

BIBLIOTHÈQUE PROFESSIONNELLE

**MANUEL DE L'ÉLECTRICIEN
RÉSEAUX
D'ÉNERGIE
M. DAVAL**

J.B. BAILLIÈRE & FILS

J. B. BAILLIÈRE ET FILS

PRIX :

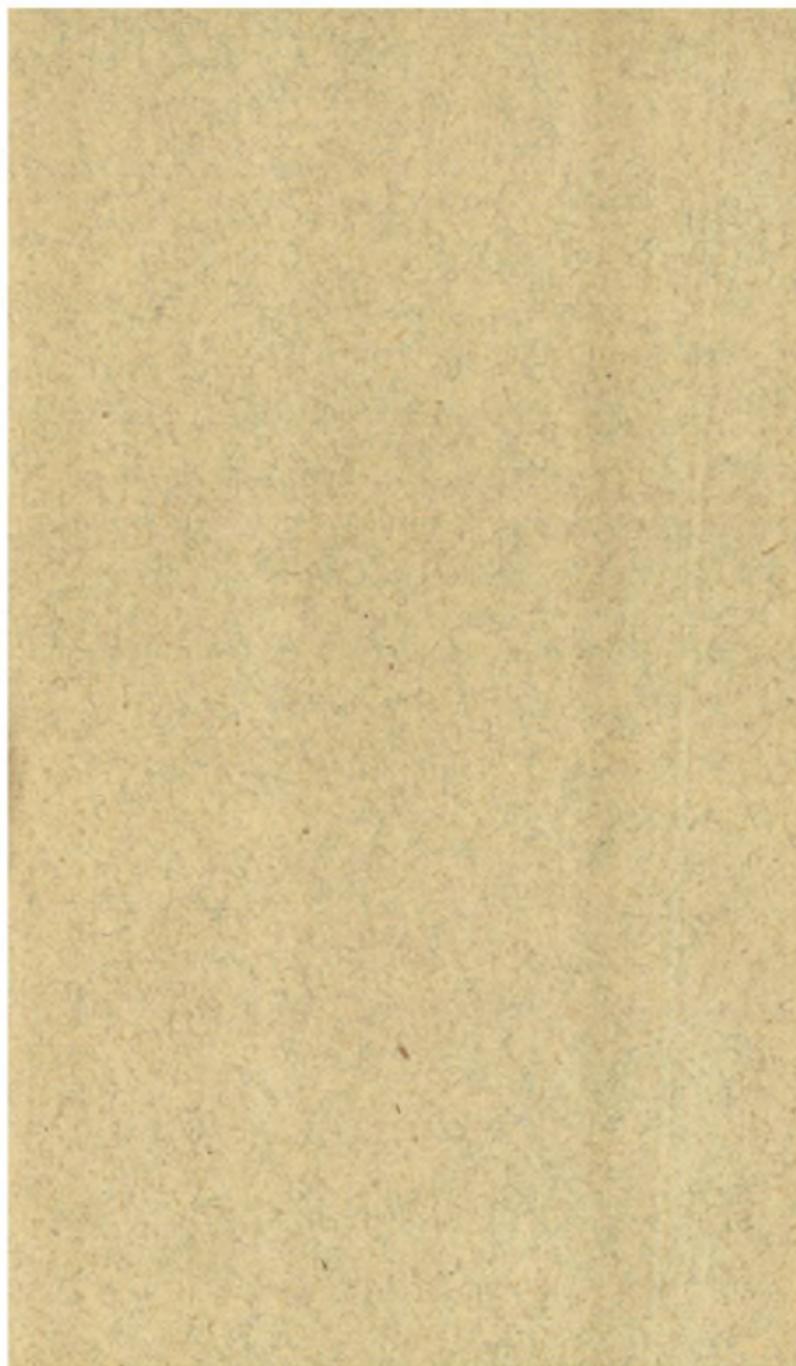
8 fr. net.



N-16
R-3

N° Bib = 388374 / -164905

BMC 47



IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

~~n° 1488~~

(7.7.22)

Librairie J.-B. Baillièrre et Fils, 19, rue Hautefeuille (Paris 6^e)

MANUEL DE L'ÉLECTRICIEN

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES INDUSTRIELLES

Par R. CABAUD

Ingénieur E. C. L. et E. S. E.

2 vol. in-18, cartonnés..... 20 fr.

Séparément :

- I. — **Choix du matériel.** 1 vol. in-18 de 316 pages, avec 129 figures, cartonné..... 10 fr.
- II. — **Installation. Entretien. Contrôle.** 1 vol. in-18 de 340 pages, avec 70 figures, cartonné..... 10 fr.

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES PARTICULIÈRES

Éclairage, chauffage, sonneries, tableaux indicateurs.

Par P. MAURER

Ingénieur E. S. E.

1 vol. in-18 de 274 pages, avec 147 figures, cartonné... 8 fr.

STATIONS CENTRALES — DYNAMOS ALTERNATEURS TRANSPORTS D'ÉNERGIE

Par A. CURCHOD

Ingénieur E. S. E.

1 vol. in-18 de 328 pages, avec 114 figures, cartonné... 8 fr.

Ajouter 10 p. 100 pour port et frais d'emballage.

La Librairie J.-B. Baillièrre et Fils envoie franco, sur demande, sa Bibliographie spéciale d'ouvrages industriels.

Librairie J.-B. Baillière et Fils, 19, rue Hautefeuille (Paris 6^e).

PRÉCIS d'Électricité Industrielle

Par **R. BUSQUET** et **E. MAREC**
Ingénieur en chef de l'éclairage de la ville de Lyon. Ancien chef de travaux à l'École supérieure d'Électricité de Paris.

1919, 2 vol. in-8 de 879 pages, avec 669 figures 24 fr.

FORMULAIRE AIDE-MÉMOIRE DE L'ÉLECTRICIEN PRATICIEN

Par **E. MAREC**
Ancien chef de travaux à l'École supérieure d'Électricité de Paris.
Directeur de Station Centrale.

2^e éd. 1922, 1 v. in-8 de 466 pages, avec 318 fig. et tableaux. 14 fr.

LE MONTEUR ÉLECTRICIEN

Par **BARNI et MONTPELLIER**
5^e édition, par E. MAREC
Ancien chef de travaux à l'École supérieure d'Électricité de Paris.
Directeur de Station Centrale.

1920, 1 vol. in-16 de 576 pages avec 350 figures 15 fr.

L'ÉLECTRICITÉ A LA MAISON

Par **E. MAREC**
1918, 1 vol. in-18 de 352 pages avec 323 figures..... 7 fr. 50

Ajouter 10 p. 100 pour port et frais d'emballage.



BIBLIOTHÈQUE PROFESSIONNELLE

CONSTRUCTION
des
RÉSEAUX D'ÉNERGIE

A LA MÊME LIBRAIRIE

Essais des Machines Électriques, par C.-F. GUILBERT, sous-directeur de l'École supérieure d'Electricité. 1922, 1 vol. in-8 de 540 pages, avec 360 fig. (*Encyclopédie d'Electricité Industrielle* dirigée par M. BLONDEL membre de l'Institut). Broché..... 43 fr.
Relié..... 55 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 40 fr.

Précis d'Electricité et de Physique industrielles, par PÉCHEUX, sous-directeur de l'École des arts et métiers de Lille, 2^e Edition 1922, 1 vol. in-18 de 350 pages, avec 396 figures..... 45 fr.

Les Accumulateurs et les Piles électriques, par J. A. Montpellier 1906, 1 vol. in-18 de 305 pages, avec 130 figures..... 40 fr.

Electricité agricole, par A. PETIT, ingénieur agronome et ingénieur électricien. 3^e édition, 1920, 1 vol. in-18 de 420 pages, avec 96 figures.... 40 fr.

Précis d'Électro-métallurgie et d'Electro-chimie, par L. GUILLET, professeur de technologie chimique au Collège des Sciences sociales. 1903, 1 vol. in-16 de 354 pages, avec 78 figures..... 40 fr.

Manuel pratique de Galvanoplastie et de Dépôts électrochimiques, par A. BROCHET, chargé des conférences et des travaux pratiques d'électrochimie industrielle à l'École de physique et de chimie. 1908, 1 vol. in-16 de 416 pages, avec 148 figures..... 40 fr.

Dictionnaire d'Electricité, comprenant les applications aux sciences, aux arts et à l'industrie. 2^e édition, 1896, 1 vol. gr. in-8 de 1160 pages à 2 colonnes, avec 1285 fig., Broché..... 30 fr.
Relié..... 45 fr.

Ajouter 10 p. 100 pour port et frais d'emballage.

BIBLIOTHÈQUE PROFESSIONNELLE
Publiée sous la direction de M. René DHOMMÉE
Inspecteur Général Adjs de l'Enseignement Technique

CONSTRUCTION
des
RÉSEAUX D'ÉNERGIE

PAR

M. DAVAL
Ingénieur-électricien (E. S. E.)

AVEC 102 FIGURES INTERCALÉES DANS LE TEXTE



PARIS
LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS
19, rue Hautefeuille, près du boulevard Saint-Germain

1922

Tous droits réservés.

1847
Lille
1847



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 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-maîtres, 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 manoeuvre 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 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.

RENÉE DHOMMÉE.

*Inspecteur général adj^t
de l'Enseignement technique.*

Construction de Réseaux d'Énergie

DISTRIBUTION — RÉGLEMENTS

CHAPITRE I

DIFFÉRENTS GENRES DE DISTRIBUTION

1° Généralités.

L'énergie électrique produite dans les usines ou *stations centrales*, doit être transportée aux points d'utilisation et répartie entre les consommateurs.

C'est là le rôle des *lignes* ou *canalisations* constituées par des *fils* ou des *câbles* en métal très bon conducteur de l'électricité comme le *cuivre* ou l'*aluminium*. Ces câbles sont, soit *aériens*, et dans ce cas généralement nus et placés sur des supports élevés, soit *souterrains* et dans ce cas toujours isolés électriquement du sol et entre eux.

Conducteurs — Les conducteurs doivent remplir les conditions principales suivantes :

1° Transporter l'énergie électrique sans pertes exagérées, sous forme de chaleur dans le métal ou par défaut d'isolement (soit entre conducteurs, soit entre conducteurs et terre).

2° Présenter le maximum de sécurité par rapport à l'action destructive des agents extérieurs (agents atmosphériques, travaux publics, malveillance).

3° Ne constituer aucun danger pour les personnes qui s'en approchent.

Modes de distribution. — Nous avons déjà distingué entre lignes aériennes et canalisations souterraines.

On peut encore classer les distributions d'après la manière dont l'énergie électrique est livrée.

Les deux seules manières employées sont les distributions à *potentiel constant* et les distributions à *courant constant*. Encore n'existe-t-il qu'un très petit nombre de ces dernières.

Distributions à potentiel constant. — Les distributions à potentiel constant livrent l'énergie au consommateur avec une tension constante, quelle que soit la puissance qu'il prenne.

Ceci exige naturellement que la tension soit maintenue constante à l'usine génératrice et que la chute de tension dans les lignes soit presque négligeable.

Dans ce système (qui est presque uniquement employé), le consommateur doit donc brancher ses appareils récepteurs (lampes, moteurs, appareils de chauffage) *en dérivation* sur la ligne d'alimentation.

Chute de tension. — Pour que la tension chez l'abonné soit constante et, par suite, la chute de tension négligeable, il faut :

1° Que le conducteur soit d'une section suffisante;

2° Que l'abonné ne soit pas trop éloigné de la source.

En effet, la chute de tension (différence entre la tension à la source et la tension chez l'abonné), est égale, en volts, à RI , R étant la résistance électrique, en ohms, des fils de ligne; I étant le courant, en ampères, absorbé par les appareils récepteurs

Remarquons que cette formule simple n'a de sens que si l'abonné en question est seul alimenté par la ligne.

Lorsqu'il y a plusieurs abonnés alimentés en dérivation par une même ligne, ce qui est toujours le cas, la chute de tension est, pour le quatrième par exemple :

$$R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_3 I_3 + R_4 I_4$$

I_1, I_2, I_3, I_4 étant les courants absorbés par les quatre premiers abonnés :

R_1 étant la résistance de la ligne jusqu'au premier abonné.

R_2 jusqu'au second, etc...

EXEMPLE. — Le premier abonné consomme 10 ampères; le deuxième en consomme 5; le troisième, 15; et le quatrième, 20. La résistance de la ligne est :

0,05 ohms jusqu'au premier abonné;

0,1 " jusqu'au second;

0,3 " jusqu'au troisième;

0,4 " jusqu'au quatrième.

La chute de tension est, pour le quatrième :

$$0,05 \times 10 + 0,1 \times 5 + 0,3 \times 15 + 0,4 \times 20 \\ = 0,5 + 0,5 + 4,5 + 8 = 13,5 \text{ volts.}$$

Si donc la tension au départ est 250 volts, elle est, chez le quatrième abonné

$$250 - 13,5 = 236,5 \text{ volts.}$$

RÉSISTANCE DE LA LIGNE. — La résistance R de la ligne est donnée par la formule

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

dans laquelle

l est la longueur de la ligne;

s la section du fil;

4 CONSTRUCTION DE RÉSEAUX D'ÉNERGIE

ρ un coefficient qui dépend de la nature du métal conducteur et qu'on appelle *résistivité*.

Si on exprime, ce qui est le plus commode dans la pratique, la longueur en hectomètres et la section en millimètres carrés, la résistivité est égale pour le cuivre à environ 1,8, pour l'aluminium à environ 2,8.

Ceci montre qu'un fil d'aluminium, de même section et de même longueur qu'un fil de cuivre donné, a une résistance électrique environ 1,55 fois plus élevée que ce fil de cuivre.

La formule $R = \rho \frac{l}{s}$ montre bien que la résistance d'une ligne (et par suite la chute de tension pour un même courant absorbé) est d'autant plus grande que les conducteurs ont une faible section et que la ligne est plus longue.

CALCUL RAPIDE DE LA CHUTE DE TENSION. — On a souvent besoin de déterminer rapidement la chute de tension dans un câble.

Voici un procédé simple pour le faire approximativement :

Si le courant qui passe dans le câble est de 1 ampère par millimètre carré de section (par exemple 50 ampères pour un câble de 50 mmq), la chute de tension est de 2 volts par hectomètre de fil.

En effet, si le câble a 50 millimètres carrés et qu'il y passe 50 A, on a par mètre

$$RI = \rho \frac{l}{s} I = 1,8 \times \frac{1}{50} \times 50 = 1,8$$

soit sensiblement 2 volts.

Si au lieu de 1 ampère par millimètre carré, il en passe 2, 3, 4..., etc., la chute de tension correspondante est 2, 3, 4, etc., fois plus forte.

Densité du courant. — Ce nombre d'ampères qui passent par millimètre carré de section dans le con-

ducteur a pratiquement une grande importance. On l'appelle la DENSITÉ DE COURANT.

Remarque. — Ces résultats sont rigoureux en courant continu. En courant alternatif, ils sont encore approximativement valables pour des lignes aériennes à faible courant et à conducteurs très espacés. Pour les lignes à fort courant et les lignes souterraines, le calcul de la chute de tension est plus complexe.

Echauffement du conducteur. — En dehors de la chute de tension, il y a lieu de considérer pour les conducteurs de ligne la question d'échauffement.

On sait, en effet, qu'un conducteur parcouru par un courant I est le siège d'un dégagement de chaleur dont l'intensité est proportionnelle à la résistance R et au carré de I , c'est-à-dire à RI^2 .

Il faut donc limiter, pour un fil donné, l'intensité à une valeur raisonnable pour que la température ne s'élève pas d'une façon dangereuse ou encore choisir une section de conducteur suffisante, pour que l'intensité ne produise pas d'échauffement exagéré.

En toute rigueur, ce n'est pas la densité de courant qui fixe la valeur à choisir ; mais pratiquement c'est sur elle qu'on se règle, la valeur limite de la densité de courant à adopter variant avec la section du conducteur.

Cette considération d'échauffement est sans grand intérêt pour les lignes d'énergie à basse tension, la considération de chute de tension limitant la densité de courant à une valeur beaucoup plus faible que ne le ferait celle de l'échauffement.

D'autre part, cet échauffement constitue une perte d'énergie électrique qu'on cherche à réduire dans une certaine mesure en augmentant la section du conducteur.

Feeders. — L'usine génératrice envoie son courant dans des canalisations importantes appelées *feeders* (mot anglais signifiant nourrisseurs). Ces

feeders doivent leur nom à ce qu'ils alimentent les centres principaux de consommation d'où se ramifient les canalisations de répartition. Sur ces dernières sont branchés les consommateurs ou abonnés, les feeders étant vierges de toute dérivation avant leur point d'aboutissement. Cette condition, trop souvent négligée, est absolument indispensable pour la bonne marche d'un réseau.

La figure 4 montre le schéma d'un réseau tel qu'il vient d'être décrit.

FILS PILOTES. — Pour pouvoir réaliser aisément la constance de la tension aux points de consommation, il est nécessaire que celle-ci soit connue à chaque instant par l'électricien de quart à la station centrale.

Pour cela, le feeder est suivi sur tout son parcours par des fils en nombre égal à celui des conducteurs, connectés d'une part à ces conducteurs à l'extrémité du feeder, d'autre part à un ou plusieurs voltmètres au tableau de la station centrale.

Ces fils sont appelés *fils pilotes* .

SURVOLTEURS DE FEEDERS. — Les mêmes machines alimentant généralement plusieurs feeders à la fois, il s'agit d'obtenir la même tension aux extrémités de ces différents feeders.

On y arrive en général à peu près en déterminant la section de ces feeders de façon que leur résistance produise la même chute de tension à pleine charge. Il ne reste plus qu'à faire varier la tension à l'usine suivant le débit en se réglant sur les voltmètres des fils pilotes. Mais lorsque les débits ne varient pas proportionnellement sur tous les feeders ou bien que ceux-ci sont de longueurs très différentes, on règle la tension sur les plus longs au moyen de survolteurs.

En courant continu, un survolteur est une géné-

ratrice intercalée en série sur le-feeder et comportant soit une excitation séparée qu'on règle à volonté, soit une excitation hypercompound telle que la force électro-motrice croisse lorsque le débit augmente.

En courant alternatif, on emploie de préférence

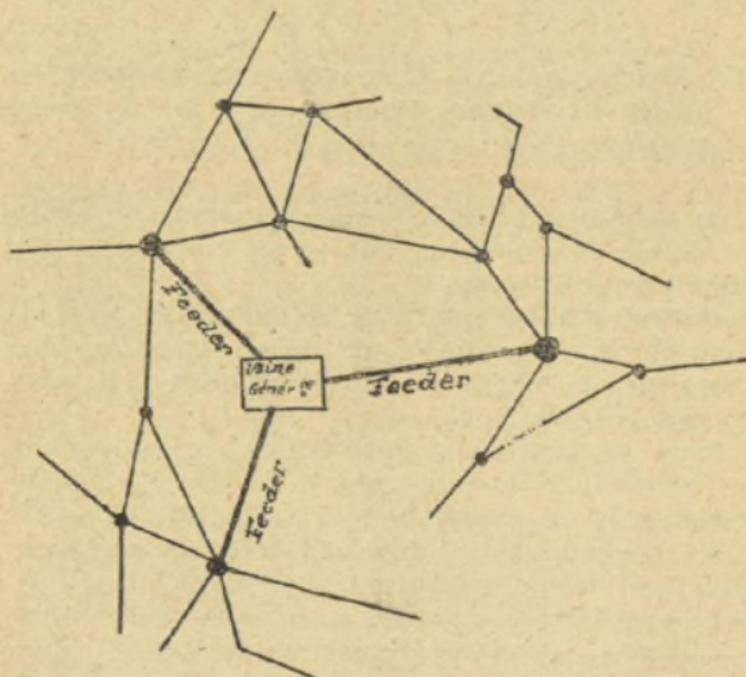


Fig. 1.

des survolteurs statiques : ce sont des *transformateurs* dont le secondaire est en série dans le circuit à survolter, et dont le primaire est branché en dérivation sur ce même circuit. Le secondaire est mobile par rapport au primaire, ce qui permet de faire varier le rapport de transformation et par conséquent le survoltage produit.

La *commande* de ces survolteurs, rotatifs ou sta-

tiques, est souvent mise sous la dépendance d'un régulateur automatique.

Nous nous bornons à signaler l'existence de ces appareils dont l'étude nous entraînerait hors de notre sujet.

2° *Distributions directes et indirectes, haute et basse tension, 1^{re} et 2^e catégories.*

Le courant électrique n'est pas toujours produit à la station centrale sous une forme directement utilisable pour l'abonné.

Il n'en est ainsi que pour de très petits réseaux dont la puissance totale ne dépasse pas quelques centaines de chevaux. La distribution est alors appelée *directe*.

Pour des puissances supérieures, la distribution est *indirecte*, c'est-à-dire que le courant est livré au feeder sous une forme difficilement utilisable, mais plus *économiquement transportable* (presque toujours sous forme de courant alternatif à haute tension), pour être ensuite, au centre de consommation, transformé ou converti en courant facilement utilisable (courant alternatif ou continu à basse tension) dans des postes de transformation ou dans des sous-stations.

Il y a donc lieu de faire une nouvelle division dans les lignes électriques : *lignes à haute tension* et *lignes à basse tension*, les unes et les autres pouvant d'ailleurs être ou souterraines ou aériennes.

Classement. — Les systèmes de distribution les plus usités peuvent se classer de la manière suivante :

Distributions directes (courant continu)	}	à 2 fils à 3 fils. à 5 fils.	}	à courant continu à courant monophasé 2 fils. à courant monophasé 3 fils. à courant diphasé 4 fils. à courant diphasé 3 fils. à courant diphasé 5 fils. à courant triphasé 3 fils. à courant triphasé 4 fils.
Distrib. indirectes.				
		2 ^o Transport par courant alternatif.	basse tension.	

REMARQUE. — Les distributions directes tendent à disparaître de plus en plus pour faire place à des distributions indirectes alimentées par des centrales importantes.

Catégories. — La distinction entre haute et basse tension étant essentiellement relative, il y avait lieu de fixer à partir de quelle tension le courant électrique doit être considéré comme étant à haute tension. Les décrets officiels réglementant les distributions d'énergie ont délimité 2 catégories de tensions :

1^o La 1^{re} catégorie qui comporte les tensions alternatives jusqu'à 150 volts entre conducteurs, et les tensions continues jusqu'à 600 volts.

2^o La 2^e catégorie qui comporte les tensions supérieures.

Ces limites sont à peu près déterminées par le danger d'électrocution pour l'homme.

En réalité, elles n'ont rien d'absolu ; à cet égard, on a observé des accidents mortels avec des tensions de 1^{re} catégorie ; par contre, on peut toucher souvent impunément des tensions alternatives très supérieures à 150 volts et continues très supérieures à 600 volts.

Légalement, ces chiffres représentent la tension limite que peuvent présenter des conducteurs nus accessibles.

