffignal. <i>Verres et émaux</i> .                       | Montpellier. <i>Les Accumulateurs</i> .                       |
| Convert. <i>L'Industrie agricole</i> .                    | Pêcheux. <i>Précis de Métallurgie</i> .                       |
| Coreil. <i>L'Eau potable</i> .                            | — <i>Manipulations et mesures électriques industrielles</i> . |
| Ducharne et Vialettes. <i>Manuel de l'Orfèvre</i> .       | Poutiers. <i>La Menuiserie</i> .                              |
| Dupont. <i>L'Industrie des Matières colorantes</i> .      | Puget. <i>Cuir et Peaux</i> .                                 |
| Fabrègue. <i>Chauffage central</i> .                      | Puget. <i>Savons et Bougies</i> .                             |
| Gautier. <i>Sophistication et analyse des vins</i> .      | Puget. <i>Fabrication du papier</i> .                         |
| Girard. <i>Cours de Marchandises</i> .                    | Riche et Forest. <i>L'Art de l'Essayeur</i> .                 |
| Gondy. <i>Horlogerie</i> .                                | Schceller. <i>Les Chemins de fer</i> .                        |
| Guichard. <i>L'Eau dans l'Industrie</i> .                 | Sidersky. <i>Usages industriels de l'alcool</i> .             |
| Guichard. <i>La Distillerie</i> , 3 vol.                  | Sidersky. <i>Sucrierie</i> .                                  |
| Guillet. <i>L'Electrochimie et l'Electrometallurgie</i> . | Trillat. <i>L'Industrie en Allemagne</i> .                    |
| Haller. <i>L'Industrie chimique</i> .                     | Trillat. <i>Les Produits chimiques</i> .                      |
| Halphen. <i>La Soude</i> .                                | Vignon. <i>La Soie</i> .                                      |
|   | Vivier. <i>Essais des Matières agricoles</i> .                |
|   | Weil. <i>L'Or</i> .   |
|   | Weiss. <i>Le Cuivre</i> .                                     |
|   | Witz. <i>La Machine à vapeur</i> .                            |

2<sup>e</sup> série à 15 fr. le volume broché :

- |  |   |
|--|---|
| Barni, Montpellier et Marec. <i>Le Monteur électricien</i> . | Letombe et Lacoïn. <i>Moteurs</i> .                     |
| Delsalme et Pierron. <i>Couleurs et Vernis</i> .             | Pêcheux. <i>Physique et Electricité industrielles</i> . |
| Jumelle. <i>Huiles végétales</i> .                           | Piessé. <i>Chimie des Parfums</i> .                     |
|  | Witz. <i>Les Gazogènes</i> .                            |

# MANUEL DU FABRICANT DE JOUETS

Par M. BROUQUET, Inspecteur de l'Enseignement technique.

1 vol. in-18 de 300 pages, avec 183 figures, cartonné..... 10 fr.

L'art appliqué à la fabrication des jouets.

Modelage.

Le moulage.

Moulage en plusieurs pièces.

Outils utilisés pour la fabrication des jouets.

Outils pour le découpage du bois.

Colles employées.

Métaux employés.

Bois employés.

Peaux les plus employées dans l'industrie du jouet.

Moule.

La poupée.

Décoration des têtes de poupées en porcelaine.

Jouets en carton moulé.

Jouets en pâte de carton compressée.

Fabrication des animaux en tissus.

Tambour.

Le Diable.

Evolution du jouet en métal.

Jouets en fer blanc.

Coffre-fort.

Fabrication des jouets en fer blanc marchant mécaniquement.

L'hélice.

Le ballon dirigeable.

Fabrication des bêtes à bon Dieu, scarabées, souris, tortues et autres jouets en métal décoré.

Décoration des jouets au moyen du chromographe.

Jouets électriques.

Fabrication des jouets fonctionnant au moyen de l'électricité.

Petites machines-outils.

Le canon de 75.

Genium.

La terre développée.

Presse lithographique.

Locomotive Compound à quatre cylindres du type « Baltic ».

Jouets automatiques.

La décoration au pochoir.

Le cheval de bois.

Brouettes et charrettes.