40 CONSTRUCTION DE RÉSEAUX D'ÉNERGIE

Industriellement, on distingue les tensions en *basses, moyennes et hautes tensions*.

Les basses tensions sont les tensions de distribution usuelles.

Les moyennes tensions sont comprises entre 3.000 et 20.000 ou 30.000 volts.

Les hautes tensions sont les tensions supérieures à ces chiffres.

Enfin on désigne quelquefois sous le nom de *très hautes tensions* les tensions de l'ordre de 100.000 volts.

CHAPITRE II

DISTRIBUTION DIRECTE

1° *Courant continu et courant alternatif.*

Pour qu'il soit possible de transporter le courant sous sa forme d'utilisation, il faut que la distance et la puissance à transporter soient faibles, sinon on est conduit à employer des conducteurs de section trop importante, d'un coût d'établissement prohibitif, d'un montage et d'un entretien pénibles.

Aussi ces distributions tendent-elles à se réduire à l'alimentation en éclairage et en petite force motrice (jusqu'à 10 ou 15 chevaux) dans des agglomérations peu importantes. On emploie alors le plus généralement du courant continu, le courant alternatif, étant presque toujours réservé aux distributions indirectes.

Si on laisse de côté certaines applications spéciales telles que la traction, l'électro-chimie, etc..., les deux natures de courant sont équivalentes, toutes deux ayant leurs avantages et leurs inconvénients.

Le courant continu peut présenter une légère supériorité pour l'éclairage. Les lampes à incandescence à filament très fin sont exemptes de variations oscillantes d'intensité lumineuse et les lampes à arc à charbons ordinaires sont d'un meilleur rendement.

12 CONSTRUCTION DE RÉSEAUX D'ÉNERGIE

Le courant continu convient mieux aussi aux moteurs à vitesse variable ou à grands couples de démarrage (appareils de levage et de manutention).

Enfin il se prête directement à l'emploi d'accumulateurs.

Par contre, le courant alternatif est préférable pour les moteurs à vitesse constante : les moteurs sont plus simples et leur vitesse ne dépend pour ainsi dire que de la fréquence, qui est plus facile à régler que la tension.

Caractéristiques. — 1° COURANT CONTINU. — Le courant continu est caractérisé seulement par la *tension*.

COURANT ALTERNATIF. — Les caractéristiques du courant alternatif sont :

Le *nombre de phases* ;

La *tension* ;

La *fréquence*.

On dit, par exemple, qu'une distribution alternative est à *courant triphasé, 220 volts, 50 périodes*, ou encore à *courant diphasé, 220 volts, 42 périodes*.

Mais il existe en outre un élément indispensable pour la détermination des lignes : c'est le *facteur de puissance*.

En courant continu, la puissance électrique susceptible d'être transformée en puissance mécanique (dans un moteur, par exemple) est égale au produit de la tension par l'intensité du courant qui passe dans le moteur, ce qu'on peut exprimer par l'égalité

$$P = EI.$$

Il n'en va pas de même avec le courant alternatif pour lequel la puissance électrique s'exprime par

$$P = k EI.$$

k est un coefficient inférieur à 1 qu'on appelle *facteur de puissance*, ou encore *cosinus φ* .

Ce coefficient dépend de la nature des appareils en circuit. Dans un réseau, il est abaissé par la présence de transformateurs et de moteurs asynchrones marchant à vide ou en faible charge.

On comprend l'effet désastreux d'un faible facteur de puissance pour un réseau. En effet, on a vu qu'il y a une certaine intensité qu'on ne peut pas dépasser dans un conducteur donné. Si le facteur de puissance est faible, à cette intensité limite correspond une puissance plus faible que si le facteur de puissance est plus grand.

Donc, avec une ligne de section donnée, la puissance maximum qu'on peut transporter est d'autant plus petite que le facteur de puissance est plus faible.

Un facteur de puissance est bon lorsqu'il est compris entre 0,80 et 0,85. Il est médiocre au-dessous de 0,7 et mauvais entre 0,5 et 0,7.

2° *Courant continu, réseaux à 2, 3, 5 fils.*

Le courant continu basse tension pour les petits réseaux est produit par des génératrices entraînées par des moteurs à vapeur, à gaz ou à essence, ou par des turbines, souvent accompagnées de batteries d'accumulateurs montées *en tampon*.

Tensions. — Les tensions les plus variées sont utilisées :

110, 120, 125, 150 volts pour l'*éclairage*.

200, 220, 240, 250, 300 volts pour la *force motrice*.

500 à 600 volts pour la *traction* (tramways).

Cependant, la tendance actuelle est d'uniformiser les tensions aux chiffres de *110 volts* pour la lumière

et des *multiples* 220, 440, 550 pour la force motrice et la traction.

REMARQUE. — Le chiffre de 110 volts vient de ce que, à l'origine des distributions d'électricité, on ne savait obtenir une marche stable de deux arcs en série que moyennant une résistance très importante, ce qui conduisait à une tension de 110 volts. Depuis, on a conservé dans beaucoup de secteurs cette valeur qui satisfait bien aux usages généraux.

La tension de 110 volts se prête très bien à la construction des lampes à incandescence et au fonctionnement de deux lampes à arc en série; elle est à peu près sûrement inoffensive. Par contre, elle est trop faible pour l'alimentation des moteurs qui ont alors des collecteurs exagérés.

La tension de 550 à 600 volts est choisie pour la traction comme étant la plus forte de 1^{re} catégorie; cependant il faut la regarder comme déjà dangereuse: les secousses reçues avec un bon contact peuvent être mortelles et les arcs produits par les courts-circuits occasionnent des brûlures très graves.

Distribution. — Le courant continu se distribue par réseau à 1, 2, 3 ou 5 fils conducteurs.

RÉSEAUX A 1 FIL. — Les réseaux à 1 fil sont réservés à l'alimentation des tramways, le retour du courant se faisant par les rails de roulement et le sol.

Cependant, entre l'usine génératrice et l'alimentation de la voie, le feeder est à 2 conducteurs, l'un étant connecté aux rails afin d'éviter des dérivations trop importantes dans le sol.

La tension est presque toujours comprise entre 500 et 600 volts, tension qui se prête mal à l'éclairage et nécessite l'emploi de 5 lampes en série.

RÉSEAUX A 2 FILS. — Les réseaux à 2 fils sont rares. Ils alimentent en lumière de tous petits secteurs (à

110 ou 120 volts), ou quelquefois alimentent l'éclairage et la force motrice à 220 ou 240 volts.

Ces réseaux nécessitent des canalisations très encombrantes, leur section étant de l'ordre de 5 millimètres carrés par kilowatt, au minimum.

En outre, les génératrices à 110 volts ne peuvent être construites pour les vitesses des turbines à vapeur que pour de faibles puissances.

RÉSEAUX A 3 FILS. — Très nombreux sont les secteurs continus à 3 fils.

Ils permettent de desservir un périmètre de 1 kilomètre de rayon avec 2 fois 120 volts et un périmètre de 2.500 à 3.000 mètres avec 2 fois 240 volts.

Les canalisations comportent : deux conducteurs dits *extrêmes* entre lesquels la tension est de 240 volts, par exemple, et un conducteur dit *neutre* ou *d'équilibre*.

Si on suppose les appareils récepteurs (lampes, très petits moteurs) répartis également entre le neutre et chacun des extrêmes, ils seront soumis chacun à la moitié de la tension entre extrêmes, soit 120 volts et aucun courant ne sera fourni au neutre.

Les moteurs sont branchés entre extrêmes et alimentés à 240 volts; les lampes, branchées entre extrême et neutre, sont alimentées à 120 volts (fig. 2).

Les circuits formés par un extrême et le neutre sont appelés *ponts*; les ponts sont appelés *positifs* ou *négatifs* suivant le pôle de l'extrême correspondant.

RÉSEAUX A 5 FILS. — Les distributions à 5 fils participent de la même idée. Elles comportent *deux extrêmes* à 440 volts par exemple et *3 conducteurs d'équilibre* constituant ainsi *4 ponts* à 110 volts ou *2 ponts* à 220 volts.

L'éclairage est également réparti sur les ponts à

16 CONSTRUCTION DE RÉSEAUX D'ÉNERGIE

110, les petits moteurs sur les ponts à 220 et les gros moteurs entre les extrêmes à 440 (fig. 3).

Ces distributions à 5 fils sont assez intéressantes en raison de la tension relativement élevée entre extrêmes, ce qui permet de transporter une certaine puissance avec un courant relativement réduit.

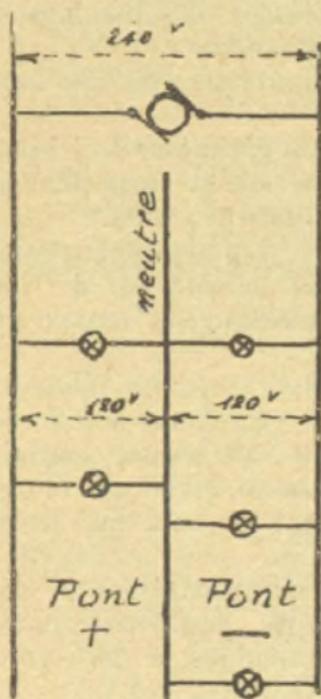


Fig. 2.

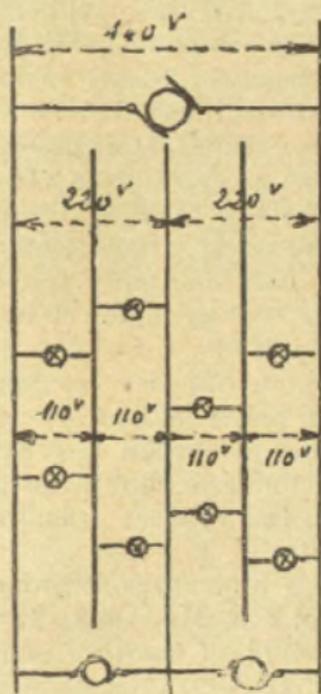


Fig. 3.

Elles sont cependant à peu près abandonnées à cause de la difficulté d'équilibrer les ponts.

Équilibrage des ponts dans les réseaux à 3 et 5 fils. — On a vu en effet qu'il est nécessaire, dans les réseaux à 3 fils ou à 5 fils de répartir également la charge entre les ponts afin que la tension se partage aussi également entre eux.

Pratiquement cette condition est impossible à réaliser exactement. On a beau répartir aussi exactement que possible les branchements (chap. VIII, 4°; chap. X, 2°) entre les ponts et même alimenter les grosses installations sur plusieurs ponts, il y a toujours moins de débit sur un pont que sur l'autre, d'où élévation de tension sur le premier aux dépens de l'autre.

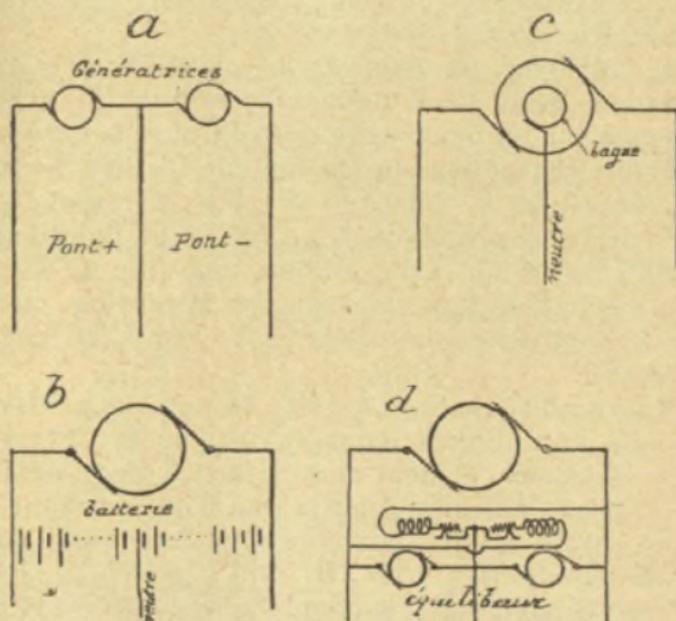


Fig. 4.

1° Il faut donc rétablir artificiellement l'équilibre. Les procédés employés sont les suivants :

a) Alimenter chaque pont par une *génératrice séparée*. En agissant sur l'excitation de chacune d'elles, on impose à chaque pont la tension exacte (fig. 4, a).

b) Connecter le neutre au milieu d'une *batterie d'accumulateurs* en parallèle sur les deux extrêmes

(fig. 4, *b*). Dans ce cas une seule génératrice donne la tension entre les extrêmes.

c) Employer une *génératrice spéciale* dont le milieu de l'enroulement induit est connecté à une bague reliée au neutre. On y adjoint généralement une bobine de self faisant partie de l'induit. On peut encore employer une bobine de self fixe dont les bornes extrêmes sont connectées aux bobines d'une génératrice ordinaire (fig. 4 *c*).

d) Employer un *équilibreur* constitué par deux dynamos accouplées mécaniquement et branchées chacune sur un pont. Celle qui se trouve sur le pont le moins chargé marche en moteur, l'autre marche en génératrice et décharge le pont correspondant. En croisant les excitations, on réalise un équilibrage jusqu'à un certain point automatique (fig. 4, *d*). En effet, si le pont I est plus chargé, la tension monte sur le pont II, ce qui augmente l'excitation sur la dynamo I.

Dans les distributions à 3 fils, on emploie aussi des groupes équilibreurs dont le moteur est branché entre extrêmes et dont la génératrice peut débiter sur l'un ou l'autre pont au moyen d'un inverseur.

Les groupes équilibreurs s'emploient aussi dans les distributions à 5 fils. Ils sont à 4 induits. Leur démarrage s'obtient en mettant d'abord les 4 machines en série sur les deux conducteurs extrêmes, par l'intermédiaire d'un rhéostat de démarrage. Lorsque ce rhéostat est en court-circuit et que le groupe a atteint sa vitesse normale, on ferme les interrupteurs intermédiaires sur les conducteurs d'équilibre.

2° Les débits étant différents sur les deux ponts, il en résulte que le courant dans le neutre au lieu d'être nul prend une valeur qui peut être importante; le neutre doit donc avoir une section suffisante, sans qu'elle atteigne cependant celle des extrêmes. Pour

les petites canalisations, on adopte pratiquement la moitié et pour les grosses on descend généralement jusqu'au tiers de la section des extrêmes.

Pratiquement, on arrive après quelques tâtonnements à équilibrer les deux ponts à 5 p. 100 près. On facilite d'ailleurs l'équilibrage en disposant toutes les installations à deux fils de façon qu'elles puissent être branchées sur l'un ou sur l'autre des deux ponts et en munissant certaines canalisations intérieures de l'usine de commutateurs permettant de les faire passer sur un pont ou sur l'autre.

BOUCLAGE. — Les ramifications qui partent des extrémités du feeder peuvent être indépendantes entre elles ou bien se raccorder de manière à former des mailles; on dit alors que le réseau est *bouclé* ou *maillé*.

De même, des canalisations alimentées par deux feeders différents peuvent être bouclées (fig. 1).

Cette disposition a plusieurs buts :

1° Permettre en cas d'avarie sur un câble d'alimenter un point par un autre feeder ou par une autre branche;

2° Dans certains cas d'éliminer la chute de tension en un point très chargé par bouclage avec une autre ligne moins chargée.

Les bouclages ne doivent être pratiqués que moyennant un certain nombre de conditions indispensables :

a) Les boucles doivent être munies à chaque sommet de *fusibles* de protection, sans quoi, en cas de court-circuit, le disjoncteur du feeder le plus voisin déclanche; puis le court-circuit se trouve alimenté par le feeder voisin qui déclanche à son tour; de proche en proche, on aboutit ainsi à une extinction totale.

Ces fusibles doivent permettre de couper à volonté

n'importe quelle branche d'une maille, sans quoi la recherche d'un défaut (court-circuit, mise à terre (chap. VIII, 3°; chap. IX, 1°) devient inextricable.

a) Tout conducteur de bouclage doit avoir une section suffisante pour laisser passer sans échauffement le courant de circulation dû à la plus grande différence qui puisse exister entre les chutes de tension aux deux points qu'il réunit.

c) Avant de boucler une maille, en plaçant les coupe-circuits sur l'isolateur (chap. V, 2°) ou dans la boîte de coupure (chap. VI, 2°), on doit s'assurer que les deux bornes qu'on va relier correspondent bien au même pôle et que la tension entre elles n'est pas supérieure à quelques volts.

Pour cela, on branche entre ces bornes une lampe (pouvant supporter la tension maxima) ou mieux, un voltmètre.



CHAPITRE III

DISTRIBUTION INDIRECTE

1° *Courant alternatif monophasé et diphasé.*

Le courant alternatif peut être distribué à basse tension en monophasé ou en polyphasé.

Courant monophasé. — Le courant monophasé est peu intéressant; il se prête mal à l'alimentation des moteurs, les alterno-moteurs à collecteur étant très coûteux et moins robustes que les moteurs d'induction triphasés, et les moteurs d'induction monophasés étant d'un démarrage compliqué.

Néanmoins, il existe encore d'anciens secteurs monophasés (Secteur des Champs-Élysées à Paris). Ils peuvent être comme les secteurs continus, à deux ponts; il suffit pour cela de brancher le neutre au milieu de l'enroulement secondaire du transformateur.

Courant diphasé. — Les courants polyphasés peuvent être diphasés ou triphasés.

Les réseaux diphasés peuvent être à 4, 3 ou 5 fils.

Les réseaux à 4 *fils* ont les deux phases complètement séparées.

A 3 *fils*, le conducteur de retour des deux phases est commun.

A 5 *fils*, les 4 fils de phases existent plus un fil commun aux deux phases.

2° *Courant alternatif triphasé.*

Les réseaux triphasés sont les plus répandus. Ils sont à 3 fils ou, plus souvent, à 4 fils.

Dans les réseaux à 3 fils, l'éclairage est réparti entre les 3 phases, deux à deux (*montage en triangle*),

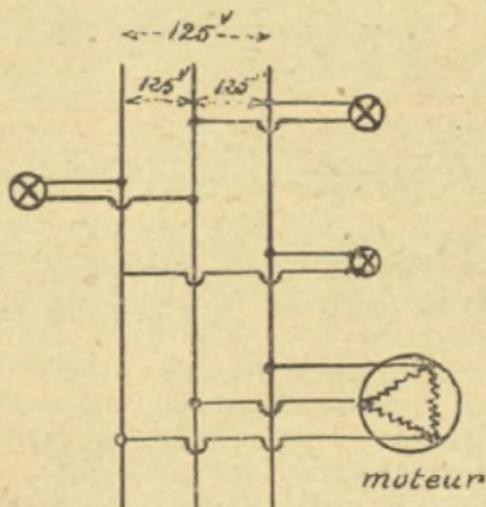


Fig. 5.

et les moteurs sont alimentés par les 3 phases à la fois (fig. 5).

Réseaux à 4 fils. — Dans les réseaux à 4 fils, les moteurs sont alimentés de la même façon, mais l'éclairage est branché entre les phases et le neutre (fig. 6) (*montage en étoile*).

Cette disposition présente sur celle à 3 fils, l'avantage d'avoir une tension assez élevée pour la force motrice, tout en conservant une tension plus basse pour l'éclairage.

TENSIONS. — Les tensions habituelles en 4 fils sont :

110/190 volts, c'est-à-dire 110 entre phase et neutre et 190 entre phases.

120/200

127/220

FIL NEUTRE. — Deux pratiques sont en usage dans les réseaux triphasés à 4 fils : celle du neutre isolé et celle du neutre à la terre.

1° *Neutre isolé.* — Dans la première méthode, les

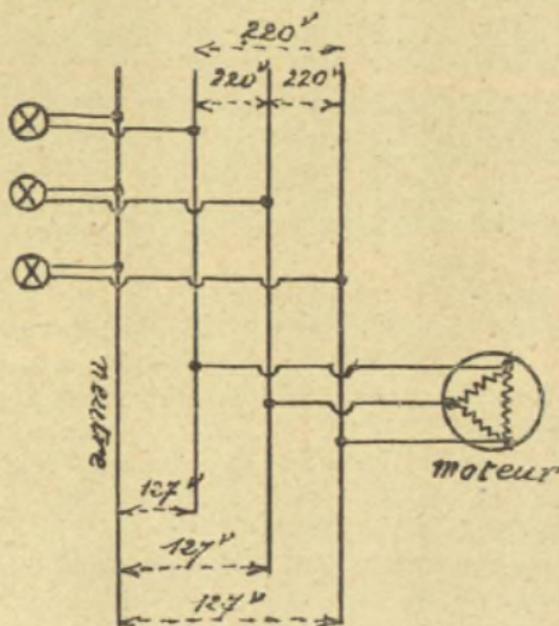


Fig. 6.

4 fils sortent du générateur ou du transformateur et partent au réseau sans aucune communication imposée avec la terre.

L'avantage est que si un des fils de phase se met en contact *accidentellement* avec la terre on peut continuer le service sans troubles jusqu'à ce que le défaut soit réparé.

L'inconvénient est que si, pour une raison quelconque, la tension d'un des conducteurs par rapport à la terre s'élève, il en est de même pour tous les autres et il peut devenir dangereux de toucher un des fils.

En outre, l'avantage même peut devenir un inconvénient, en ce sens qu'une mise à la terre accidentelle peut passer inaperçue très longtemps si des essais périodiques ne sont pas exécutés (chap. VIII, 3^o; chap. IX, 1^o).

2^o *Neutre à la terre.* — Dans la deuxième méthode au contraire, le neutre, à sa sortie du générateur ou du transformateur, est relié à une plaque de terre.

La tension entre les conducteurs et le sol ne peut pas dans ce cas dépasser la tension entre phase et neutre.

Si une phase est mise accidentellement à la terre, il y a court-circuit avec le neutre, et la reprise du service est impossible tant que le défaut n'est pas décelé et réparé.

En outre, sur les réseaux aériens, la mise directe du neutre à la terre procure une certaine protection contre les perturbations atmosphériques si l'on a soin de le constituer par le conducteur supérieur des lignes.

L'expérience a montré que, dans les régions orageuses, les réseaux ainsi constitués dont le neutre est mis à la terre à intervalles assez rapprochés (tous les 250 mètres, par exemple), donnent lieu, du fait de la foudre, à beaucoup moins d'incidents que les réseaux isolés.

Enfin, dans les distributions indirectes, cette mise à la terre du neutre secondaire procure une immunité relative du réseau à basse tension en cas de contact entre le primaire et le secondaire.

FRÉQUENCE. — Le choix de la fréquence présente une importance beaucoup plus grande que celui de la tension; alors que celle-ci se modifie facilement dans un rapport quelconque, par des transformateurs

statiques d'un rendement élevé, le changement de fréquence exige des groupes rotatifs beaucoup plus onéreux et d'un rendement très inférieur.

Les valeurs usuelles de la fréquence sont comprises entre 15 et 60.

Les fréquences les plus basses sont employées pour la traction monophasée.

Les fréquences inférieures à 25 ne conviennent pas pour l'éclairage ; la facilité de construction des commutatrices a conduit longtemps à l'emploi de réseaux à 25 périodes qui subsistent encore.

Sous les autres rapports, les basses fréquences sont désavantageuses : les transformateurs et les moteurs sont plus chers, l'emploi des arcs est à peu près impossible, l'incandescence elle-même n'est pas toujours satisfaisante.

De plus, les basses fréquences limitent à des chiffres souvent trop faibles les vitesses des machines génératrices et réceptrices. La fréquence 25, par exemple, ne permet pas de commander directement par un moteur électrique une machine tournant à plus de 1.500 tours, comme c'est le cas pour les pompes centrifuges à haute pression.

C'est, en effet, la fréquence qui fixe la série des vitesses qu'on peut obtenir avec les moteurs synchrones et asynchrones.

Ce sont :

Avec 25 périodes, 1.500, 750, 500, 375, 300, 250 tours par minute.

Avec 42 périodes, 2.500, 1.250, 830, 675, 500 tours par minute.

Avec 50 périodes, 3.000, 1.500, 1.000, 750, 600, 500 tours par minute.

Avec 60 périodes, 3.600, 1.800, 1.200, 900, 720, 600 tours par minute.

Les fréquences les plus souvent employées en France sont 25, 42, 50 périodes.

Les Américains emploient beaucoup 60 et 65 périodes.

On tend à se fixer aux chiffres de $16 \frac{2}{3}$ (pour la traction) et de 50 périodes.

EMPLOI. — En général, le courant alternatif n'est pas employé dans les distributions directes. Il y présente cependant l'avantage sur le continu de ne pas produire d'électrolyse. La facilité avec laquelle on le transforme de haute tension en basse tension fait qu'on l'emploie surtout dans les distributions indirectes.

3° *Courant alternatif haute tension.*

Le courant alternatif haute tension peut être produit soit à la tension de distribution, soit à une tension inférieure. C'est ce dernier cas qui se présente généralement lorsqu'on distribue ou transporte à plus de 10.000 volts.

De même, le courant peut être réparti entre les divers centres de consommation à une tension inférieure à la tension de transport.

Tensions. — Les tensions usuelles pour les génératrices sont de 3.000 à 5.000 volts.

Les courants sont distribués à cette tension dans les secteurs urbains peu étendus.

Pour de plus importants réseaux on l'élève, à l'aide de transformateurs à 10.000, 15.000 ou 20.000 volts.

Dès que la ligne de transmission est de l'ordre d'une cinquantaine de kilomètres, des tensions plus élevées sont nécessaires.

Voici d'ailleurs des exemples de tensions employées pour un certain nombre de distances et de puissances :

Puissance	Distance	Tension
3.000 kw.	45 km.	33.000 volts.
15.000 —	43 —	44.000 —
20.000 —	48 —	57.000 —
21.000 —	240 —	102.000 —
34.000 —	220 —	104.000 —
42.000 —	210 —	130.000 —

On conçoit l'intérêt d'élever la tension pour transporter l'énergie à grande distance : pour une même puissance, le courant est en raison inverse de la tension. En doublant la tension par exemple, on peut réduire au quart la section du câble, la perte en ligne ne change pas et la chute de tension en p. 100 ne change pas.

Par contre, l'emploi de tensions de plus en plus élevées exige un matériel de plus en plus onéreux (supports, isolateurs, appareillage), de sorte que dans chaque cas il y a lieu de déterminer la tension la plus économique.

Les difficultés rencontrées dans l'emploi des hautes tensions résident dans la difficulté de réaliser l'isolement des conducteurs les uns par rapport aux autres et par rapport à la terre, ainsi que dans les dangers qu'il présente pour l'homme.

Alors qu'un contact avec les conducteurs à basse tension n'entraîne que fort rarement un accident mortel, un contact même précaire avec les hautes tensions industrielles amène à peu près inévitablement la mort.

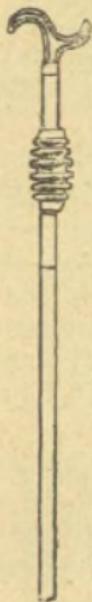
PRÉCAUTIONS A PRENDRE. — A ce propos, il est nécessaire de rappeler qu'on ne doit toucher les conducteurs à haute tension qu'en s'isolant :

1° Du côté de la terre en montant sur un tabouret isolant à pieds de porcelaine.

2° Du côté de la tension par une perche isolante

du type approprié à la tension (fig. 7). Il est même plus prudent de *mettre des gants de caoutchouc*. Les parties métalliques de la perche situées du côté opérateur doivent être reliées à la terre.

L'opérateur doit être assisté d'un second, également muni de gants de caoutchouc afin de pouvoir le secourir en cas d'accident.



On ne peut pas en effet toucher directement un électrocuté encore en contact avec les fils sans courir à une mort certaine. On doit s'assurer fréquemment que les appareils isolants sont en bon état, que les porcelaines ne présentent pas de fêlures, et que *les gants de caoutchouc ne sont pas fissurés* (les conserver dans le talc).

Ces précautions sont indispensables et les électriciens doivent toujours les observer rigoureusement.

TENSIONS USUELLES. — En ce qui concerne les tensions employées, les chiffres les plus variés sont en usage.

On faciliterait grandement aux constructeurs la possibilité d'établir un matériel type en s'en tenant à un certain nombre de tensions normales, comme pour les appa-

reils d'utilisation.

Des tentatives de normalisation des tensions ont été faites un peu partout. Ces tensions pourraient être par exemple :

Pour les alternateurs, 2.500, 5.000 et 10.000 volts.

Pour les lignes de transport, 15.000, 20.000, 30.000, 45.000, 65.000, 90.000 et 120.000 volts.

Pour les lignes de répartition, 2.500, 5.000, 10.000, 15.000 volts.

Pour les réseaux de distribution : 110 et 190 volts pour le triphasé ;

110 et 2×110 volts, pour le monophasé et le diphasé;

110, 220, 440 volts pour le continu.

4° *Postes de transformation. Sous-stations.*

Le courant alternatif peut donc être transformé de sa tension de production à sa tension de transport, de celle-ci à la tension de répartition, de cette dernière à la tension d'utilisation.

C'est le rôle des *transformateurs*.

Par exemple : une station centrale produit du courant à 5.000 volts; on l'élève à 50.000 volts pour alimenter une ville éloignée de 60 kilomètres. A l'extrémité du feeder, la tension est abaissée de 50.000 à 3.000 volts dans un poste principal; ce courant à 3.000 volts dessert les petits postes de la ville qui l'abaissent à leur tour à 127/220.

Transformateurs. — Les transformateurs sont des appareils à haut rendement s'ils travaillent à pleine charge.

On doit veiller à ce qu'ils soient toujours bien utilisés et les remplacer par de plus faibles s'ils marchent à faible charge. De même, un transformateur surchargé a un mauvais rendement; de plus, il chauffe, et, s'il est à bain d'huile; celle-ci s'épaissit, diminue le refroidissement, et finit par passer complètement à l'état de brai noir et visqueux. Alors, le transformateur grille complètement.

POSTES. — Les transformateurs sont logés dans des *postes* qui comprennent en outre les appareils d'entrée et de sortie du courant ainsi que des appareils de protection.

Les postes sont souvent de tout petits bâtiments; ils peuvent même être réduits à de simples tourelles

en tôle d'une hauteur de 5 à 6 mètres et d'un diamètre de 1 m. 50.

Un poste de transformateur comprend donc :

1 transformateur;

Les appareils *d'entrée* de la ligne haute tension;

Les appareils *de sortie* de la ligne basse tension;

Les appareils *de protection* de ces deux lignes;

Les appareils *de coupure*.

RAYON D'ACTION. — Les postes de transformateurs ne doivent desservir qu'un secteur relativement peu étendu.

Dans un réseau urbain de lumière et petite force motrice, on ne doit guère dépasser pour un poste un rayon d'action de 500 mètres. Dans ces conditions, on peut limiter les canalisations aux sections suivantes :

50 à 70 millimètres carrés pour les feeders;

30 millimètres carrés pour les lignes de rues.

Un rayon d'action supérieur, conduit à des sections beaucoup plus importantes, d'où une immobilisation de cuivre disproportionnée avec la puissance distribuée, ou bien, si on n'augmente pas la section, à des chutes de tension en bout de ligne inadmissibles pour l'éclairage.

En ce qui concerne la force motrice importante, on prévoit en général un poste par usine; le rayon d'action du poste en basse tension est alors limité à l'étendue de l'usine. Si celle-ci est importante, on doit placer le poste en un point aussi central que possible.

L'alimentation de grosse force motrice par les postes du réseau est une mauvaise pratique car, outre les chutes de tension importantes ou l'obligation d'employer de grosses canalisations, elle conduit à placer dans les postes de gros transformateurs qui ne travaillent que le jour et marchent à très faible charge pendant toute la nuit.

MARCHE EN PARALLÈLE. — Les transformateurs peu-

vent marcher en parallèle sur la basse tension, s'ils sont alimentés par la même tension primaire, moyennant les conditions suivantes :

1° Leurs *rappports de transformation* à vide doivent être rigoureusement identiques.

2° Ils doivent être de la même *puissance nominale*.

3° Leur *chute de tension* en charge doit être la même.

4° Ils doivent être *en phase*, c'est-à-dire que les phases des deux transformateurs se correspondent deux à deux.

Par suite, s'ils sont triphasés, leurs bobinages doivent être compris dans les groupes suivants :

HT étoile,	BT étoile	avec HT étoile,	BT étoile.
— triangle,	— triangle	— — triangle,	— triangle.
— triangle,	— étoile	— — triangle,	— étoile.
— étoile,	— triangle	— — étoile,	— triangle.
— étoile,	— zig-zag	— — étoile,	— zig-zag.
— triangle,	— étoile	— — étoile,	— zig-zag.
— triangle,	— triangle	— — étoile,	— étoile.
— triangle,	— étoile	— — étoile,	— triangle.
— étoile,	— triangle	— — étoile,	— zig-zag.

La disposition préférable pour un réseau desservant à la fois l'éclairage et la force motrice est *étoile-zig-zag*.

Dans ces transformateurs, en effet, chaque phase de la basse tension est enroulée à moitié sur une bobine HT, à moitié sur la suivante; il en résulte qu'un déséquilibre sur une phase se répartit sur deux à la HT, réduisant ainsi le déséquilibre général du réseau.

Outre ces conditions, pour mettre en parallèle les basses tensions des transformateurs, il faut reconnaître les phases et coupler ensemble celles qui se correspondent.

La marche en parallèle des transformateurs sur la basse tension n'est pas recommandable, la puissance se répartit toujours inégalement sur chacun d'eux, créant des courants de circulation nuisibles et quelquefois dangereux. Elle présente en outre le danger suivant : pour exécuter un travail dans un poste, on coupe le courant HT ; si ce poste, marche en parallèle avec un autre et qu'on omette de couper la basse tension on a encore la haute tension aux bornes du transformateur.

Sous-station à courant continu — Le courant continu ne se transformant pas, comme le courant alternatif, au moyen de transformateurs statiques, on passe dans les distributions indirectes à courant continu par l'intermédiaire du courant alternatif HT qu'on transforme en courant continu BT dans des sous-stations au moyen de *convertisseurs rotatifs* ou de *redresseurs à vapeur de mercure*.

Ces derniers étant encore très peu employés, nous n'en parlerons pas.

Les convertisseurs rotatifs sont de deux sortes : *groupes moteur générateur* et *commutatrices*.

GROUPES MOTEUR GÉNÉRATEUR. — Ils peuvent être à moteur synchrone ou à moteur asynchrone.

Les *groupes synchrones* sont longs à mettre en route à cause de la nécessité de les mettre en **phase** (*accrochages*), mais ils ont l'avantage de ne pas faire d'*appel de courant* au *démarrage* et de permettre l'amélioration du *facteur de puissance* par réglage de l'excitation.

Les *groupes asynchrones* ont sur les précédents la supériorité d'une mise en route rapide et facile, mais font un appel de courant considérable au démarrage.

Les groupes convertisseurs ont l'avantage de pouvoir être alimentés directement en haute tension

Torsque celle-ci ne dépasse pas 10.000 volts. Au-dessus, les moteurs sont difficilement constructibles.

COMMUTATRICES. — Les commutatrices rassemblent en une seule machine le moteur et le générateur. Elles ont l'aspect d'une génératrice à courant continu qui porterait, en outre du collecteur, des bagues par où entre le courant alternatif.

Elles ont en commun avec les groupes synchrones l'inconvénient de la mise en phase (ou au synchronisme) et l'avantage d'améliorer le facteur de puissance du réseau ; elles ont sur les groupes convertisseurs en général l'inconvénient que la tension continue est liée à la tension alternative tandis que dans ces derniers on peut, en agissant sur l'excitation des génératrices, maintenir parfaitement constante la tension continue.

Mais le *rendement excellent* des commutatrices les fait préférer toutes les fois qu'on n'a pas à alimenter d'éclairage, c'est-à-dire lorsque la tension peut varier sans inconvénient de quelques centièmes (force motrice, traction).

Les commutatrices sont alimentées par l'intermédiaire de transformateurs qui ramènent la tension alternative à la valeur correspondant à la tension continue désirée.

BATTERIES TAMPONS. — Les sous-stations sont presque toujours pourvues de batteries tampons, comme les stations centrales à courant continu (4), et même de plus forte capacité pour servir de batteries de secours en cas d'interruption du courant alternatif.

Les sous-stations peuvent aussi avoir à alimenter des réseaux à 2, 3, ou 5 fils (secteur de Clichy à Paris).

Lorsque les convertisseurs sont synchrones (groupe ou commutatrice) et que la sous-station comporte une batterie-tampon, il est nécessaire d'adopter des appa-

reils de protection empêchant tout retour d'énergie sur la ligne alternative.

5° *Distribution série.*

Jusqu'ici nous ne nous sommes occupés que des distributions dites « à *potentiel constant* ».

Il existe un autre mode de distribution dit à *intensité constante* dans lequel tous les récepteurs et tous les générateurs sont placés *en série* sur un même circuit. Le réglage des génératrices est opéré de façon à maintenir à une valeur constante le courant qui y circule; de sorte que, lorsque la puissance consommée augmente, c'est la *tension aux bornes* des générateurs qui augmente et non le courant comme dans les distributions à potentiel constant. Il en résulte que les générateurs doivent atteindre un voltage très élevé dès que la puissance devient un peu importante, ce qui rend leur *construction très difficile* et leur *vulnérabilité très grande*.

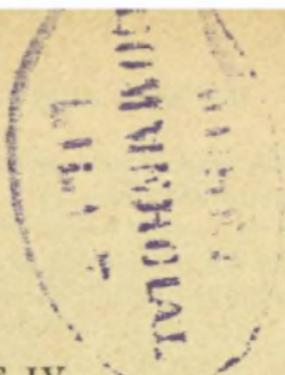
Aussi ce système de distribution est-il peu employé. Il n'en existe guère qu'un ou deux exemples en France. Il ne permet que d'alimenter des sous-stations comprenant des groupes convertisseurs : (moteur à intensité constante-génératrice à potentiel constant) : par exemple, des *sous-stations de traction*.

Nous en citerons deux exemples.

1° Le transport de force Mouthiers-Lyon réalisé par la Société Générale de Force et Lumière.

2° L'installation à courant continu série du Métropolitan Railway, de Londres.

Cependant on recommence à envisager l'emploi de ce système de distribution pour la réalisation du transport d'énergie à très grande distance, en raison des difficultés considérables que présente le courant alternatif à partir d'une certaine longueur de ligne.



CHAPITRE IV

RÈGLEMENTS RELATIFS A LA CONSTRUCTION DES RÉSEAUX D'ÉNERGIE

RÈGLEMENTS

En tant que services publics, et par suite du passage des réseaux sur la voie publique, les distributions d'énergie électrique sont en rapport constant avec les autres services publics : ponts et chaussées, P.T.T., petite voirie, chemin de fer, etc...

1. — *Lois et arrêtés.*

A ce sujet, les distributions d'énergie sont régies par la *loi du 5 Juin 1906*, et les dispositions et règlements techniques sont précisés par l'arrêté du **Ministre des Travaux Publics, des Postes et des Télégraphes** en date du 21 Mars 1911.

Arrêté du 21 Mars 1911. — Nous allons en résumer les dispositions les plus importantes en y ajoutant quelques commentaires.

CLASSEMENT EN DEUX CATÉGORIES. — Nous avons déjà donné cette classification au chapitre I; il est inutile d'y revenir.

SUPPORTS. — Les supports doivent être *numérotés*

et, lorsqu'ils sont métalliques, pourvus d'une bonne communication avec le sol.

A la traversée des voies publiques, ils doivent être aussi rapprochés que possible. Lorsque le poteau comporte un fil de terre, celui-ci doit être muni, sur au moins 3 mètres à partir du sol, d'un dispositif le plaçant hors d'atteinte.

Pour la 2^e catégorie, les supports doivent être munis d'un dispositif placé à plus de deux mètres de hauteur pour empêcher le public d'atteindre le conducteur et d'une plaque :

« *Danger de mort, défense absolue de...* »

ISOLATEURS. — Voir chapitre V, 6^o.

CONDUCTEURS. — Le point le plus bas du conducteur doit être :

1^o Pour la 1^{re} catégorie, au moins à 6 mètres le long et à la traversée des voies publiques.

2^o Pour la 2^e catégorie, au moins à 6 mètres le long des voies publiques et à 8 mètres à leur traversée.

Ce minimum est *absolu*, c'est-à-dire qu'il doit être respecté même avec la flèche la plus grande possible.

Cette hauteur minima peut être abaissée si la ligne passe sous un ouvrage traversant la route. Mais il faut alors ajouter un dispositif de protection spéciale.

Le tout doit d'ailleurs laisser encore une hauteur libre de 4 m. 30 au-dessus de la chaussée.

La *traversée des voies publiques* doit se faire sous un angle au moins égal à 30°, sauf au cas où la route suivie par la ligne croise une autre route sous un angle inférieur à 30°.

A la *traversée des agglomérations*, les conducteurs doivent être placés à au moins 1 mètre des façades; le long ou au-dessus d'un toit en pente, ils doivent en être distants de 4 m. 50 au moins pour la

1^{re} catégorie, de 2 mètres au moins pour la 2^e catégorie; si le toit est en terrasse, la distance doit être d'au moins 3 mètres pour les 2 catégories.

POSTES DE TRANSFORMATEURS ET SOUS-STATIONS. — Les postes non gardés doivent être fermés à clef et munis d'écriteaux :

« *Danger de mort* ».

Les conducteurs nus de 2^e catégorie doivent être hors de portée de la main (cette prescription est rarement réalisable).

Toute installation reliée à un réseau comportant des lignes aériennes de plus de 500 mètres doit être suffisamment protégée contre les décharges atmosphériques.

On doit afficher dans les postes :

1^o Un ordre de service indiquant qu'il est dangereux et formellement interdit de toucher aux pièces métalliques ou conducteurs soumis à une tension de 2^e catégorie, même avec des gants de caoutchouc, ou de se livrer à des travaux sur ces pièces métalliques ou conducteurs, même avec des outils à manche isolant.

2^o Des extraits de l'arrêté du 21 Mars 1911 et une instruction sur les premiers soins à donner aux victimes des accidents électriques, rédigée conformément aux termes qui sont fixés par une circulaire ministérielle.

BRANCHEMENTS. — Ils doivent être munis de dispositifs de coupure accessibles en tout temps aux agents de la compagnie de distribution.

TRAVERSÉE DES COURS D'EAU ET DES CANAUX. — A la traversée des cours d'eau navigables et canaux de navigation, les conducteurs aériens doivent passer au-dessus du plan d'eau à une hauteur fixée dans

chaque cas d'après la nature des bateaux et le mode de navigation, mais qui ne peut être inférieure à 8 mètres au-dessus des plus hautes eaux navigables.

Si la navigation est impraticable sur le cours d'eau traversé, la hauteur peut être réduite à 3 mètres.

TRAVERSÉE DES LIGNES DE CHEMIN DE FER. — La canalisation doit autant que possible emprunter un passage supérieur ou inférieur, et ne pas le franchir en diagonale; la ligne dont fait partie la canalisation traversant le chemin de fer doit pouvoir être coupée du reste de la distribution et isolée de tout générateur possible de courant.

Si une *canalisation aérienne* n'emprunte pas un ouvrage d'art, elle doit franchir les voies autant que possible d'une seule portée et sous un angle d'au moins 60° , sauf si elle suit une route, le point le plus bas doit être à 7 mètres au moins au-dessus du rail le plus haut. Les supports de la traversée doivent être distants d'au moins 3 mètres du bord extérieur du rail le plus voisin et en dehors des lignes électriques qui suivent les voies. Ils doivent, en cas de rupture de tous les fils, pouvoir résister à la traction totale de la ligne de l'autre côté.

Sur chacun de ces supports, le conducteur est relié à deux isolateurs.

L'arrêté ministériel indique, pour remplir cette condition, 6 dispositifs donnant satisfaction et reproduits par la figure 8.

Un cadre métallique relié à la terre doit être fixé à chaque support, à 50 centimètres au moins des isolateurs dans la portée de la traversée. Ces deux cadres sont traversés par tous les conducteurs de la ligne, de façon à mettre ces conducteurs à la terre en cas de rupture.

Pour les lignes de 2^o catégorie, les supports de la traversée et des portées contiguës ne doivent pas être

PLAN.

ÉLEVATION.

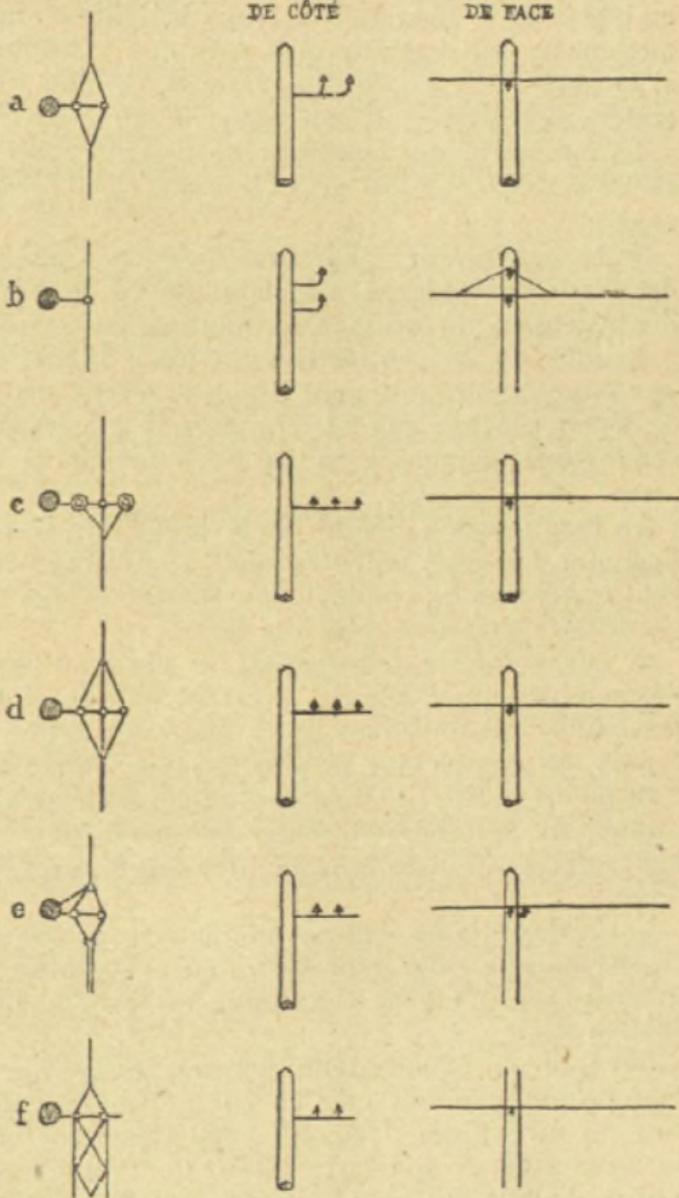


Fig. 8.

en biais, et le diamètre de l'âme métallique du conducteur ne doit pas être plus petit que 4 millimètres si la portée est au plus de 40 mètres, et que 5 millimètres si la portée est supérieure à 40 mètres.