# MANUEL DE L'OUVRIER FUMISTE EN BATIMENT

Par A. BELLONI, professeur en chef de l'Ecole pratique d'application de la Chambre syndicale de la Fumisterie.

1 vol. in-18 de 400 pages, avec 200 figures, cartonné.... 10 fr.

## I. — Eléments.

Outilsage.

## II. — Matériel.

Outils spéciaux à la profession.

## III. — Matériaux.

Briques. — Les Boisseaux. — Les poteries. — Les wagons. — Carreaux de terre cuite. — Carreaux de faïence. — La terre à four. — Le coulis réfractaire. — La chaux. — Le plâtre. — Les fers.

## IV. — Objets fabriqués.

Les montants de tuyaux. — Objets fabriqués pour cheminées. — Appareils calorifiques. — Rétrécissements en faïence. — Rétrécissements en fonte. — Trappes. — Bouches de chaleur. — Objets fabriqués pour poêles. — Fourneaux de cuisine portatifs. — Hottes. — Ventilation.

## V. — Travaux manuels.

Ramonage.

## VI. — Réparations de petit entretien.

Cheminées. — Poêles. — Fourneaux. — Calorifères. — Chaudières.

## VII. — Pose et installation de cheminées portatives.

VIII. — Scellements en plâtre et en ciment — Raccords.  
Les raccords. — Scellements de mitres, mitrons et montant de tuyaux hors comble.

## IX. — Ouvrages en briques.

Murs de diverses épaisseurs. — Taille de briques. — Démaigri. — Jambages. — Appareillage. Liaisonnement. — Parement. — Arrachements. — Enduits.

## X. — Conduits de chaleur et de fumée.

## XI. — Cheminées d'appartement.

Chambranles en marbre. — Construction d'intérieurs de cheminées. — Construction des intérieurs ou foyers de cheminées. — Pose et installation d'appareil Fondet. — Cheminées avec appareils Mousseron, Parisiens ou similaires. — Cheminées à la Rumford. — Construction de trémies. — Etalement de planchers.

## XII. — Fourneaux de cuisine.

Fourneaux portatifs. — Fourneaux de construction. — Bouilleurs de fourneau. — Revêtements en faïence. — Hottes de cuisine. — Construction de poêles en faïence. — Construction de calorifères de cave à air et à eau.

# MANUEL DU PROSPECTEUR

Par P. BRESSON, ingénieur civil des Mines.

1 vol. in-18 de 300 pages, avec 150 figures, cartonné..... 40 fr.

## PREMIÈRE PARTIE. — NOTIONS DE GÉOLOGIE.

CHAPITRE I. — Formation des gisements métallifères.

CHAPITRE II. — Classification des gisements métallifères.

A. Classification. — B. Gisements plutoniens. — C. Gisements secondaires. — D. Gisements filoniens ou hydrothermaux.

## DEUXIÈME PARTIE. — PROSPECTION

CHAPITRE I. — Etudes sur le terrain.

Géologue et prospecteur. — Recherche dans les alluvions. — Recherches des gisements en place. — Echantillonnage. — Lecture des cartes géologiques. — Accoutrement du prospecteur. — Prospection en pays isolés.

CHAPITRE II. — Etude des roches.

Roches éruptives et métamorphiques. — Roches sédimentaires.

CHAPITRE III. — Etude des minéraux.

Caractères cristallographiques. — Caractères extérieurs des cristaux. — Caractères chimiques.

CHAPITRE IV. — Etude des minerais.

Aluminium. — Antimoine. — Argent. — Arsenic. — Baryum. — Bismuth. — Bore. — Calcium. — Carbone. — Chrome. — Cobalt. — Cuivre. — Etain. — Fer. — Fluor. — Glucinium. — Lithium. — Magnésium. — Manganèse. — Mercure. — Molybdène. — Nickel. — Or. — Pierres précieuses. — Platine, iridium, etc. — Plomb. — Potassium. — Sélénium. — Silice et Silicates. — Sodium. — Soufre. — Strontium. — Tellure. — Terres rares. — Titane. — Tungstène. — Uranium — Radium. — Vanadium. — Zinc.