La circulaire qui accompagne l'arrêté préconise certains dispositifs de protection aux traversées des voies :

1° Le *protecteur longitudinal* se place au-dessus des fils télégraphiques, téléphoniques et de signaux; il consiste en un grillage formant nappe horizontale à mailles de 20 centimètres environ; il doit avoir une largeur suffisante pour déborder les fils protégés, de façon à éviter aux fils en question le contact des conducteurs d'énergie en cas de rupture de ces derniers.

La longueur en dehors de la projection des conducteurs d'énergie doit être égale à la distance séparant le grillage du conducteur d'énergie le plus élevé. Ce grillage doit être relié à la terre.

2° Le *protecteur transversal* se place au-dessous des conducteurs d'énergie. Il est forme d'U ou de V; les mailles ont au moins 40 centimètres; il doit être séparé du conducteur le plus bas par une distance d'au moins 1 mètre et disposé de telle sorte qu'aucun contact ne soit possible entre les conducteurs et le filet, quel que soit le vent. Le filet doit être relié à la terre.

Ces dispositifs ne sont pas obligatoires; ils ne sont établis qu'à la suite d'un accord entre les intéressés. Dans ce cas, on peut supprimer les cadres prévus par l'arrêté.

Lorsque la canalisation traversant la voie est *souterraine*, elle doit être en *câbles armés*. Ceux-ci doivent être logés dans des conduites d'au moins 6 centimètres de diamètre extérieur, prolongées de part et d'autre des rails extérieurs, de façon à pou-

voir les retirer sans faire de fouilles sous le ballast. Sur le reste de leur parcours dans l'emprise du chemin de fer, ils peuvent être en terre-plein, mais à 70 centimètres au moins en contre-bas de la plateforme des terrassements.

PROTECTION DES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES, TÉLÉPHONIQUES OU DE SIGNAUX. — La distance entre les conducteurs d'énergie et les fils télégraphiques, téléphoniques ou de signaux ne doit pas être inférieure à 1 mètre. Si ces derniers suivent des conducteurs de 2^e catégorie, la distance doit être augmentée de manière à éviter tout contact accidentel; elle ne doit pas être alors inférieure à 2 mètres, sauf si les conducteurs sont fixés sur toute leur longueur.

Aux points de *croisement*, ce sont les lignes d'énergie qui doivent passer au-dessus, autant que possible.

Dans le cas contraire, et s'ils sont de 2^e catégorie, ils doivent être pourvus d'un dispositif de garde efficace en bonne communication avec la terre. (Il est à remarquer que l'arrêté ne précise aucunement, la structure de ce dispositif).

Une disposition analogue peut, en cas de nécessité, être imposée, pour les conducteurs de 1^{re} catégorie. (Ici encore l'arrêté ne spécifie pas dans quel cas il y a nécessité, ni qui peut décider s'il y a ou non nécessité).

Si les deux lignes (énergie et téléphone ou télégraphe) sont *souterraines*, il doit exister entre elles une distance minima de 1 mètre, à moins qu'elles ne soient séparées par une cloison. Aux points de *croisement*, la distance minima doit être de 50 centimètres, à moins que les câbles d'énergie ne soient armés ou présentent des garanties équivalentes.

Les lignes téléphoniques, télégraphiques, ou de signaux, affectées à l'exploitation des lignes de 2^e catégorie, qui sont montées sur les mêmes sup-

ports que ces dernières, leur sont assimilées pour les conditions de leur établissement.

En outre, leurs postes de communication, appareils de manœuvre et d'appel, sont disposés de telle manière qu'il ne soit possible d'y toucher qu'en se trouvant dans les meilleures conditions d'isolement par rapport à la terre, à moins que leurs appareils ne soient disposés de manière à assurer l'isolement des opérateurs.

(Pratiquement, on se protège à la fois du côté de la terre et du côté de la ligne, dès que la tension devient un peu élevée. Le plancher du poste téléphonique est monté sur porcelaine ou recouvert d'un tapis de caoutchouc, les poignées des écouteurs sont isolantes et la magnéto d'appel est actionnée par l'intermédiaire d'une courroie de caoutchouc).

PRÉCAUTIONS A PRENDRE DANS LES TRAVAUX D'ENTRETIEN. — Il est formellement interdit de faire exécuter sur les lignes de la 2^e catégorie aucun travail sans qu'elles aient été, au préalable, isolées de tout générateur possible de courant.

(On entend par là qu'il faut non seulement isoler la ligne de la source ordinaire de courant, mais encore éviter l'arrivée de courant par une autre source.

1^{er} exemple : Groupes convertisseurs synchrones ou commutatrices, avec batterie d'accumulateurs; lorsque le courant de l'usine est coupé, si l'on ne prend pas de dispositions spéciales, la génératrice peut marcher en moteur et le moteur en générateur.

2^e exemple : Couplage des postes de transformateurs par la basse tension; on peut renvoyer du courant sur la ligne alimentant un des postes).

La communication ne doit être établie que lorsqu'il y a certitude que les ouvriers ne travaillent plus sur les lignes. A cet effet, l'ordre de rétablissement de courant ne peut être donné que par le chef de ser-

vice ou son délégué, et seulement après qu'il se sera assuré que le travail est terminé et que tout le personnel de l'équipe est réuni en un point de ralliement fixé à l'avance.

Pendant toute la durée du travail, toutes dispositions utiles doivent être prises pour que le courant ne puisse être établi sans ordre exprès du chef de service ou de son délégué (une précaution facile à prendre consiste à court-circuiter, par un conducteur suffisant et relié à la terre, les conducteurs sur lesquels on travaille, en aval et en amont s'il y a lieu. c'est-à-dire si le courant peut venir des deux côtés).

Dans les cas exceptionnels où il est nécessaire qu'un travail soit entrepris sur les lignes en charge de la 1^{re} catégorie, il ne doit y être procédé que sur l'ordre exprès du chef de service et avec toutes les précautions qu'il indiquera.

ELAGAGE DES PLANTATIONS. — Sur les voies publiques empruntées par une distribution d'énergie électrique, l'élagage des arbres plantés en bordure de ces voies, soit sur le sol de ces voies, soit sur les propriétés particulières, doit être effectué aussi souvent que la sécurité de la distribution l'exige.

S'il en est requis par le service du contrôle, l'entrepreneur de la Compagnie de distribution est tenu de procéder à cet élagage en se conformant aux instructions du service de voirie.

Il est interdit de faire exécuter des élagages ou des travaux analogues pouvant mettre, directement ou indirectement, le personnel en contact avec les conducteurs électriques de la 2^e catégorie sans avoir pris les précautions suffisantes pour assurer la sécurité du public et du personnel par des mesures efficaces d'isolement.

DIVERS. — Il est interdit d'employer la terre comme partie du circuit de distribution.

Aucun conducteur d'énergie ne peut être établi à moins de 20 mètres d'une poudrerie ou de magasins à poudre, à munitions ou à explosifs, si le conducteur est aérien et à moins de 10 mètres s'il est souterrain. Ces distances se comptent à partir de l'aplomb extérieur de la clôture ou du mur d'enceinte spécial.

II. — *Organisation administrative des réseaux de distribution.*

Sans parler des petits réseaux privés qui alimentent des îlots de bâtiments sans emprunter la voie publique, les compagnies ou entrepreneurs sont autorisés à construire et exploiter leur réseau : soit par *permission de voirie*, soit par *concession* de la commune ou de l'Etat.

L'exécution de toute *ligne nouvelle* par la compagnie ou l'entrepreneur, est subordonnée à l'approbation du projet soumis au *Service du Contrôle des distributions d'énergie électrique*. Celui-ci le communique aux différents services intéressés (P. T. T., etc.) qui font part de leurs objections, s'il y a lieu.

Lorsque la ligne projetée comporte une traversée de voie ferrée l'autorisation doit faire l'objet d'un arrêté préfectoral.

Les exploitations sous le régime de la permission de voirie doivent demander une nouvelle permission pour chaque nouvelle ligne à construire.

Les *branchements* ne nécessitent pas la présentation d'un projet complet. Il suffit d'informer les services intéressés (D. E. E., P. T. T., voirie, etc.) de l'intention de les exécuter.

Ces services doivent présenter leurs objections dans un délai de 8 jours.

MATÉRIEL ET APPAREILLAGE

CHAPITRE PREMIER

LIGNES AÉRIENNES

1°. — *Conducteurs.*

Les conducteurs employés dans les lignes aériennes sont en cuivre ou en aluminium.

Cuivre. — Le cuivre est encore actuellement le plus employé pour cet usage; non pas à l'état pur, car sa résistance mécanique à la traction serait trop faible, mais sous forme de bronze silicieux. Un bon alliage doit présenter une résistance électrique de 16,5 ohms par kilomètre et pour 1 millimètre carré de section.

On ne pose pas pratiquement de fils inférieurs à 20/10 de diamètre; encore ceux-ci sont-ils à peu près réservés aux dérivations de tout petits abonnés. L'arrêté du 21 Mars 1911 ne tolère le 20/10 que pour les branchements ne traversant pas les lignes téléphoniques ou télégraphiques et exige au moins 30/10 pour les lignes.

Jusqu'à 50 ou 60/10, on utilise encore des fils; au-dessus, on emploie des câbles dont la pose s'effectue beaucoup plus aisément. Déjà, la tension des lignes en fils de 60/10 est extrêmement pénible bien qu'on

puisse encore la réaliser très correctement, sans coques ni flèches exagérées.

CABLES. — Les câbles sont composés de fils de 7, 12, 16, 18, 20/10, etc., aux nombres de 3, 7, 12, 19, 27, 37, 61, etc. -

Ces nombres ne sont pas quelconques; ils correspondent à la disposition que prennent le plus aisément les fils les uns autour des autres.

Par exemple : un câble de 27 fils est composé d'une âme de 3 fils entourée d'une couche de 9, puis d'une couche de 15 fils.

Aluminium. — L'aluminium employé pour les câbles électriques est généralement de l'aluminium pur (99 à 99,5 p. 100). Il se recouvre au contact de l'air humide d'une couche légère d'alumine hydratée qui forme enveloppe protectrice et empêche une attaque ultérieure du métal.

Cette couche d'alumine est même peu conductrice; ainsi il peut arriver qu'en touchant du doigt une canalisation à basse tension, on ne reçoive aucune secousse.

La *résistance à la traction* de l'aluminium est environ deux fois plus faible que celle du cuivre, ce qui est une infériorité, au point de vue des lignes aériennes,

La *conductivité* de l'aluminium est plus faible que celle du cuivre, de sorte que le conducteur d'aluminium équivalent, au point de vue de la résistance et de la longueur, à un conducteur de cuivre donné a une section 1,67 fois supérieure, c'est-à-dire un diamètre 1,3 fois plus grand; cependant, grâce à la faible *densité* de l'aluminium, c'est ce conducteur qui pèse le moins.

Economiquement, l'aluminium n'est avantageux que lorsque le prix du kilogramme est inférieur à deux fois le prix du kilogramme de cuivre. Mais il

présente en outre, du fait de sa légèreté, une économie sur les frais de transport, la main-d'œuvre et l'importance des supports.

Enfin, toutes choses égales d'ailleurs, le diamètre d'un conducteur d'aluminium étant supérieur à celui d'un conducteur en cuivre, on a avec l'aluminium une réduction de la perte par effluves dont nous parlerons plus loin.

Une autre propriété importante de l'aluminium est sa *dilatation* à la chaleur; son coefficient est de 50 p. 100 supérieur à celui du cuivre.

On considère généralement ce fait comme désavantageux, parce que l'aluminium doit donner une flèche plus grande que celle du cuivre en été. Ceci n'est pas exact, car le coefficient d'élasticité du cuivre est presque le double de celui de l'aluminium : l'effet d'une augmentation de température de la ligne est, d'une part, une dilatation tendant à un accroissement de la flèche, d'autre part, une diminution de la tension qui entraîne une réduction de l'extension élastique. Celle-ci tend à annuler la dilatation de sorte qu'une ligne en cuivre et une ligne en aluminium ayant des flèches égales par temps froid auront encore approximativement les mêmes flèches par temps chaud.

Avec l'aluminium, il est prudent de n'employer que des *conducteurs câblés*, quelle que soit d'ailleurs la section, un défaut dans le fil, plus fréquent qu'avec le cuivre, pouvant causer une rupture.

Le raccordement des câbles d'aluminium, de même que les ligatures de tête de ligne, peut se faire par épissures ou par manchons.

On se sert parfois d'un manchon d'aluminium à section ovale exécuté sans soudure. Les extrémités des deux câbles, bien nettoyées, sont introduites l'une contre l'autre dans le manchon également bien nettoyé; puis, à l'aide d'une clef, deux ouvriers sai-

sissent chacun une des extrémités du manchon et tournent en sens inverse en exécutant le nombre de tours nécessaire pour avoir un serrage suffisant. Le serrage doit être arrêté à temps pour ne pas déchirer le manchon.

Les ligatures sur isolateurs ne se font pas autrement qu'avec le cuivre, mais le fil d'attache est du fil d'aluminium recuit de 25 à 30/10, suivant la grosseur du câble à fixer; il doit être serré entièrement à la main sans l'intermédiaire d'aucune pince.

On peut encore employer pour l'attache une barre auxiliaire ronde dont les deux extrémités sont aplaties sur une grande longueur; la partie du milieu, restée ronde, fait le tour de la gorge de l'isolateur et les extrémités aplaties sont enroulées en hélice autour du conducteur.

Au lieu d'aplatir la barre, on peut la ligaturer des deux côtés de l'isolateur, sur le conducteur, avec le fil d'attache. On peut aussi raccorder un conducteur de cuivre et un conducteur d'aluminium à la condition de n'exercer aucune traction sur les points en contact et d'enfermer le point de contact des deux métaux dans une gaine isolante et étanche.

Le contact de deux métaux différents produit en effet un phénomène électrique de même espèce que dans la pile, lequel contribuerait à augmenter l'action de l'humidité sur les métaux et finirait par anéantir le contact électrique au joint.

Les dérivations d'aluminium sur aluminium se font également en soustrayant le raccord aux efforts de traction.

L'*outillage* pour lignes aériennes est semblable à celui qu'on utilise pour les conducteurs de cuivre; toutefois il est bon de garnir les tendeurs et les pinces d'une fourrure en bois ou en aluminium pour ne pas blesser le métal.

Lorsqu'on déroule le câble on le monte, au fur et à mesure de son passage devant les poteaux, sur des poulies en bois accrochées aux ferrures afin d'éviter le frottement du câble sur le sol.

On a préconisé pour les lignes à haute tension de grandes portées, l'usage des câbles d'aluminium à âme d'acier ou de fer afin d'augmenter leur résistance mécanique.

Cet usage semble sans intérêt étant donné qu'on a réalisé en aluminium pur des lignes présentant des portées de 200 à 300 mètres qui se sont toujours très bien comportées. Cependant, lorsque ces portées doivent traverser des cours d'eau navigables, il est nécessaire d'obtenir une flèche aussi réduite que possible, ce qui nécessite l'emploi de câbles aluminium-acier.

De plus, ceux-ci constituent une sérieuse économie, dans le cas des longues portées, par suite précisément de la réduction de la flèche.

Conducteurs bimétalliques. — On a utilisé aussi des conducteurs bimétalliques constitués par une âme en fer entourée d'un fourreau de cuivre ou de bronze. Leur avantage est de présenter une *résistance à la traction* supérieure à celle des fils de cuivre et d'avoir une conductibilité électrique supérieure à celle du fer. Ces conducteurs sont surtout employés dans les lignes téléphoniques et fort peu dans les lignes industrielles. Leur travail est assez délicat et l'adhérence entre les deux métaux est souvent précaire.

Effluves. — Si, en basse tension, les considérations électriques de densité de courant et de chute de tension conduisent à des sections très supérieures à celles qu'indiqueraient les considérations mécaniques, à plus forte raison, pour les très hautes tensions, est-on conduit à de gros diamètres en raison

de la *perte par effluves*. Ce phénomène réside dans la propriété qu'ont les conducteurs de faible diamètre de se décharger dans l'atmosphère en produisant des effluves très facilement visibles dans l'obscurité. Ces effluves constituent d'abord une perte de courant très appréciable; en outre, elles rendent conducteur l'air environnant et diminuent ainsi l'isolement.

Ce phénomène étant, pour une tension donnée, d'autant plus intense que le diamètre du conducteur est plus petit, voici les diamètres minimum à adopter pour quelques valeurs de la tension.

Tension.	Diamètre minimum.
30.000 volts.	4 mm. 5
40.000 —	5 — 5
50.000 —	6 —
60.000 —	7 —
70.000 —	7 — 5
80.000 —	8 — 5
90.000 —	9 — 5
100.000 —	10 —

REMARQUE. — Ce phénomène est souvent désigné dans les ouvrages sous le nom d'effet couronne ou encore d'effet corona.

2°. — *Isolateurs.*

Les isolateurs sont des pièces isolantes destinées à supporter le conducteur électrique tout en l'isolant du support proprement dit : poteau, console, etc. (chap. V., 4°).

Ils doivent donc présenter une résistance mécanique assez grande et être constitués par une matière inaltérable aux intempéries.

Verre. — Le verre, d'un emploi courant dans les lignes téléphoniques et télégraphiques, n'est presque pas employé dans les lignes industrielles à basse tension. Par contre, pour la haute tension, on fait beaucoup d'isolateurs en verre vert.

Le verre a l'avantage d'une *homogénéité* parfaite ; toute fêlure se révèle à la vue alors que la porcelaine peut présenter des fissures internes permettant l'amorçage d'arcs et parfaitement impossibles à découvrir à l'œil.

Par contre, le *verre humide* est un mauvais isolant ; il se forme à sa surface des composés hydratés relativement conducteurs. Les isolateurs en verre doivent donc présenter un profil suffisamment capricieux pour que d'importantes zones soient soustraites au contact de l'eau. Le verre employé doit être d'une composition siliceuse et pauvre en alcalis ; il doit être recuit d'une manière complète.

Porcelaine. — La porcelaine *vitrifiée à cœur* présente de grandes garanties ; il faut cependant que les isolateurs ne présentent dans la matière aucune fente susceptible de laisser passer des effluves ou des arcs et masquée seulement par l'émail facilement percé.

On fait des isolateurs en porcelaine émaillés blanc ou brun pour haute et basse tension.

FABRICATION. — La porcelaine pour isolateur est de la porcelaine dure comprenant une structure en kaolin noyée dans une pâte de feldspath et de quartz. Les pierres de quartz et de feldspath sont broyées dans des concasseurs, puis moulues dans des tambours et, une fois en poudre, précipitées dans des cuves remplies d'eau pour être mélangées au kaolin débarrassé de sa gangue. Le tout est malaxé au moyen d'agitateurs actionnés mécaniquement. La pâte liquide ainsi formée est amenée dans des

bassins, après avoir passé sous des tamis, puis envoyée dans des filtres-presses où elle est soumise à des pressions atteignant 8 à 10 atmosphères pour être débarrassée de son excès d'eau. On l'en retire sous forme de gâteaux plastiques qu'on envoie aux pétrins mécaniques. Ceux-ci compriment verticalement et latéralement la pâte pour en extraire les bulles d'air.

La pâte est ensuite découpée en morceaux dans lesquels on façonne l'ébauche de l'isolateur qui a dès lors sa forme intérieure.

L'ébauche est séchée, puis le *tournaseur* lui donne sa forme extérieure et exécute le filetage interne s'il y a lieu.

Pour les pièces à faible résistance, on remplace l'ébauche et le tournasage par le *coulage* qui consiste à comprimer dans des matrices en acier la pâte humectée d'huile.

Après séchage, les isolateurs sont cuits dans des fours spéciaux et sont émaillés dans des fours à incandescence.

L'émail, coloré ou non, doit recouvrir toutes les parties de l'isolateur, sauf celles qui doivent recevoir un scellement ou qui sont des surfaces d'appui pendant la cuisson.

Les parties destinées aux scellements sont striées, rainées ou taraudées.

LIGNE DE FUITE. — De même que le verre, mais moins que lui cependant, la porcelaine peut laisser l'électricité fuir par sa surface, surtout si elle est humide ou poussiéreuse. Le trajet le plus court que peuvent prendre un arc ou des effluves pour aller du conducteur électrique à la ferrure (chap. V., 3^o) qui porte l'isolateur est appelé *ligne de fuite*. C'est la longueur de cette ligne de fuite qu'il faut développer autant que possible.

Nous avons déjà vu qu'il est nécessaire pour cela de ménager des parties abritées. Ces parties ne sont pas complètement efficaces, car il s'y accumule des poussières, des cadavres d'insectes, et de l'humidité même, par les brouillards ou les tourbillons de neige.

Les parties extérieures par contre, qui ne sont nullement isolantes sous la pluie, présentent au contraire une sécurité maxima par la sécheresse puisqu'elles sont fréquemment lavées.

Ces considérations ont conduit à des types d'*isolateurs dits à plusieurs cloches ou jupes*.

Pour les hautes tensions, le profil de l'isolateur doit être encore tel qu'il empêche l'amorçage d'arc entre le conducteur (et par suite le bord de la cloche supérieure) et la ferrure de support.

Bakelite. — On commence à fabriquer des isolateurs en *bakelite*, sorte de résine artificielle possédant une grande résistance au claquage. Ils ne sont pas encore répandus.

Types courants. Les isolateurs se distinguent principalement en *isolateurs d'alignement* et *isolateurs d'arrêt ou d'angle*.

Isolateurs d'alignement. — Ils s'emploient dans toutes les parties droites des lignes. Leur forme est toujours en principe celle d'une cloche munie à la partie supérieure d'une tête servant à amarrer le fil conducteur. Celui-ci est ligaturé, soit sur la gorge qui sépare la tête de la cloche, soit sur la rainure supérieure.

ISOLATEURS A BASSE TENSION (fig. 9, 10 et 11). — Les figures 9, 10 et 11 donnent trois formes courantes d'*isolateurs ordinaires à basse tension*. Ces isolateurs ont leurs dimensions déterminées plutôt par des considérations mécaniques.

Ils peuvent résister électriquement à des tensions

très supérieures à celles auxquelles ils sont destinés.
ISOLATEURS A HAUTE TENSION. — Dès qu'on atteint

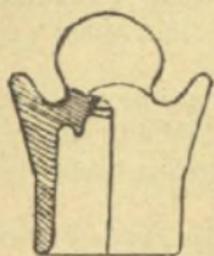


Fig. 9.

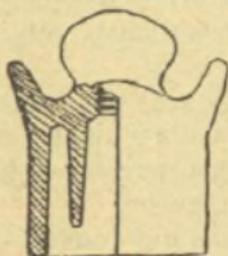


Fig. 10.

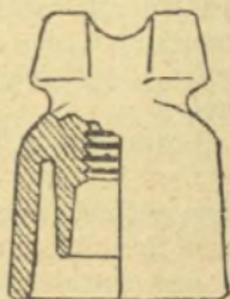


Fig. 11.

la tension de 1.000 volts, il faut employer des isolateurs à triple cloche. Il est même bon d'en faire usage à partir de 500 volts.

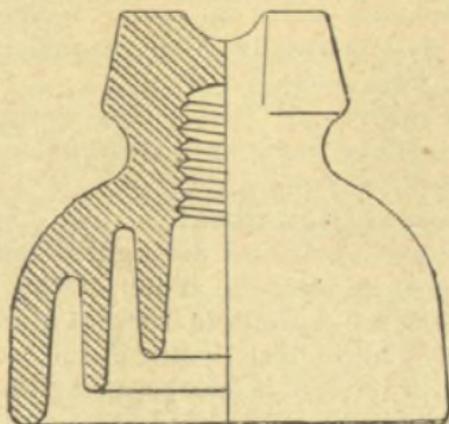


Fig. 12.

On a cherché à réaliser des formes très compliquées, destinées à augmenter la longueur de la ligne de fuite, mais on tend maintenant à se limiter à quelques formes simples.

Les figures 42, 13, 44 en montrent quelques-uns. Les formes en ombrelles sont les plus usitées. Voici,

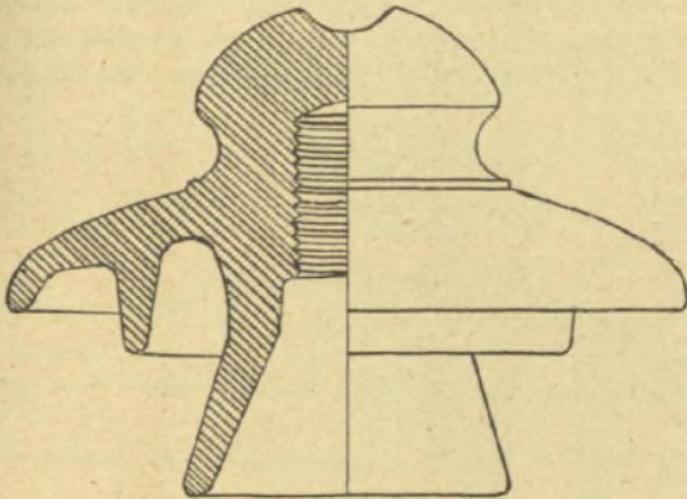


Fig. 13.

quelques-unes des dimensions qu'on tend à adopter pour les *isolateurs à triple cloche*.

Tension de service. (en volts)	Diamètre de la cloche.		Hauteur totale.
	inférieure.	supérieure.	
500 à 6.000	120	95	130
1.000 à 10.000	135	110	145
10.000 à 15.000	150	120	165
15.000 à 25.000	190	155	220
25.000 à 35.000	250	195	295

On construit souvent les *isolateurs* en plusieurs pièces scellées l'une dans l'autre pour faciliter la fabrication.

Pour les tensions très élevées, de l'ordre de 100.000 volts, on emploie des isolateurs du *type à suspension*. Ils sont constitués par un certain nombre de cloches en porcelaine (de 3 à 10), reliées en chapelet au moyen d'attaches métalliques, de façon à ne pas pou-

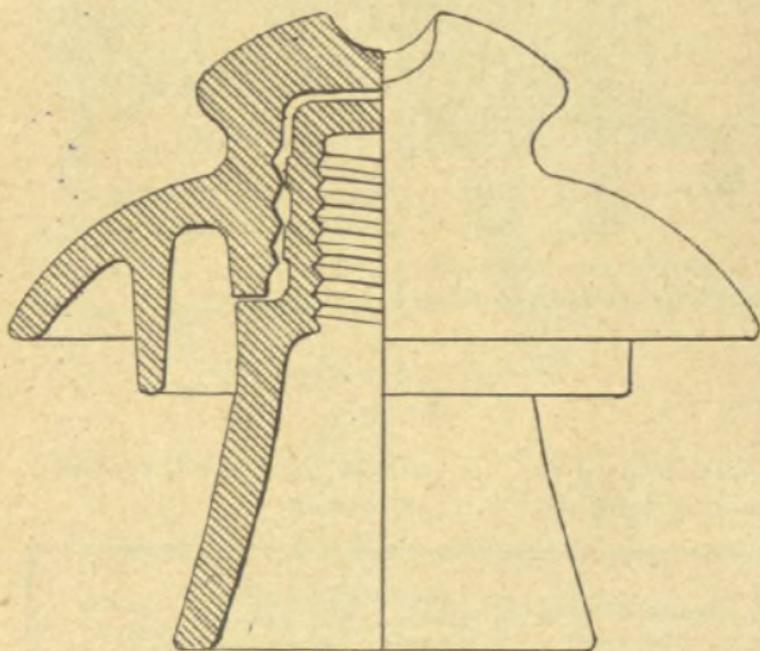


Fig. 14.

voir se décrocher lorsque le système s'incline sous l'action du vent. Ces isolateurs constituent une suspension souple d'une très grande hauteur (fig. 15).

Voici un exemple de chaîne à 110.000 volts : chaque chaîne est composée de 8 éléments en porcelaine émaillée brun. Ils sont assemblés par l'intermédiaire de capots à encoches dans lesquels viennent se loger les têtes des tiges ; une goupille inoxydabte à bossage

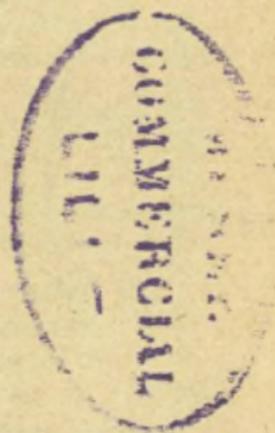
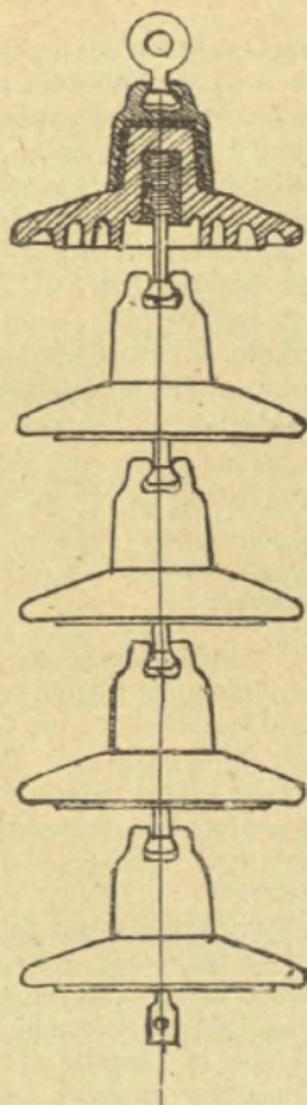


Fig. 15.

bloque automatiquement chaque liaison sans qu'il soit nécessaire d'écarter les brins après enfoncement.

Un œillet terminal suspend ou arrête la chaîne à une bride boulonnée à l'extrémité des bras des pylônes, et une pince de forme appropriée relie le câble par des étriers : diamètre d'un élément, 250 millimètres ; poids, 3 kgr. 600 ; longueur de la chaîne, 4 m. 30.

Le nombre des cloches de la chaîne augmente évidemment avec la tension.

Cependant, la tension entre le conducteur et la terre ne décroît pas régulièrement d'un élément à l'autre. Par exemple, sur une chaîne de cinq éléments, on a pu mesurer expérimentalement la répartition de tension suivante :

1 ^o isolateur	15,5	p. 100 de la tension totale		
2 ^o —	14,2	—	—	—
3 ^o —	16,2	—	—	—
4 ^o —	20,0	—	—	—
5 ^o — portant le conducteur	31	—	—	—

Les ferrures d'attache des isolateurs à suspension : chapeaux, tiges, pinces et ferrures diverses, se font le plus fréquemment en fonte inaltérable coulée, ou encore en acier forgé. On tend actuellement à employer des pièces estampées en acier doux ou en aciers spéciaux ; ces derniers permettent de réaliser des pièces dont la résistance à la rupture est exceptionnellement élevée.

La résistance de l'isolateur au point de vue électrique prend une importance énorme aux tensions élevées, précisément à cause de l'inégalité qui vient d'être signalée dans la répartition des tensions. Cette inégalité provient de la capacité électrique des éléments de l'isolateur par rapport à la terre. Pour y remédier il faut donc chercher à réduire l'effet relatif de cette capacité, ou la neutraliser complètement.

On a cherché un grand nombre de dispositifs réa-

lisant ces conditions par exemple l'adjonction de plaques ou de chapeaux métalliques fixés sur les éléments. Ces divers dispositifs ne permettraient pas de réduire la hauteur des chaînes employées, mais seulement l'effort électrique exercé sur les éléments les plus voisins de la ligne.

Isolateurs d'angle et d'arrêt. — Ils sont employés aux points où les lignes forment un angle vif

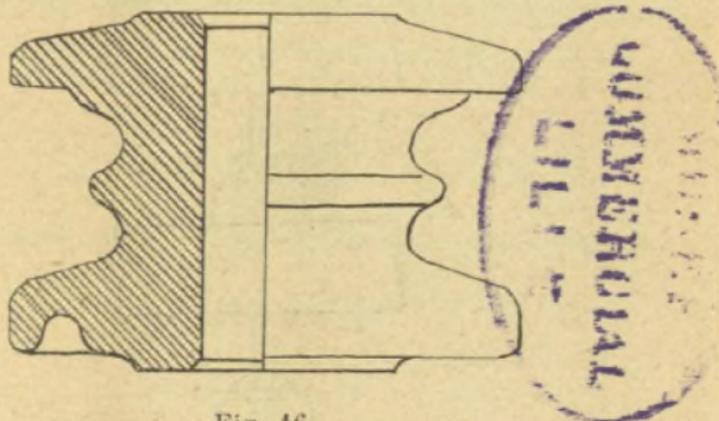


Fig. 16.

ou encore aux points terminus. Ils doivent présenter une *grande résistance* par eux-mêmes et permettre l'emploi de ferrures particulièrement résistantes.

La figure 16 en montre un type.

Certains types se montent sur des ferrures simples; d'autres (c'est le cas de la figure) sur des tiges filetées qui les traversent complètement et se boulonnent sur deux traverses.

Ces isolateurs sont employés pour des tensions relativement peu élevées; pour les lignes à très hautes tension, on emploie comme arrêts des isolateurs à chaîne d'un modèle spécial (fig. 17).

Isolateurs coupe-circuit. — Au point où est

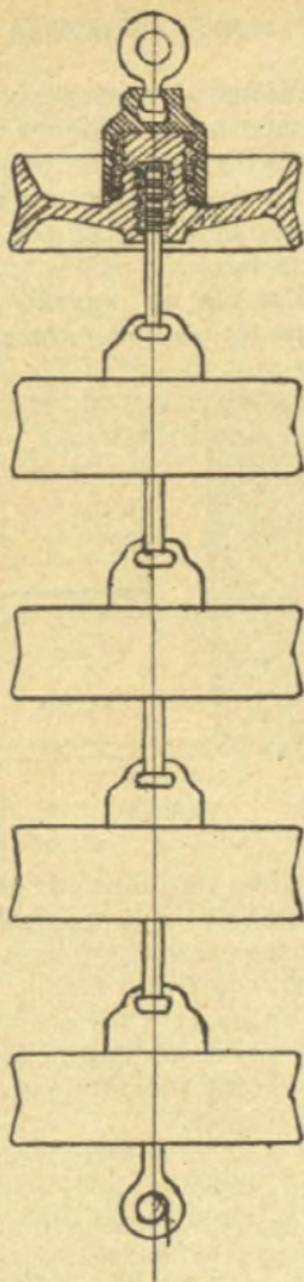


Fig. 17.

opérée une bifurcation ou dérivation sur une ligne aérienne, il faut placer des *isolateurs à coupe-circuits* ou à sectionneurs.

Les premiers (fig. 18) ont à la partie supérieure une crête aplatie portant 2 bornes à écrous entre lesquelles on peut serrer, soit un fil de plomb, soit une lame en alliage fusible, ou encore portant deux mâchoires en cuivre dans lesquelles on peut enfoncer une barrette en carton contenant le fil

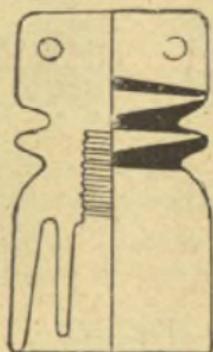


Fig. 18.

fusible. Le fusible est calibré de manière à pouvoir supporter largement le courant maximum consommé dans la dérivation qu'il commande.

Ces *isolateurs*, de même que les suivants, ne peuvent pas être employés sur la haute tension; en raison même de leur forme, la distance entre les bornes est relativement faible et l'arc, amorcé en haute tension par la fusion du fusible, resterait amorcé.

Les types à bornes à écrous sont préférables par leur robustesse aux types à mâchoires.

Les *isolateurs à sectionneurs* portent des petits sectionneurs de forme analogue aux sectionneurs à

haute tension, mais beaucoup plus petits. Ils permettent de séparer facilement une portion de ligne, par exemple pour y exécuter un travail ou rechercher un défaut.

Leur commodité n'est d'ailleurs qu'apparente, car ces appareils, peu robustes et ne fonctionnant que rarement, se détériorent sous l'action des intempéries et refusent tout service, le cas échéant.

En ce qui concerne la haute tension, les coupe-cir-

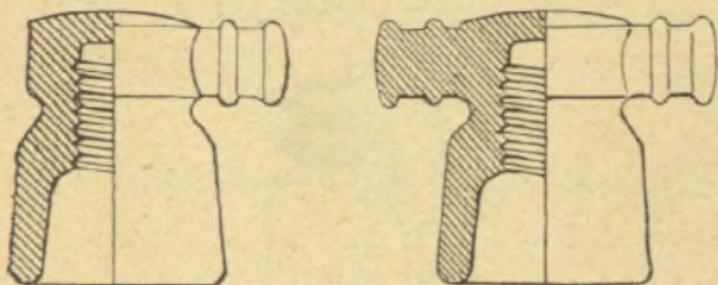


Fig. 19.

cuit et sectionneurs de ligne sont des appareils volumineux que nous étudierons plus loin (chap. V, 5°).

Isolateurs de descente. — Lorsque les fils conducteurs ont à descendre verticalement soit sur un poteau, soit le long d'un mur, on ne peut songer à les faire porter par des isolateurs à cloches plantés horizontalement. On conçoit que ces organes, construits pour être utilisés verticalement, conviennent très mal pour la position horizontale : les cloches n'abritent plus rien.

On doit donc proscrire cette pratique, ainsi que l'usage des poulies de porcelaine (pour l'extérieur), bien que, malheureusement, l'une et l'autre soient très fréquents.

Il existe en effet des isolateurs spéciaux pour les

descentes, dont la tête porte un ou deux bras horizontaux permettant l'attache du fil (fig. 19).

Isolateurs pour l'intérieur. — L'installation des lignes à l'intérieur des bâtiments ne nécessite pas d'isolateurs aussi importants qu'en plein air.

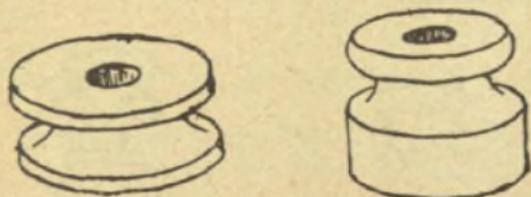


Fig. 20.

POUR LA BASSE TENSION, on se sert de *poulies* en porcelaine (fig. 20) qu'on distingue en poulies hautes et poulies basses suivant que leur hauteur est voisine, de leur diamètre ou de la moitié de leur diamètre.

Le fil passe sur la gorge de la poulie fixée à plat

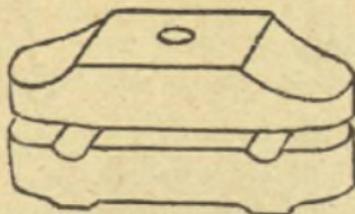


Fig. 21.

sur le support et y est attaché au moyen d'une ligature quelconque entourant la gorge.

On se sert aussi de *taquets* (fig. 21) ou *serre-fils* en porcelaine : ce sont 2 pièces en porcelaine pouvant se visser l'une sur l'autre et présentant sur leurs faces en contact des rainures laissant passer le conducteur.

POUR LA HAUTE TENSION, et même à partir de 500 volts, on emploie des isolateurs dits *accordéons* (fig. 22).

Ils sont montés presque toujours sur des ferrures droites et peuvent se fixer soit verticalement, soit horizontalement.

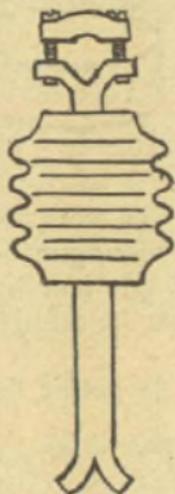


Fig. 22.

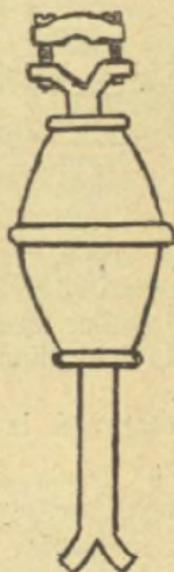


Fig. 23.

Ces ferrures sont soit à scellement, soit filetées avec écrous, suivant que l'isolateur doit être fixé directement dans un mur, ou dans un fer.

A l'autre extrémité de l'isolateur accordéon est scellée une pièce, en fer ou en bronze, dans laquelle est pris le conducteur. On lui donne généralement la forme d'une chape.

La hauteur des isolateurs accordéons varie naturellement avec la tension à laquelle ils sont destinés. En voici quelques exemples :

Tension de service.	Hauteur minima.	
10.000 volts.	9 centimètres.	
15.000 —	13	—
20.000 —	14	—
40.000 —	26	—
60.000 —	44	—
80.000 —	60	—
100.000 —	80	—
150.000 —	125	—

On tend actuellement à substituer aux isolateurs accordéons des isolateurs dits *tonneaux* (fig. 23).

Ces isolateurs sont, toutes choses égales d'ailleurs, un peu plus hauts que les isolateurs accordéons. Ils présentent une ligne de fuite beaucoup plus réduite que ces derniers, mais ont sur eux l'avantage de ne point accumuler à leur surface des poussières pouvant les rendre conducteurs.

Isolateurs de traversée. — Ce sont des pièces destinées à réaliser la traversée d'un mur par un fil à haute tension, par exemple à une entrée de poste. C'est un cylindre creux en porcelaine portant un certain nombre de cannelures, les unes destinées à augmenter la ligne de fuite, les autres à assurer le scellement.

Le fil passe à l'intérieur de l'isolateur où il est noyé dans une matière isolante (celle qu'on utilise pour les boîtes souterraines) qu'on y coule soigneusement (fig. 24).

Isolateurs métalliques. — Pour terminer cette question, citons une tentative récente pour substituer aux isolateurs en porcelaine des cloches métalliques scellées par un scellement au soufre recouvert d'une légère couche de paraffine. Ces cloches pourraient être en tôle d'acier emboutie, plombée, galvanisée ou émaillée.

Les isolateurs métalliques ne s'emploient évidem-

ment que pour les basses tensions ou les tensions moyennes (jusqu'à 3.000 volts). Ils pèsent 5 fois moins que l'isolateur en porcelaine équivalent et

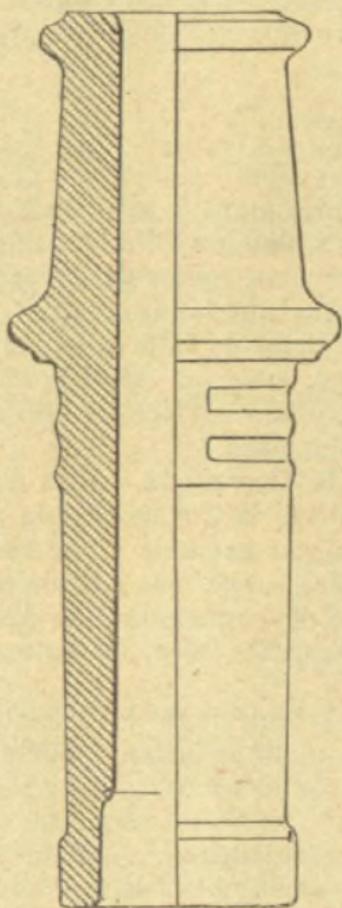


Fig. 24.

sont d'une résistance mécanique très supérieure. En outre, leur résistance d'isolement, même sous pluie, est supérieure à celle des isolateurs en porcelaine dans les mêmes conditions.

3°. — *Ferrures d'isolateurs.*

Les ferrures d'isolateurs sont presque toujours en *fer galvanisé*, plus rarement en *fer étamé*.

Le fer employé, fer nerveux, doit présenter la texture fibreuse caractéristique des bons fers, car les ferrures travaillent fortement à la flexion.

Essai. — On peut essayer le fer de la façon suivante : d'un coup de tranche on coupe le fer jusqu'au milieu de son épaisseur, puis on le plie en sens inverse de l'entaille; la texture fibreuse apparaît et le fer ne casse pas.

Il est nécessaire de faire cet essai sur quelques ferrures d'un lot à réceptionner.

Résistance mécanique des ferrures. — La ferrure doit pénétrer profondément dans l'isolateur et dépasser franchement le niveau du collet où s'attache le fil. Sinon, l'effort exercé par le fil agit en porte à faux sur le verre ou la porcelaine de l'isolateur et tend à le briser.

Dans les lignes existantes et en alignement, les ferrures n'ont à supporter que des efforts minimes : le poids d'une portée de la ligne, éventuellement celui de la neige qui s'y est accumulée et l'effort du vent sur les fils. Cependant, lors de la pose des fils, chaque isolateur peut avoir pendant un moment à supporter la tension de toute la ligne. La ferrure doit donc être dans tous les cas suffisamment forte pour supporter cette tension.