Travaux d'exploration. — Sondage. — Evaluation d'un gisement. — Tableau de reconnaissance des minerais. — Méthodes d'exploitation. — Soutènement. — Aérage. — Eclairage. — Circulation du personnel. — Exhaure. — Chantiers. — Galeries. — Plans inclinés. — Puits. — Triage à la main. — Enrichissement mécanique. — Traitement mécanique. — Organisation générale. — Conclusion.

# MANUEL DU MINEUR

Par J. DENIS, Ingénieur civil des Mines.

1 vol. in-18 de 360 pages, avec 200 figures, cartonné..... 10 fr.

## CHAPITRE I. — Notions géologiques sur le terrain houiller.

Principales roches du terrain houiller. — Couches de houille.

## CHAPITRE II. — Abatage.

Abatage à la main. — Abatage aux explosifs. — Abatage mécanique. — Disposition des chantiers d'abatage.

## CHAPITRE III. — Boisage et soutènement.

Travail des bois. — Méthodes de boisage. — Méthodes diverses de soutènement.

## CHAPITRE IV. — Remblayage.

Remblayage à la main. — Remblayage hydraulique.

## CHAPITRE V. — Transports.

Transports souterrains. — Transport au chantier. — Roulage dans les plans inclinés. — Roulage dans les galeries principales. — Transport dans les puits ou extraction.

## CHAPITRE VI. — Aérage, grisou et poussières.

Généralités sur l'aérage. — Grisou. — Organisation de l'aérage. — Poussières de houille. — Eclairage des travaux souterrains.

## CHAPITRE VII. — Epuisement.

Aménagement des eaux. — Epuisement des eaux.

## CHAPITRE VIII. — Fonçage des puits.

Exécution du fonçage. — Soutènement provisoire. — Soutènement définitif. — Fonçage en terrains très aquifères.

## CHAPITRE IX. — Accidents et sauvetages.

Eboulements. — Explosions. — Feux. — Inondations. — Coups d'eau. — Premiers soins à donner aux blessés.

## Lectures des plans de mines.

Réglage et emploi de l'indicateur de grisou Chesneau. — Observation des auréoles. — Recommandations pour les tournées dans les travaux.

# ENCYCLOPÉDIE

## Technologique et Commerciale

PAR

**E. D'HUBERT**  
 Professeur  
 à l'École supérieure  
 de Commerce de Paris.

**H. PÉCHEUX**  
 Sous-Directeur  
 de l'École d'Arts et Métiers  
 de Lille.

**A.-L. GIRARD**  
 Directeur  
 de l'École de Commerce  
 de Narbonne.

*Collection nouvelle en 24 vol. in-16 de 100 p. avec fig., cart., à 2 fr. 50.*

### I. — LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION ET D'ORNEMENTATION.

- |   |          |
|---|----------|
| 1. — Le bois et le liège.....                               | 2 fr. 50 |
| 2. — Les pierres, les marbres, les ardoises, le plâtre..... | 2 fr. 50 |
| 3. — Les chaux et ciments, les produits céramiques.....     | 2 fr. 50 |
| 4. — Les verres et cristaux, le diamant et les gemmes.....  | 2 fr. 50 |

### II. — LA MÉTALLURGIE.

- |   |          |
|---|----------|
| 5. — Les minerais, les métaux, les alliages.....                            | 2 fr. 50 |
| 6. — Les fers, fontes et aciers.....  | 2 fr. 50 |
| 7. — Les métaux usuels (cuivre, zinc, étain, plomb, nickel, aluminium)..... | 2 fr. 50 |
| 8. — Les métaux précieux (mercure, argent, or, platine)...                  | 2 fr. 50 |

### III. — LA GRANDE INDUSTRIE CHIMIQUE.

- |   |          |
|---|----------|
| 9. — Les matières premières (eau, glace, air liquide, combustibles).....  | 2 fr. 50 |
| 10. — Les matières éclairantes (pétrole, gaz d'éclairage, acétylène)..... | 2 fr. 50 |
| 11. — Le chlorure de sodium, le sel, les potasses, les sodes.....         | 2 fr. 50 |
| 12. — Les acides chlorhydrique, azotique, sulfurique.....                 | 2 fr. 50 |