Les ferrures d'isolateurs d'arrêt ont à supporter en permanence la tension totale de la ligne. Elles doivent donc être particulièrement fortes.

Il en est de même des ferrures d'angle qui ont à supporter le *tirage au vide* des deux portées voisines.

Ferrures droites. — Les ferrures droites sont *les plus solides* pour une même quantité de fer. Elles sont constituées par une lige droite dont l'extrémité est filetée et qui porte vers le milieu une large embase.

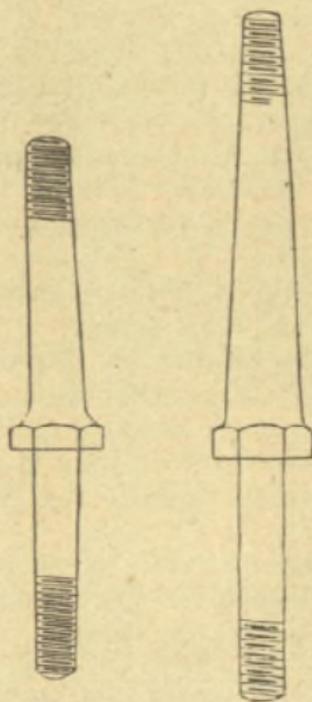


Fig. 25.

L'autre extrémité s'engage dans l'isolateur et y est scellée; elle porte généralement aussi un filetage destiné à assurer la solidité du scellement.

La partie supérieure au-dessus de l'embase peut être simplement cylindrique; mais dans les *ferrures longues* (à partir de 27 centimètres), elle est conique afin de présenter une plus grande résistance (fig. 25).

La partie inférieure est destinée à être prise dans la traverse du support (l'embase s'appuyant sur le dessus de celle-ci) et le serrage se fait par écrou et rondelle.

La figure 26 représente le montage d'une ferrure droite sur une console à collier.

Il existe un autre type de ferrure droite, mais qui est peu employé : c'est une tige cylindrique dont

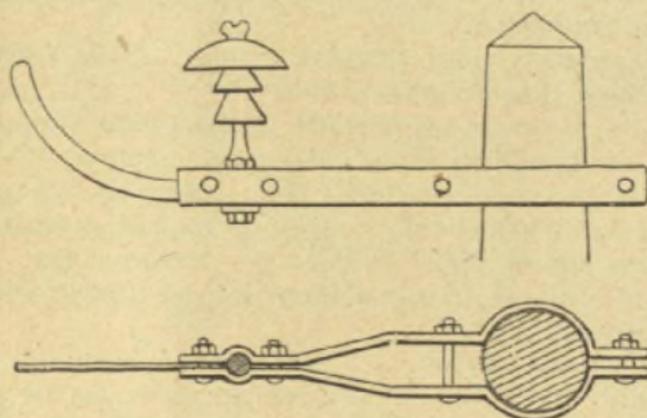


Fig. 26.

la partie inférieure est aplatie en forme de patte et percée de 2 trous. On la tire-fonne dans le poteau lorsqu'on veut fixer un isolateur surélevé sur la tête du poteau. Enfin, on fait des ferrures droites à pattes de scellement employées uniquement à l'intérieur.

Ferrures courbes. — Les ferrures courbes sont plus fragiles que les ferrures droites en raison même de leur forme; il en existe un très grand nombre de modèles.

On les fait soit à pattes boulonnées, soit à tiges filetées à bois, soit à écrou, soit à scellement.

FERRURES A PATTES BOULONNÉES. — Ces ferrures se

fixent soit sur des poteaux par des tirefonds et des boulons, soit sur des potelets de console par des boulons, soit encore sur des potelets en tube par des brides de serrage.

Elles présentent un ou deux trous pour les boulons.

Les ferrures courbes à pattes boulonnées sont *longues* ou *courtes*, en **S**, en **U**, ou en **J**.

Chaque type se divise en *console fortes* et en *console faibles*. Ces dernières ne sont pas utilisées dans l'industrie.

FERRURES A TIGES FILETÉES A BOIS. — Ces ferrures ont une queue filetée à bois et sont exclusivement employées pour les poteaux de bois dans lesquelles on les visse directement. Il ne faut employer ces ferrures que pour des lignes très légères et travaillant peu à l'arrachement, à cause de l'appui précaire de la vis unique dans le bois; ces ferrures sont d'ailleurs utilisées principalement dans les lignes téléphoniques.

FERRURES A ÉCROU. — Les ferrures à écrou ont l'extrémité filetée et sont serrées par un écrou. De plus, elles sont munies d'une plaque et d'une contre-plaque qui s'appuient contre le poteau et résistent au serrage de l'écrou. La figure 27 montre des types de ces différentes consoles.

FERRURES A SCHELLEMENT. — Les ferrures à scellement s'emploient directement dans les maçonneries; elles sont utilisées seulement pour les entrées de bâtiments (branchements d'abonnés, entrées ou sorties de postes, etc...).

On fabrique aussi des pièces en fonte destinées à remplacer les ferrures à écrou pour les poteaux bois. Ces pièces doivent travailler uniquement à la compression et par suite n'être employées dans les angles que lorsque la tension des deux portées voisines est rigoureusement la même; pour la même

raison, ces types ne doivent pas servir d'arrêt provisoire pendant la tension de la ligne.

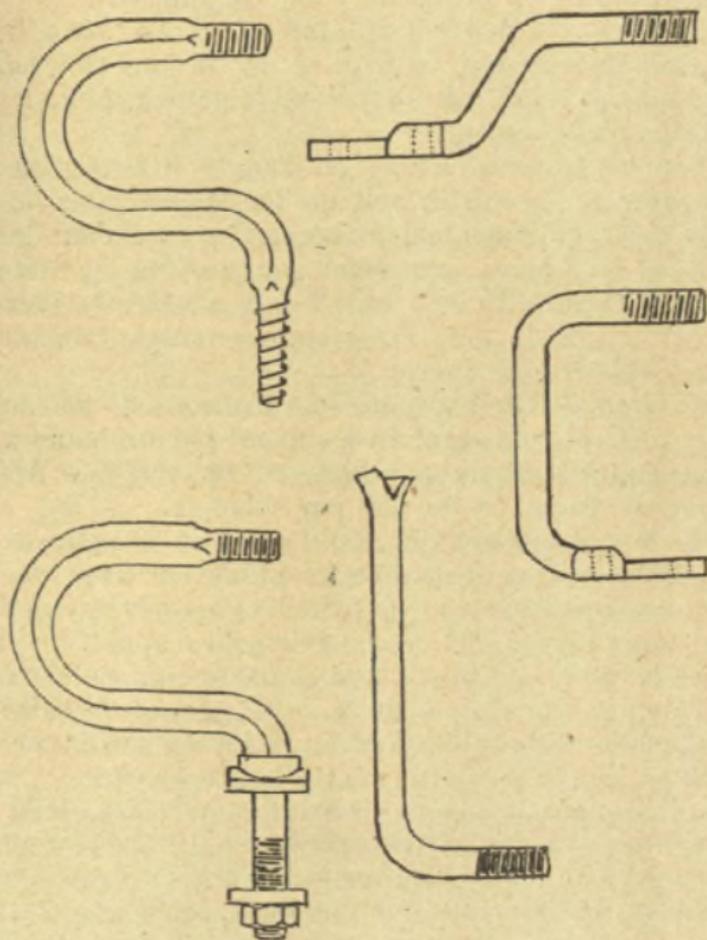


Fig. 27.

Ces pièces ne peuvent pas porter directement l'isolateur; ce sont des consoles qui doivent être complétées par des ferrures droites.

Traverses. — Les ferrures droites doivent être montées sur des consoles ou des traverses scellées dans les murs ou boulonnées sur les poteaux.

Les traverses peuvent être *métalliques* ou *en bois*. Dans ce dernier cas, on peut se servir d'un chevron de 7 cm. X 7 cm., tirefonné sur le poteau, pour les poteaux d'alignement.

Pour les traverses d'arrêt ou d'angle, il vaut mieux se servir de fers à U, soit un fer simple placé les ailes horizontalement (dans ce cas, percer dans les ailes un trou aussi rapproché que possible de l'âme pour la ferrure droite), soit 2 fers adossés et boulonnés ensemble avec l'écartement nécessaire pour passer la ferrure.

FIXATION. — Ces traverses sont fixées sur le poteau en encochant celui-ci et en les fixant par un boulon. Lorsqu'elles sont un peu longues, on y ajoute des jambes de force, en fer plat par exemple.

Sur les poteaux métalliques, il suffit de les appuyer sur des cornières transversales et de les fixer par deux boulons traversant le pylône et arrêtés par des écrous sur un fer plat convenablement disposé.

Les traverses en tube carré se fixent aux poteaux en bois par une plaque de fer dite *plaque de fixation* portant deux brides à écrou par lesquelles la traverse se trouve assujettie contre la plaque.

La liaison de la plaque de fixation avec le poteau est assurée par deux boulons traversant le poteau et situés dans un même plan vertical; entre la plaque et le poteau, on intercale une ferrure appelée *semelle*.

4°. — *Supports.*

Les supports sont de deux espèces, suivant qu'ils s'appuient sur le sol ou sur les bâtiments. Dans le

premier cas, on se sert de poteaux et de pylônes; dans le second cas, on emploie des consoles ou potelets.

Poteaux.

Les poteaux employés dans la construction des lignes sont des poteaux en bois, ou des poteaux métalliques.

Poteaux en bois. — On emploie des poteaux en bois de pin, ou de sapin simplement écorcés; les meilleurs sont ceux provenant de terrains secs et ayant été coupés en hiver.

Injection des poteaux. — Ils sont *injectés* avec un liquide antiseptique, généralement en France une solution de sulfate de cuivre. A l'étranger, on emploie aussi la créosote et le bichlorure de mercure (kyanisation), le chlorure de zinc et le fluorure de sodium.

L'injection se fait par différents procédés :

1° *Traitement à la brosse.* — On passe à l'aide d'une brosse une, deux ou trois couches d'antiseptique sur le bois à préserver, après l'avoir soigneusement desséché; la couche de protection n'a que 4 à 5 millimètres de profondeur et la durée du bois en contact avec le sol n'est guère prolongée que de 2 ou 3 ans par ce procédé.

2° *Injection en vase ouvert.* — On soumet le bois à un antiseptique chauffé à plus de 100°. Puis, ou bien on laisse refroidir le tout, ou bien on remplace l'antiseptique chaud par un antiseptique froid, ou bien encore on transporte rapidement le bois dans un récipient où se trouve un antiseptique froid.

En augmentant la durée du bain chaud, on augmente la pénétration; en augmentant la durée du bain froid, on augmente la quantité d'antiseptique absorbée.

3° *Traitement en vase clos.* — On introduit le bois dans un cylindre métallique de 1 m. 50 à 2 m. 50 de diamètre. On fait le vide dans le cylindre, puis on introduit l'antiseptique (chlorure de zinc ou créosote). A l'aide d'une pompe foulante on monte la pression jusqu'à 6 à 9 kilogrammes par centimètre carré et on l'y maintient un certain temps (de 3 à 12 heures selon le bois à traiter)

Dans un autre procédé, on introduit le bois sec dans le cylindre; on remplit celui-ci d'antiseptique chaud, puis on pompe jusqu'à 12 kilogrammes de pression. On enlève ensuite le liquide et on fait le vide une heure ou deux de manière à ne laisser dans le bois que la quantité désirée d'antiseptique.

4° *Procédé par immersion.* — On immerge les poteaux dans un antiseptique à la température ambiante; ce procédé qui permet un accès plus facile de l'antiseptique dans les fentes du bois est surtout appliqué au bichlorure de mercure (kyanisation).

5° *Procédé d'injection à la seringue.* — Un procédé récent consiste à injecter directement le liquide au cœur du bois par une seringue, au moyen d'une machine spéciale transportable. Le liquide progresse alors du cœur vers l'extérieur sans modifier la structure du bois.

Ce procédé économise une grande quantité d'huile de créosote et ne salit pas la surface du poteau.

Voici comment on l'applique : on injecte sous pression une quantité restreinte d'huile dans les troncs d'arbre, puis on fait subir à ces derniers un traitement par la vapeur pour obtenir une répartition profonde et uniforme de l'huile et pour rendre les surfaces extérieures nettes et propres.

Le pin absorbe 100 kilogrammes de créosote au mètre cube; le mélèze, 70 à 80 kilogrammes.

Ces deux essences d'arbre se laissent facilement injecter.

Le sapin vulgaire et le sapin rouge sont plus difficiles à traiter. On les injecte à raison de 100 kilogrammes au mètre cube; ou bien avec le sapin rouge, 80 à 85 kilogrammes après avoir saturé le bois d'une solution à 2 p. 100 de fluorure de sodium.

Un poteau imprégné à la créosote peut durer 22 ans, lorsqu'il en contient de 200 à 300 kilogrammes par mètre cube; les poteaux kyanisés à raison de 4 kilogrammes de bichlorure de mercure par mètre cube peuvent durer 16 à 17 ans.

Les poteaux injectés au sulfate de cuivre, à raison de 6 à 10 kilogrammes de sulfate par mètre cube, ont une durée moyenne de 14 ans. L'injection des poteaux au chlorure de zinc semblerait être la moins efficace; elle ne donnerait qu'une durée de 12 ans pour une imprégnation de 10 kilogrammes par mètre cube. La durée des poteaux de pin et de sapin non imprégnés ne dépasse guère cinq ans (1).

Traitement des extrémités. — Les poteaux même injectés doivent être goudronnés à leurs extrémités par application à chaud, au moyen d'un pinceau de 3 couches de goudron sur une longueur supérieure de 50 centimètres à la partie enterrée sur le gros bout, et sur 1 mètre à 1 m. 50 pour le fin bout.

On peut aussi peindre l'extrémité supérieure au lieu de la goudronner; quelquefois même on recouvre la pointe d'un chapeau en zinc ou en plomb.

Dimensions des poteaux. — Voici les dimensions usuelles des poteaux employés dans les lignes industrielles.

(1) Voir sur toutes ces questions de conservation des bois, DE KEGHEL, *Les Bois industriels*, J.-B. Baillière et Fils, 1921.

Longueur totale.	Diamètres.	
	sommet.	base.
8 mètres.	14 à 16 cm.	20 à 23 cm.
10 —	15 à 17 —	22 à 24 —
12 —	17 à 19 —	24 à 26 —
15 —	18 à 19 —	28 à 32 —

Ils doivent être enterrés aux profondeurs suivantes :

Hauteur du poteau.	Profondeur.
8 mètres.	1 m. 50
10 —	1 — 50 à 1 m. 75
12 —	1 — 75 à 2 —
15 —	2 — à 2 — 50

c'est-à-dire qu'on prend comme longueur encastree le *sixième* de la hauteur totale, ou encore un dixième de la hauteur hors-sol augmentée de 60 centimètres.

POTEAUX SURHAUSSÉS. — Lorsque la ligne exige en certains points des poteaux d'une hauteur supérieure aux hauteurs usuelles, on peut réaliser des poteaux surhaussés par l'assemblage de plusieurs pièces.

On peut, par exemple, choisir 2 tronçons de poteaux et les scier de façon que le petit diamètre de l'un soit égal au grand diamètre de l'autre. On les assemble à mi-bois sur une longueur de 0 m. 80 à 1 mètre par exemple, à l'aide de boulons et de colliers en fer plat (fig. 28).

Ces poteaux surhaussés ne doivent servir qu'à titre d'expédients, pour des lignes dont la tension est faible, ou bien en les cramponnant dans un mur au moyen de colliers solidement scellés.

Magasinage des poteaux. — Les poteaux maga-

sinés doivent être empilés sur des traverses de manière à ne pas reposer directement sur le sol; s'ils sont en plusieurs couches, les poteaux d'une couche doivent être disposés perpendiculairement à

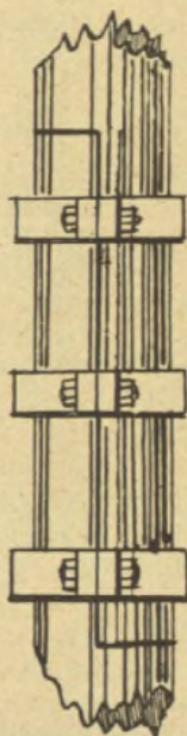


Fig. 28.

ceux de la couche inférieure afin d'assurer la circulation de l'air.

Différents genres de poteaux en bois. — Ces poteaux *simples* ne sont utilisés en général que dans les alignements, c'est-à-dire dans les parties rectilignes du tracé. Dans les autres cas on emploie des supports spéciaux qui sont :

Les poteaux haubannés;

Les poteaux moisés;

Les poteaux couples;

Les poteaux d'arrêt.

1^o POTEAU HAUBANNÉ. — C'est un poteau ordinaire maintenu par un *hauban*. Un *hauban* est une corde d'acier de 7 fils ou un câble à 6 torons de 7 fils avec âme de chanvre.

L'une des extrémités est fixée au sommet du poteau à renforcer, l'autre est attachée à un objet solidement enfoncé dans le sol ou scellé dans un mur.

Pour faire une boucle au câble à chacune de ses extrémités, on détord les fils sur environ 50 centimètres et on forme la boucle; les 7 fils redressés sont alignés sur le brin principal. On en prend un, on le toronne autour du câble et des six autres en spires serrées, puis on opère de même avec chacun des six autres (fig. 29).

A la tête du poteau, on empêche la ligature de glisser en la faisant appuyer sur deux tirefonds.

A l'autre extrémité du *hauban* on fait l'attache sur un mur solide, ou bien dans le sol. En sol meuble on fait un trou de 1 m 50 de profondeur et d'une étendue de 1 mètre carré environ. On dispose l'ancre formée d'un plateau et d'un boulon à œil; le plateau est une pièce de fonte de 0 m. 40 de diamètre, mais il peut être remplacé par un croisillon en bois (fig. 30). En sol rocheux, on scelle un boulon à œil comme dans la maçonnerie.

La *direction du hauban* est celle de la ligne si le poteau haubanné est un poteau d'extrémité, et celle de la résultante des efforts des deux portées voisines s'il s'agit d'un poteau d'angle.

2^o POTEAUX MOISÉS. — Ce sont deux poteaux placés l'un contre l'autre sur toute leur longueur avec intercalation de cales de bois, et réunis par des bou-

lons (fig. 34). La résistance de ce système est cinq fois plus grande que celle d'un appui simple.

3° POTEAU-COUPLE. — C'est l'ensemble formé par un poteau vertical appelé *pied droit* et un poteau

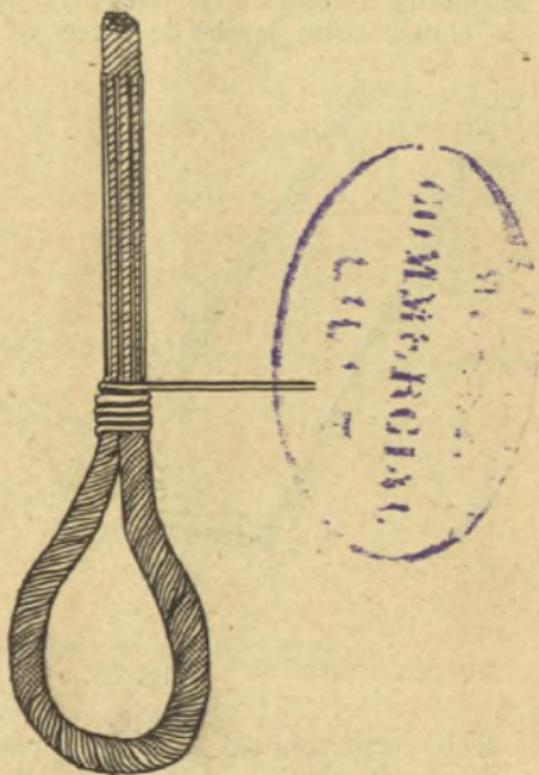


Fig. 29.

incliné appelé *jambe de force* qui s'appuie par sa tête contre la partie supérieure du premier. Les deux poteaux sont réunis ensemble par un boulon de tête et par une ou deux entretoises en X (fig. 32), fixée par des boulons. Avec les poteaux supérieurs à 8 mètres, on emploie deux entretoises.

Ce système de poteaux, ainsi que le précédent, doit être orienté de manière que l'effort s'exerce dans le plan commun aux deux poteaux.

4° POTEAU D'ARRÊT. — Il est constitué par un poteau ordinaire muni d'une *jambe de force* dans le sens de la ligne. Cette jambe de force est réunie au pied

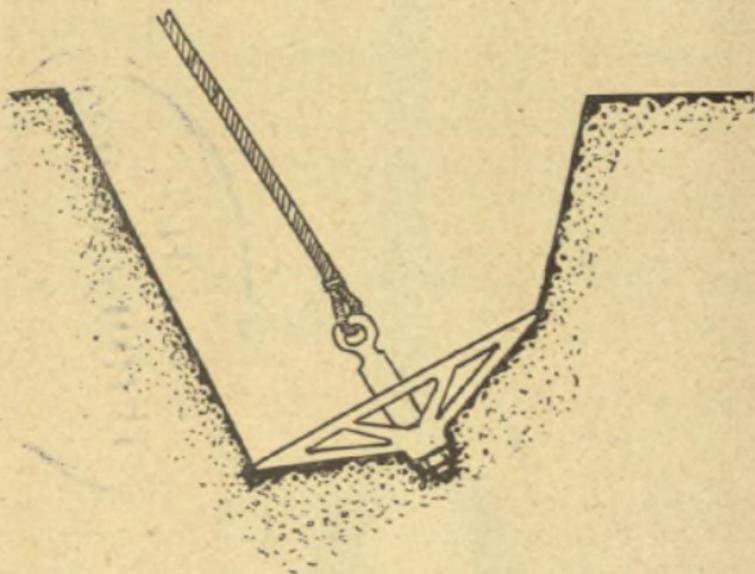


Fig. 30.

droit correspondant par un boulon de tête et des entretoises en X.

On peut aussi remplacer la jambe de force par un hauban.

Poteaux métalliques. — Partout où des questions d'esthétique ou de résistance mécanique s'opposent à l'emploi des poteaux de bois, on remplace ceux-ci par des poteaux métalliques.

Poteaux tubulaires. — Ces poteaux, en dehors de leur emploi pour les lignes de tramway à conduc-

teur aérien, sont encore très employés à l'intérieur des villes à cause de leur aspect moins grossier que celui des poteaux en bois.

Ils sont également employés dans les pays chauds

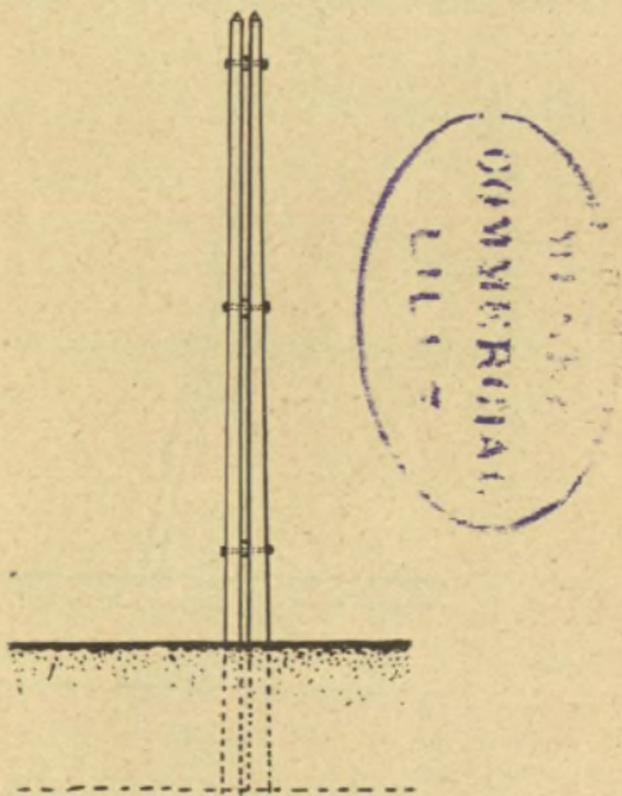


Fig. 31.

où les poteaux de bois sont détruits en quelques mois par les insectes.

Ils sont constitués par des tubes de fer, de diamètres décroissants, emmanchés les uns dans les autres, le plus souvent à chaud.

Un autre type de poteaux tubulaires est constitué par une simple tôle épaisse enroulée sur elle-même et soudée par approche, ou encore non soudée. Ces poteaux ne peuvent pas travailler à la torsion, c'est-à-dire supporter un effort exercé à l'extrémité d'une

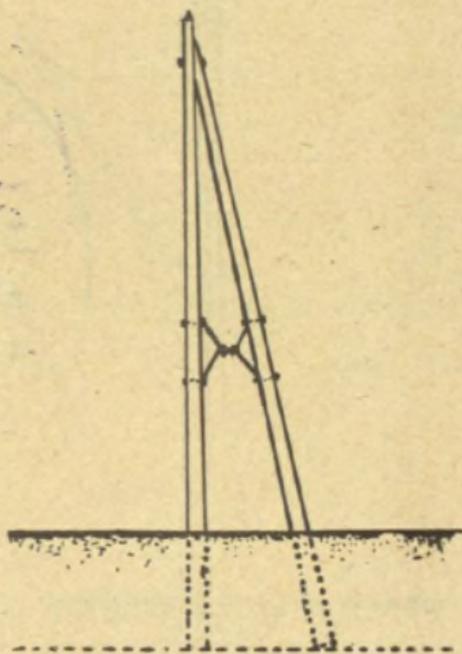


Fig. 32.

console ou d'une ferrure longue, un tel effort tendant à dérouler la tôle.

Le premier type décrit doit donc être choisi de préférence en dehors des alignements droits.

Ces poteaux tubulaires sont souvent garnis d'une embase métallique qui n'a qu'un rôle décoratif et ne contribue en aucune façon à la résistance de l'ensemble (fig. 33).

Les profondeurs d'encastrement de ces poteaux sont sensiblement les mêmes que celles des poteaux de bois.

Poteaux assemblés ou pylônes. — Ces supports d'une résistance exceptionnelle, sont construits soit

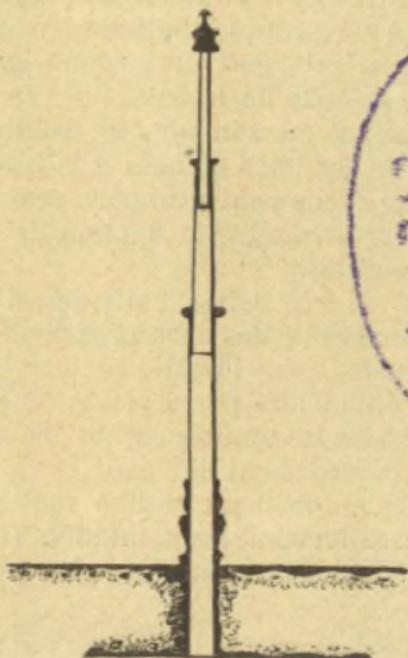


Fig. 33.

en fer ou en acier doux, soit en ciment armé. Ces derniers sont à peu près exclusivement réservés aux lignes à haute tension.

Les poteaux en fer assemblés sont formés de fers profilés : cornières, fers à T, assemblés par des fers plats.

Il y a de nombreux types de pylônes. Les plus simples sont constituées par 4 cornières reliées par

des fers plats; par exemple, les cornières sont simplement frettées par un cadre en fer plat calé à force, les cornières étant maintenues écartées par un cadre en fonte.

Mais on emploie plutôt les *assemblages en treillis* dont les figures 34 et 35 montrent deux exemples.

Le pylône est presque toujours pyramidal, le sommet ayant généralement une largeur égale à la moitié ou aux $\frac{2}{3}$ de celle de la base.

À la base et au sommet, le treillis est souvent remplacé par des tôles pleines, à la base pour éviter qu'on puisse facilement grimper après le treillis, au sommet pour permettre la fixation de certaines ferrures ou consoles.

La pratique, très usitée d'ailleurs, d'assembler les pylônes avec l'arête des cornières en dehors n'est pas à recommander, car l'humidité peut s'accumuler à l'intérieur et détruire peu à peu le fer par oxydation. Il est préférable de tourner l'arête en dedans afin de permettre l'écoulement de l'eau.

Les fers plats formant treillis sont proportionnés aux cornières formant les montants. Voici les dimensions se correspondant dans les pylônes de dimensions usuelles.

Cornières.	Fers plats.
—	—
30 mm.	20 × 4 mm.
40 —	30 × 5 —
50 —	35 × 6 —
60 —	40 × 7 —
80 —	50 × 9 —

Lorsque la distance entre les cornières à la base devient trop grande (vers 50 cm.), on remplace les fers plats d'assemblage par de petites cornières pour donner une rigidité suffisante à l'ensemble.

Les pylônes assemblés ou en treillis ont l'avantage

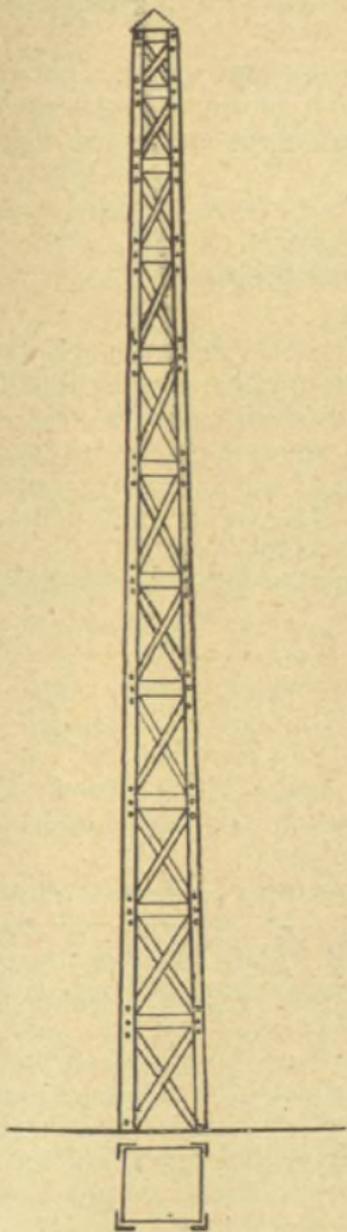


Fig. 34.

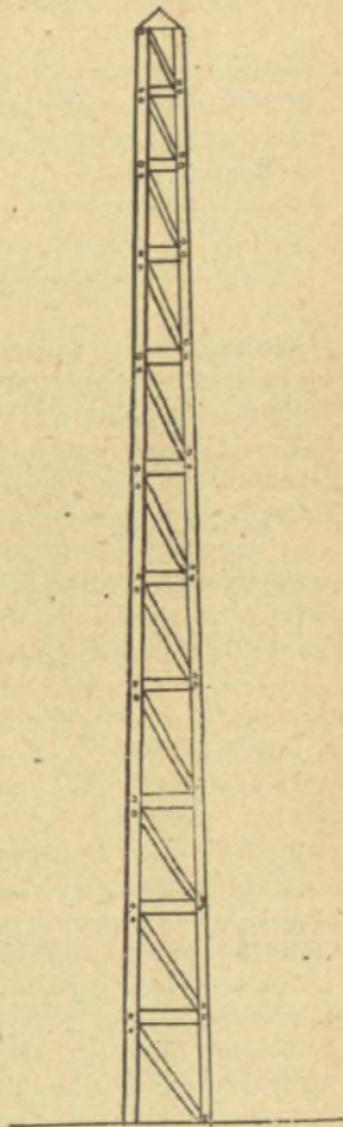


Fig. 35.

d'avoir facilement de grandes hauteurs. La possibilité d'un démontage facile en plusieurs tronçons les rend particulièrement avantageux pour les lignes accidentées.

Consoles et Potelets.

Consoles. -- Les consoles sont des supports fixés soit par scellement dans les façades des bâtiments, soit par des colliers sur des poteaux ou des pylônes.

Les consoles sont le plus souvent en *fers profilés*, assemblés d'une façon aussi simple que possible, présentant le minimum de percements et de boulons tout en gardant une rigidité suffisante.

Les consoles, utilisées surtout dans les agglomérations importantes, doivent avoir un aspect aussi léger que possible afin de ne pas trop déparer les rues.

Les formes en sont très variables; la tige verticale qui porte les isolateurs, ou *potelet*, est constituée par un fer à U ou encore par deux fers à U boulonnés âme contre âme avec interposition des jambes de scellement; celles-ci sont généralement en U et T ou en doubles cornières.

Enfin on ménage des entretoises en fer plat et des jambes de force lorsque la tige verticale est très haute ou que la console est d'angle ou d'arrêt. La figure 36 montre quelques types de consoles avec la nature des fers employés.

Pour assurer une bonne conservation des consoles, on doit les couvrir d'une couche de minium, puis d'une couche de peinture grise ou pierre de taille.

Les tiges longitudinales en U doivent autant que possible présenter les ailes vers le bas; dans le cas contraire, on doit percer des trous de 20 centimètres en 20 centimètres pour permettre l'écoulement de l'eau.

En dehors des fers plats ou profilés, on emploie souvent des fers carrés et des tubes type Louvroil, surtout pour les consoles ayant à supporter de très gros efforts.

Les *tubes carrés* sont particulièrement intéressants en ce sens qu'ils présentent une grande résistance pour un poids relativement faible. Ils sont généra-

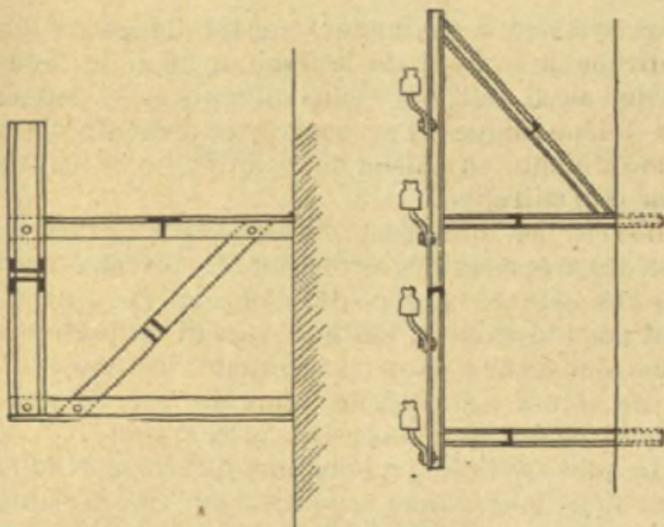


Fig. 36.

lement en acier doux, galvanisé au zinc pur; les dimensions usitées sont : 45 millimètres de côté et 4 mm. 25 d'épaisseur; on les fait en 3 longueurs : 1 m. 50, 2 m. 30, 3 m. 10.

Les potelets se fixent aux tiges à l'aide de brides de serrage et de pattes à tige filetée.

On a souvent besoin de fixer des consoles sur des poteaux; ces consoles sont à cet effet munies de colliers. Elles ne peuvent supporter un effort transversal sans être haubannées.

Enfin on fait des consoles en *béton armé* dont la résistance est élevée et le poids assez réduit.

Leur aspect s'harmonise mieux avec les façades que celui des consoles métalliques.

Potelets sur toitures. — Quelques réseaux d'énergie ont adopté le système des lignes sur toitures, très employé par l'administration des téléphones.

Ce système a l'avantage sur les lignes de façade d'affranchir le tracé de la ligne de celui des rues; il permet aussi de croiser sans difficultés les nappes de fils téléphoniques. Par contre, il présente de gros inconvénients en raison de la difficulté de construction et d'entretien.

L'accès des toits n'est possible qu'avec l'autorisation des propriétaires, et de plus, les travaux exécutés sur des toitures causent des dégradations qui appellent des indemnités. Enfin, le travail est particulièrement dangereux pour les monteurs de ligne.

Ces lignes s'établissent toujours sur potelets en *tubes carrés*, boulonnés dans la charpente.

Le plus souvent, on boulonne directement le montant dans une panne au moyen de 3 ou 4 boulons; on peut aussi les fixer dans les solives à l'aide du dispositif indiqué figure 37.

Pylônes pour lignes à haute tension.

Pour les tensions peu élevées (5.000 à 20.000 volts), on emploie encore des poteaux bois; encore doit-on y substituer des pylônes métalliques aux traversées de rivières, voies ferrées, etc..., et souvent pour supporter les appareils de coupure.

Pour des tensions plus élevées qui correspondent par conséquent à de plus grandes longueurs de par-

cours, et de plus grandes portées, on emploie exclusivement des pylônes métalliques assemblés ou des pylônes en béton armé.

Pylônes assemblés. — En ce qui concerne les

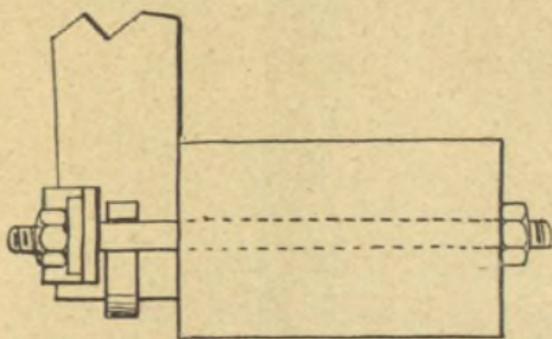
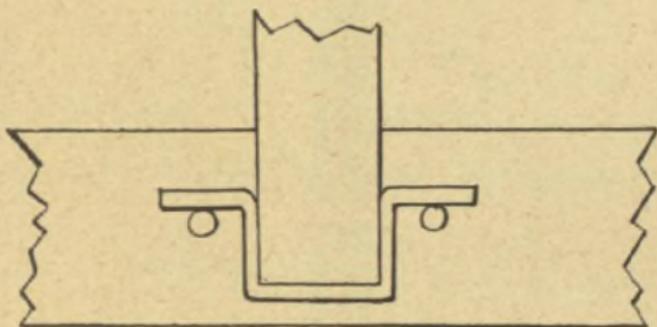


Fig. 37.

pylônes assemblés, tout ce que nous avons dit plus haut s'applique aux pylônes à haute tension.

Voici des exemples de pylônes pour ligne à 110.000 volts (fig. 38).

Pylônes d'alignement exécutés en 3 tronçons assemblés par des boulons :

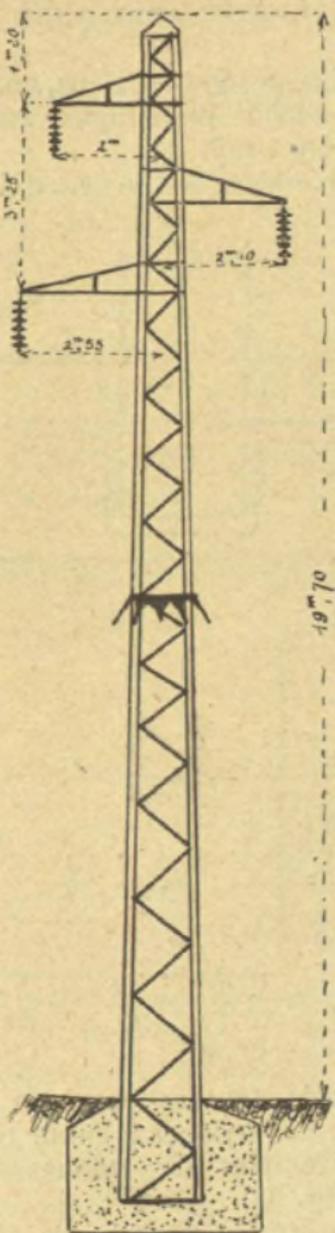


Fig. 38.

tronçon de base, cornière de $\frac{80 \times 80}{8}$

tronçon de milieu, cornière de $\frac{70 \times 70}{7}$

tronçon supérieur, cornière de $\frac{60 \times 60}{6}$

Les dimensions de la base à l'encastrement sont 1 m. 30 \times 1. m. 30.

Les dimensions au sommet sont : 0 m. 40 \times 0 m. 40.

Pylônes d'amarre et d'angle. — Egalement en 3 tronçons :

base, cornière de $\frac{100 \times 100}{10}$

milieu, cornière de $\frac{90 \times 90}{9}$

supérieur, cornière de $\frac{80 \times 80}{8}$

Dimensions de base : 1 m. 50 \times 1 m. 50.

Dimensions au sommet : 0 m. 50 \times 0 m. 50.

Poids : 2.500 kilogrammes.

Hauteur totale hors sol : 19 m. 70.

Il existe encore d'autres types utilisés dans les alignements dont la section est aplatie au lieu d'être carrée comme dans les types précédemment décrits; ces pylônes n'ayant pas à travailler dans le sens de la ligne, leur plus grande largeur est disposée perpendiculairement à celle-ci. Leur construction et plus particulièrement l'exécution des rivures est facilitée par cette forme.

Pylônes en béton armé.

C'est généralement cette forme disymétrique qu'on donne aux pylônes en béton armé. Ceux-ci peuvent

être constitués par 4 barres donnant une section rectangulaire ou carrée, reliées par un double fretage en hélices inversées, l'une tournant à gauche, l'autre à droite (fig. 39 et 40). Le béton étant coulé, le pylône présente l'aspect de la figure 39, avec des ajouements triangulaires qui facilitent la manutention.

On emploie aussi beaucoup des *pylônes octogonaux* possédant une armature à 8 barres et présentant une cavité conique suivant l'axe (fig. 41).

Les pylônes en béton armé ont l'avantage de pouvoir s'exécuter sur place dans un petit nombre de chantiers répartis le long de la ligne. Ils coûtent moins cher que les pylônes métalliques et demandent beaucoup moins d'entretien. Ils sont aussi plus légers et d'un aspect plus agréable.

Ciment. — Le ciment employé peut avoir la composition suivante :

Ciment de Portland à prise lente, 400 kilogrammes.

Gravillon et sable, 1.200 litres.

Le béton est versé dans le moule par petites couches et soigneusement pilonné. On laisse sécher 25 jours au moins avant de transporter le pylône.

Lignes caténaïres.

Lorsqu'on veut réaliser des lignes sans flèches et très résistantes, bien qu'avec de longues portées, on emploie le système de suspension dit caténaire. Il consiste à tendre entre les pylônes non pas le fil conducteur, mais un *fil porteur en acier* qu'on tend avec une flèche quelconque.

Le fil conducteur est suspendu à ce fil porteur au moyen de tringles verticales assez rapprochées, convenablement isolées, et de longueurs décroissantes

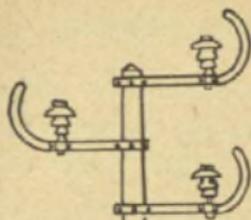


Fig. 39.

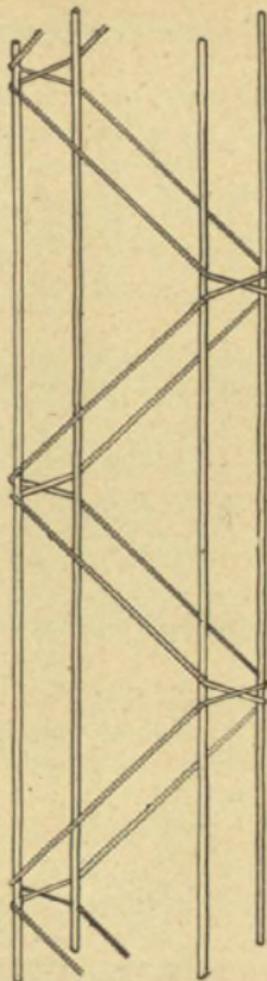
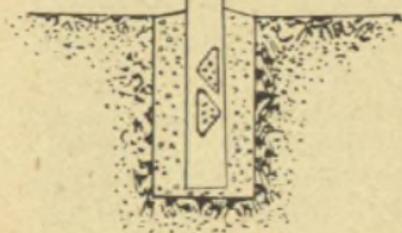


Fig. 40.

à mesure qu'on se rapproche du milieu de la portée.

De cette manière, le fil conducteur est suspendu bien horizontalement, la flèche qu'il prend entre deux supports étant insignifiante.

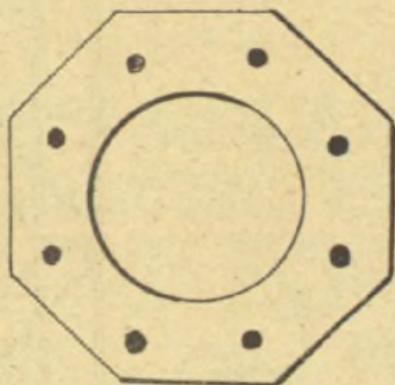


Fig. 41.

Ce système, employé surtout pour les lignes de traction, sert aussi quelquefois pour les lignes d'énergie.

5° *Appareils de coupure des lignes à haute tension.*

Il est nécessaire de pouvoir sectionner les lignes à haute tension, soit pour la recherche d'un défaut, soit pour travailler sur certaines portions, soit pour toute autre raison d'exploitation. On utilise pour cela des *interrupteurs aériens*.

Utilisation. — Placés de distance en distance sur les lignes, ces appareils permettent d'en isoler une section; ils sont fréquemment employés aux passages d'aérien en souterrain, aux traversées de voies fer-

rées ou de routes de grandes communications, aux abords des postes et des stations centrales.

Ils sont imposés à l'entrée et à la sortie de chaque agglomération et à l'origine de toute dérivation.

Les interrupteurs aériens ne sont appelés à rompre en charge qu'exceptionnellement, mais ils doivent néanmoins être toujours prêts à effectuer cette rupture en toute sécurité.

Ils sont exposés à toutes les intempéries; ils doivent donc être particulièrement *robustes* afin d'être toujours prêts à fonctionner.

Ces appareils sont installés en pleine ligne, sur des poteaux ou des pylônes spécialement aménagés pour les recevoir. Ils sont commandés soit du sol par des tiges ou des chaînes convenablement isolées, soit d'une plate-forme montée sur le pylône au moyen de perches isolantes utilisées dans les installations intérieures (chap. VII, 1°).