### IV. — LES PRODUITS CHIMIQUES.

- |  |          |
|--|----------|
| 13. — L'oxygène, l'ozone, l'ammoniaque, les vitriols, les aluns.....                                 | 2 fr. 50 |
| 14. — Le salpêtre, les explosifs, les phosphates et les engrais, le phosphore et les allumettes..... | 2 fr. 50 |
| 15. — Les couleurs, les matières colorantes, la teinturerie...                                       | 2 fr. 50 |
| 16. — Les parfums, les médicaments, les produits photographiques.....                                | 2 fr. 50 |

### V. — LES PRODUITS INDUSTRIELS ANIMAUX ET VÉGÉTAUX.

- |   |          |
|---|----------|
| 17. — Les corps gras, savons et bougies.....                                | 2 fr. 50 |
| 18. — Le cuir, les os, l'ivoire, l'écaille, les perles.....                 | 2 fr. 50 |
| 19. — Les textiles, les tissus, le papier.....                              | 2 fr. 50 |
| 20. — Le caoutchouc, la gutta, le celluloïd, les résines et les vernis..... | 2 fr. 50 |

### VI. — LES PRODUITS ALIMENTAIRES.

- |   |          |
|---|----------|
| 21. — Les aliments animaux (viande, œufs, lait, fromages).....    | 2 fr. 50 |
| 22. — Les aliments végétaux (herbages, fruits, féculs, pain)..... | 2 fr. 50 |
| 23. — Les boissons (vin, bière, minérale, alcools, liqueurs)..... | 2 fr. 50 |
| 24. — Les sucres, le cacao, le café, le thé.....                  | 2 fr. 50 |

**Ajouter 10 0/0 pour frais d'envoi.**

# PETITE BIBLIOTHÈQUE AGRICOLE

Collection de volumes in-16 de 100 à 120 pages à 2 fr. 50 le volume:

- Breton-Bonnard.** *Le peuplier, sa plantation rationnelle.*
- Brunet.** *Les maladies du vin.*
- Chenevard.** *L'Élevage du Lapin.*
- *Hygiène et Maladies des Volailles.*
- *Alimentation rationnelle des volailles.*
- *Culture maraîchère et de primeurs du Sud-Est, du Midi et de l'Afrique du Nord.*
- Coirard.** — *Amélioration de l'élevage des animaux de l'espèce bovine par la création de prairies temporaires.*
- Daire.** — *Les Microbes en laiterie.*
- Delpérier.** — *Manuel du maréchal-ferrant.*
- Diffloth.** *Les nouvelles Méthodes de Culture.*
- *La Conservation des Récoltes.*
- *Anes et Mulets.*
- Ducloux.** — *Economie ménagère agricole.*
- *Vacherie et Porcherie.*
- *Laiterie et Beurrerie.*
- *La Basse-Cour.*
- *Jardinage.*
- *Méthode pratique de Comptabilité agricole.*
- *Cahier d'exercice d'initiation à la Comptabilité agricole.*
- *Tableaux de Comptabilité de Laiterie.*
- Ducomet.** *Plantes alimentaires sauvages.*
- Granderye.** *Météorologie pratique de l'Agriculteur.*
- Hennequin.** *Elevage et Culture après la guerre.*
- Jumelle.** *Cultures coloniales, 8 vol.:*
- *Plantes à Féculé et Céréales.*
- *Plantes à Sucre, Café, Cacao, Thé.*
- *Légumes et fruits.*
- *Plantes à épices et Plantes médicinales.*
- *Plantes textiles.*
- *Plantes oléagineuses.*
- *Plantes à latex et à résines.*
- *Plantes à essences, Plantes tinctoriales, Tabac.*
- Lallié.** — *Les moteurs agricoles.*
- Lemaire.** *Les ruches. Choix et aménagement.*
- *La conduite du rucher.*
- *Les produits du rucher, miel, cire, hydromel.*
- Lhoste.** — *Les Succédanés des Fourrages.*
- Mazières (A. de).** *Culture de l'Olivier.*
- *Culture de l'Oranger.*
- *L'industrie des fruits à sécher; le figuier, l'abricotier, le prunier.*
- Montagard.** *Tableaux synoptiques de Viticulture.*
- *Tableaux synoptiques de vinification.*
- Morin.** — *La Plume des Oiseaux.*
- Passy.** — *Plantation et Greffage des Arbres fruitiers.*
- *Taille des Arbres fruitiers.*
- *Culture du Poirier.*
- *Culture du Pommier, du Cognassier, du Néflier, du Figuier, du Noyer, du Châtaignier, du Noisetier.*
- *Culture du Pêcher, de l'Abricotier, du Prunier, du Cerisier.*
- *Culture des Raisins de table.*
- Pée-Laby.** — *La Viticulture nouvelle. Les producteurs directs.*
- Pradel.** — *Manuel de Trufficulture.*
- Rey.** — *La Culture rémunératrice du Blé.*
- Rodillon.** — *La Basse-cour moderne.*
- Seltensperger.** — *Agriculture générale.*
- *Cultures spéciales, Céréales, Plantes fourragères.*
- *Viticulture, Vinification, Arboriculture, Horticulture.*
- *Zootchnie, Elevage, Basse-Cour, Apiculture.*
- *Economie rurale, Legislation, Comptabilité.*

DEMANDER LE CATALOGUE DE

L'ENCYCLOPÉDIE AGRICOLE WERY 90 VOLUMES

# Grandes Encyclopédies Industrielles J.-B. Baillière

200 vol. in-8 (16 × 23,5) de 300 à 700 pages avec figures.  
Chaque volume de 20 à 40 fr. environ.

I. — *ENCYCLOPÉDIE MINÈRE ET MÉTALLURGIQUE*

Directeur : M. GUILLET, Prof. à l'École Centrale  
et au Conservatoire des Arts et Métiers.

II. — *ENCYCLOPÉDIE D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE*

Directeur : M. BLONDEL, Membre de l'Institut.

III. — *ENCYCLOPÉDIE DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE*

Directeur : M. LECORNU, Membre de l'Institut.

IV. — *ENCYCLOPÉDIE DU GÉNIE CIVIL ET DES TRAVAUX PUBLICS*

Directeur : M. MESNAGER, Membre de l'Institut.

V. — *ENCYCLOPÉDIE DE CHIMIE INDUSTRIELLE*

Directeur : M. MATIGNON, Professeur au Collège de France.

Dans le monde entier, les questions relatives aux applications de la science à l'industrie ont pris une place primordiale. Malheureusement une cloison étanche sépare trop souvent le laboratoire de l'usine. Cependant, sans leur étroite collaboration, point de réussite individuelle ni de progrès national.

Or, aucun organisme n'existe qui, dans tous les domaines, réalise de façon complète, commode et sûre, l'union du savant et de l'industriel. Comblant cette lacune, tel est le but des « *Grandes Encyclopédies industrielles J.-B. Baillière* ».

Le nom, la compétence, les titres de leurs directeurs sont les meilleurs garants de leur excellence. Les collaborateurs en ont été choisis parmi les spécialistes les plus éminents.

Aussi soucieuses de la clarté d'exposition que de la richesse de l'illustration et de la sûreté d'une documentation de première main encore inédite, les *Grandes Encyclopédies industrielles J.-B. Baillière* seront le fonds même de la bibliothèque de tous ceux, et ils sont légion, qui savent que l'industrie, quel que soit son champ d'action, ne peut réussir qu'en s'appuyant sur les dernières ressources mises à sa disposition par des recherches scientifiques éprouvées.

Il suffira, pour démontrer de la plus éloquente manière, la valeur des « *Grandes Encyclopédies Industrielles J.-B. Baillière* », de mentionner qu'elles ont recueilli le patronage des groupements suivants : *Société d'encouragement à l'Industrie Nationale*, — *Société des Ingénieurs civils de France*, — *Union des Industries Métallurgiques et Minières*, — *Union des Syndicats de l'Électricité*, — *Union des Industries chimiques*, — *Comité des Forges de France*, — *Société française des Electriciens*, — *Syndicat des Ingénieurs électriciens*, — *Société de Chimie Industrielle*, — *Société Hydraulique de France*.

DEMANDER LE CATALOGUE DÉTAILLÉ

DES GRANDES ENCYCLOPÉDIES INDUSTRIELLES J.-B. BAILLIÈRE

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

5935. — Imp. GRÉTE, CORBELL.