Interrupteurs à cornes. — Les plus employés de ces appareils sont les interrupteurs à cornes.

Ces appareils comprennent généralement 3 parties (fig. 42) :

1° Un *châssis* fixe en fers profilés qui se place sur un pylône ou sur un ou deux poteaux; ce châssis supporte les isolateurs d'arrêt de la ligne et le mécanisme,

2° Le *mécanisme interrupteur*; il est constitué par deux arbres parallèles portant chacun les contacts et les cornes, montés sur isolateurs et calés sur l'arbre.

Ces *contacts* sont constitués : d'un côté par une mâchoire en cuivre analogue à celle des sectionneurs et coupe-circuits (chap. VII, 1°), appelée *pôle femelle*, de l'autre côté par un contact également en cuivre appelé *pôle mâle* qui, à la fermeture, s'introduit dans la mâchoire. L'un et l'autre de ces contacts est surmonté d'une corne.

L'arc amorcé par l'écartement des contacts s'élève entre les deux cornes jusqu'à ce qu'il se rompe. Nous reviendrons sur ce phénomène à propos des parafoudres à cornes.

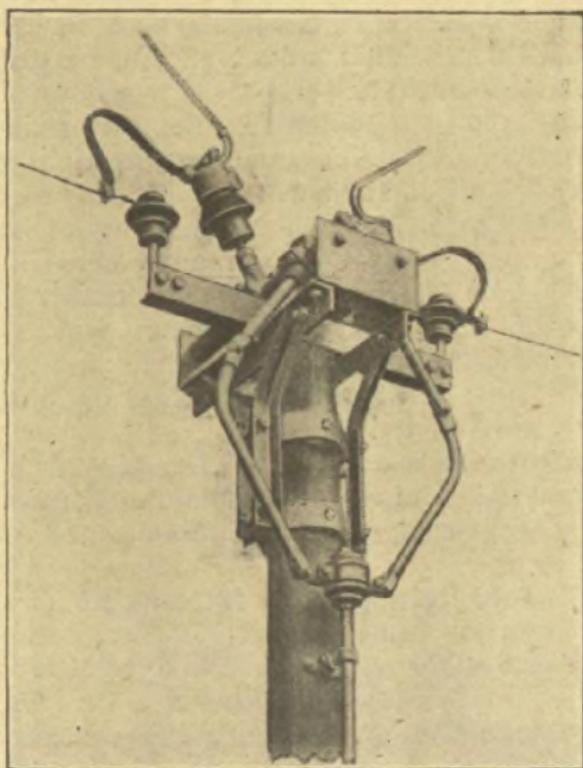


Fig. 42.

3° Un *mécanisme de commande* permettant de provoquer la rupture brusque des contacts et l'écartement simultané des cornes.

Ce système est ordinairement formé de deux poignées agissant l'une pour la fermeture, l'autre pour l'ouverture, ou bien encore d'une seule tige rigide

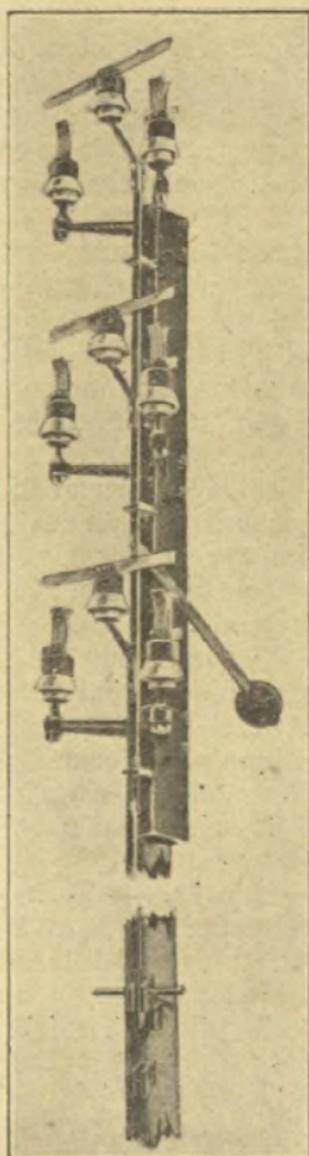


Fig. 43.

agissant dans les deux sens et actionnée par une crémaillère. L'un et l'autre de ces dispositifs attaque les bielles opérant la rotation des arbres porte-contacts; ils doivent être verrouillés ou cadénassés d'une façon efficace, car ils sont accessibles généralement du sol.

Interrupteurs sectionneurs. — Lorsque l'interrupteur ne doit couper en charge que tout à fait exceptionnellement, on emploie des interrupteurs à couteaux. Ceux-ci (fig. 43) sont constitués par deux mâchoires fixes montées chacune sur un isolateur et dans lesquelles vient s'engager à la fermeture un couteau horizontal.

Ce couteau est fixé par l'intermédiaire d'un isolateur sur une tige coulissant verticalement dans des glissières et actionnée par le mécanisme de commande. L'ensemble du système mobile est généralement équilibré par un contrepoids.

Le mécanisme de commande est du même genre que celui du type précédemment décrit. Il peut être réduit à deux leviers à œil qu'on manœuvre par perche du sol ou d'une plate-forme.

Il existe un grand nombre de variétés de ces deux types d'appareils. Tous se ramènent à ces mêmes principes.

Sectionneurs simples. — Enfin, lorsqu'il s'agit simplement de sectionner une ligne à vide sans qu'il soit jamais nécessaire de couper de la charge, on emploie des sectionneurs simples analogues aux sectionneurs pour intérieur décrits plus loin (Chap. VII, 1^o) et dont ils ne diffèrent que par la forme des isolateurs qui supportent les contacts.

Les isolateurs de sectionneurs extérieurs sont en effet du genre des isolateurs de ligne, c'est-à-dire à plusieurs cloches (fig. 44). Ils se manœuvrent à la perche d'une plate-forme montée sur le pylône.

Coupe-circuits aériens. — Pour les mêmes raisons que pour la basse tension, il peut être avantageux de munir les dérivations d'une ligne à haute tension, de fusibles de protection. Bien qu'ils soient d'un usage restreint, nous donnons quelques détails sur ces coupe-circuits.

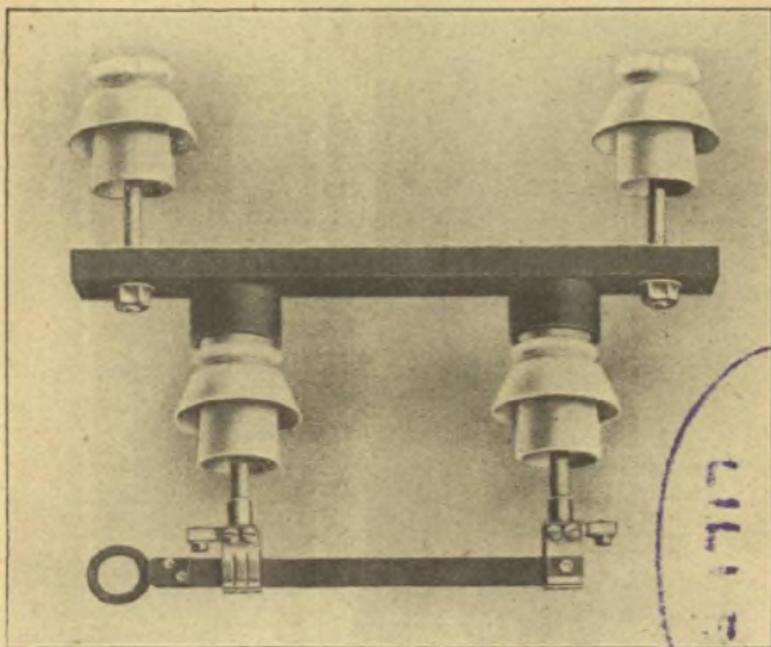


Fig. 44.

Ils sont presque toujours munis de cornes destinées à souffler l'arc qui a pris naissance au moment de la fusion du fil fusible.

Ces deux cornes sont montées sur des isolateurs et le fil fusible est enroulé autour d'une *barrette isolante* dont chaque extrémité est fixée à une des cornes (fig. 45).

Pour rendre plus visible le fonctionnement des coupe-circuits, la barrette isolante peut être en celluloid teinté d'une couleur vive. La fusion du fil fusible fait brûler le celluloid, et l'absence de la barrette

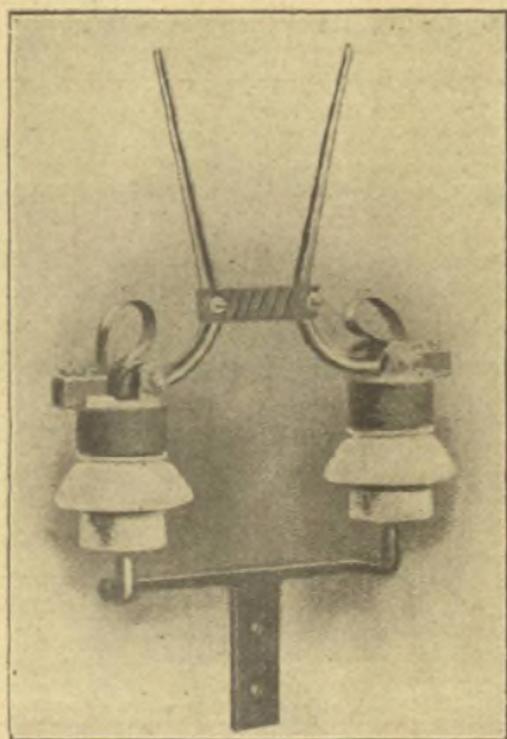


Fig. 45.

colorée signale immédiatement que le coupe-circuit a fonctionné.

6°. — *Essais des isolateurs.*

Lorsque les isolateurs sont destinés à des tensions très élevées, il est indispensable de les essayer à des

tensions très supérieures aux tensions de régime.

Lorsque les tensions sont faibles ou moyennes, on se contente de faire un essai à basse tension. On peut dans ce cas utiliser par exemple le dispositif suivant :

Essai à basse tension. — Un bassin large de quelques centimètres de hauteur est rempli d'eau. On y place les isolateurs la tête en bas, plongeant dans l'eau jusqu'à mi-hauteur. Puis on constitue un circuit électrique alimenté de la manière suivante : une source (constituée par une batterie de piles, comportant un très grand nombre d'éléments ou par une génératrice à courant continu) a un pôle relié à une plaque métallique plongeant dans le bassin. L'autre pôle est relié, à travers un galvanomètre très sensible, à la ferrure de chacun des isolateurs successivement. Le galvanomètre ne doit présenter aucune déviation ; dans le cas contraire, il y aurait passage de courant à travers l'isolateur, causé par une fêlure laissant pénétrer l'humidité.

L'isolateur correspondant doit être considéré comme mauvais.

Cet essai ne permet de déceler que des défauts très francs.

On pourrait, en prenant comme galvanomètre un appareil de haute précision, genre Thomson à aimant mobile, mesurer la *résistance d'isolement* de l'isolateur.

Mais la connaissance de cette résistance n'a guère de valeur pratique. Comme nous le verrons en détail à propos des câbles, ce qui importe dans les isolants à partir d'une certaine tension, c'est beaucoup moins la résistance d'isolement que la *résistance à l'étincelle* entre conducteurs.

Pour déterminer celle-ci, l'essai à très haute tension est nécessaire.

Essai à haute tension. — Celui-ci exige l'installation d'un laboratoire spécial. Voici un exemple d'installation pour laboratoire d'essai :

Le courant électrique est reçu du secteur de distribution à 15.000 volts, triphasé; un transformateur abaisse la tension en triphasé 382 volts.

Ce courant à basse tension alimente un groupe convertisseur rotatif, donnant du courant monophasé à tension variable. Cette tension est à son tour élevée au moyen d'un transformateur pouvant donner jusqu'à 350.000 volts.

Les isolateurs sont disposés sur des grilles avec leurs ferrures; un dispositif permet d'effectuer les essais, sous une pluie artificielle inclinée à 45° dont l'intensité peut être réglée à volonté.

TENSIONS D'ESSAI. -- Voici les tensions d'essai imposées par le Service du Contrôle des Distributions Electriques (Arrêté du 21 Mars 1911) suivant la tension de service.

Cette tension doit pouvoir être supportée sans amorçage d'arc, pendant :

- 10 minutes jusqu'à 24.000 volts.
- 20 — entre 24.000 et 30.000 volts.
- 30 — au-dessus de 30.000 volts.

Tension de service.	Tension d'essai à sec.
2.000 volts.	6.000 volts.
3.000 —	9.000 —
5.000 —	15.000 —
6.000 —	18.000 —
8.000 —	24.000 —
10.000 —	30.000 —
12.000 —	34.000 —
15.000 —	40.000 —
18.000 —	46.000 —
20.000 —	50.000 —

LIGNES AÉRIENNES

Tension de services.	Tension d'essai à sec.
25.000 volts.	60.000 volts.
26.000 —	62.000 —
30.000 —	70.000 —
40.000 —	90.000 —
50.000 —	110.000 —
60.000 —	130.000 —
70.000 —	150.000 —
75.000 —	160.000 —

103

En résumé, jusqu'à 10.000 volts, la tension d'essai est trois fois la tension de service; au-dessus, la tension d'essai est égale à 30.000 volts plus deux fois l'excès de la tension de service sur 10.000.

Il ne faut pas se contenter d'essayer les isolateurs à ces tensions et de vérifier qu'ils ne claquent pas. On doit monter la tension entre conducteur et ferrure jusqu'à amorçage d'arc.

Voici la méthode suivie généralement : on débute à 70 p. 100 de la tension de claquage dans l'air et on monte de 500 volts toutes les cinq minutes jusqu'à l'amorçage. De plus, on doit plonger alternativement 3 fois dans l'eau à 75° et à 13° jusqu'à équilibre de température. Après cet essai, la pièce ne doit montrer ni cassure, ni fente, même de l'émail. Puis on recommence les essais de tension.

Le claquage doit se produire le long de la ligne de fuite (Chap. V, 2°) et non par percement du verre ou de la porcelaine.

Si les isolateurs sont à chaînes, on peut les essayer, élément par élément, en tenant compte de la répartition de la tension entre les éléments.

Avec les types à cinq éléments, il faut compter sur 30 p. 100 de la tension pour l'élément qui porte le conducteur, soit 30.000 volts par exemple, pour une tension de ligne de 100.000 volts.

ESSAIS SOUS PLUIE. — Pour les essais sous pluie, on

réalise une pluie artificielle de 10 à 12 millimètres de hauteur d'eau par minute, tombant à 45° environ sur l'isolateur.

La tension d'épreuve appliquée deux minutes après le commencement de la pluie est portée, progressivement, à une fois et demie la tension de service et maintenue pendant 3 à 5 minutes.

L'arc ne doit pas s'établir, même si une légère inclinaison de l'isolateur amène l'eau à ruisseler d'un même côté.

Essais des isolateurs en service. — Il est nécessaire, dans les lignes équipées en isolateurs à chaînes, de localiser les éléments défectueux.

En effet, le claquage d'un des éléments d'une chaîne d'isolateurs peut passer inaperçu tout en constituant pour la ligne un point faible qui pourra s'aggraver brusquement.

On a imaginé, en Amérique, une méthode qui permet de faire des recherches au moyen d'un instrument très simple appelé « buzz-stick ». Cet instrument (fig. 46) est composé d'un baton de 3 mètres de longueur environ à l'extrémité duquel est fixée une fourche en fil métallique dont une des branches est recourbée et aiguë.

EFFLUVES. — Le premier essai à faire est celui des effluves. Supposons qu'on ait affaire à une ligne à 110.000 volts avec des chaînes à 8 éléments.

La pointe est mise en contact avec la ligne, puis écartée lentement; il se produit des effluves accompagnées d'un léger crépitement, jusqu'à une distance de 6 centimètres à 7 cm. 5.

Cette opération est répétée sur le chapeau de l'isolateur numéro 1, le son est alors moins intense et s'éteint un peu plus tôt.

L'opération est répétée de même sur chacun des isolateurs; jusqu'au numéro 6 ou 7, l'effluve diminue

et devient presque nulle; mais l'essai, répété au numéro 8 donnera une effluve plus importante qu'au numéro 6 ou au numéro 7.

Lorsque les choses se passent ainsi, la chaîne est entièrement en bon état.

Supposons maintenant que l'isolateur numéro 2 soit claqué : le son produit au numéro 2 sera le même qu'au numéro 1 et celui donné par les isolateurs 6 et 7 ne sera plus nul. Si c'est le numéro 6 qui est mauvais, le 5 et le 6 donneront le même son et le son au numéro 7 sera augmenté de beaucoup.

Supposons que les éléments 2, 3 et 4 soient claqués. On aura le même son aux numéros 1, 2, 3 et 4, et le son aux numéros 5, 6, 7 et 8 sera amplifié. En d'autres termes, l'effluve tirée du chapeau d'un isolateur défectueux est la même que celle tirée du chapeau de l'isolateur voisin du côté de la ligne.

COURT-CIRCUIT. — La deuxième opération est celle de la mise en court-circuit. Elle n'est possible pratiquement que si l'opération précédente a révélé qu'il existe encore plusieurs isolateurs en bon état, par exemple 3 avec les lignes à 110.000 volts.

On procède alors de la manière suivante : on touche la ligne avec une des branches du buzz-stick et on l'y maintient; avec l'autre branche, on établit le contact, puis on le rompt alternativement, avec le sommet de l'isolateur numéro 1.

Il se produit un léger amorçage à la fermeture et à la rupture. On met ensuite une des branches du buzz-stick en contact avec le n° 1 et on établit un contact intermittent avec le n° 2; l'effluve obtenue

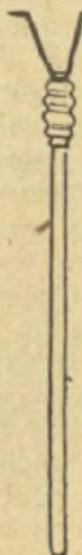


Fig. 46.

sera moindre que précédemment, et ainsi de suite jusqu'au n° 8 où elle sera devenue plus grande qu'au n° 7. Lorsque les choses se passent ainsi, la chaîne est entièrement en bon état.

Supposons maintenant que l'isolateur n° 2 soit défectueux. En opérant sur lui comme il vient d'être dit, il n'y aura pas d'amorçage. Si l'élément n° 5 est légèrement défectueux, l'effluve obtenue au n° 5 sera moindre que s'il était en bon état, et celle du n° 6 sera plus grande.

Dans toute chaîne d'isolateurs, quels que soient le nombre d'éléments et la tension de la ligne, il y a donc un élément qui donne l'effluve minimum, ce qui résulte de la répartition non uniforme de la tension (Chap. V, 2°); cet élément est généralement le second du côté opposé à la ligne, c'est-à-dire du côté du support. Une fois qu'on l'a déterminé, il est inutile d'essayer chacun des isolateurs de la rangée, en touchant cet isolateur avec la pointe du buzz-stick, on peut déterminer immédiatement si la chaîne est bonne ou non.

Ces opérations doivent être faites avec de grandes précautions. On doit toujours commencer par la chaîne inférieure de chaque pylone; se mettre bien au-dessous de la chaîne à essayer ou au moins avec le vent soufflant de derrière soi vers l'isolateur; enfin il est bon de se protéger les yeux avec des verres colorés en cas d'accident.

CHAPITRE II

CANALISATIONS SOUTERRAINES

1° *Câbles armés.*

Les canalisations souterraines étant constituées par des conducteurs reposant le plus souvent à même dans le sol, il est évident que ces conducteurs doivent être très soigneusement isolés électriquement et protégés mécaniquement pour les raisons suivantes :

1° Le sol étant généralement bon conducteur de l'électricité, l'emploi de conducteurs non isolés serait impossible.

2° Les diverses actions destructives provenant du sol lui-même : humidité, décomposition des éléments organiques, mouvements de terrains, croissance des racines, auraient pour effet de détériorer très rapidement un conducteur non protégé.

3° Les travaux de terrassement exécutés si fréquemment sur les voies publiques où passent généralement les câbles (et surtout dans les villes) sont encore des causes de destruction des conducteurs souterrains.

En outre, les conducteurs constituant un réseau sont destinés à durer de longues années, par conséquent conducteurs, isolant et enveloppe protectrice,

doivent être de nature à ne pas se détériorer avec le temps.

Métal. — En ce qui concerne le métal conducteur, on n'emploie actuellement que le *Cuivre* et l'*Aluminium*.

L'*aluminium* est un peu plus avantageux pour les canalisations souterraines que pour les lignes aériennes, par le fait qu'on n'a plus à tenir compte ni de sa faible résistance mécanique puisque le câble est supporté sur toute sa longueur, ni de sa difficulté à être soudé, car (comme nous le verrons plus loin) les jonctions et dérivations se font sans soudure.

Il n'y a donc plus, pour trancher entre le cuivre et l'aluminium que la question de prix; en effet, l'aluminium étant, pour une même section et une même longueur, plus résistant que le cuivre, il faut employer des sections beaucoup plus importantes avec l'aluminium, qu'avec le cuivre. On est alors amené, puisque le diamètre est plus grand à un plus grand volume d'isolant de plomb et de feuillard, d'où un accroissement de prix, rarement compensé par l'économie faite sur l'aluminium.

Pratiquement, l'élément qui intervient le plus est le *plomb*. Le poids de plomb par kilomètre augmenté avec la section, non seulement du fait de l'accroissement de diamètre, mais encore en raison de l'augmentation de l'épaisseur du plomb avec la section. D'autre part, la valeur marchande du plomb, quoique inférieure à celle du métal conducteur est supérieure à celle de l'acier et du papier isolant.

En ce qui concerne les *feuillards*, leur épaisseur est la même, quelle que soit la section du conducteur. La valeur marchande du feuillard est par ailleurs sensiblement inférieure à celle du plomb.

Lors d'un accident survenu à une canalisation composée de 4 câbles aluminium posés, dans une même

tranchée, il a été reconnu qu'en plusieurs points le conducteur aluminium avait disparu sur une longueur assez grande, l'enveloppe en feuillard d'acier seule subsistait. L'importance des dégâts provenait surtout de ce que les câbles défectueux étaient restés sous courant pendant un certain temps; mais si on en juge d'après les accidents survenus aux câbles de cuivre dans des conditions à peu près analogues, il semble qu'en pareil cas des câbles de cuivre auraient été moins atteints, et qu'on peut imputer en partie le dommage au point de fusion de l'aluminium qui est plus bas que celui du cuivre (658° au lieu de 1.084°).

Actuellement, le *cuivre* est encore presque exclusivement employé, et c'est surtout des câbles en cuivre que nous parlerons.

Le cuivre employé dans les câbles est dit à *haute conductibilité*. C'est, au contraire des fils et câbles nus aériens, du cuivre presque pur.

Densité de courant. — La densité de courant à admettre dans les câbles isolés doit être très inférieure à celle qu'on admet dans les lignes aériennes, car la chaleur produite par le passage du courant se dissipe beaucoup moins facilement.

Pour les sections comprises entre 10 millimètres carrés et 50 millimètres carrés, on doit considérer comme une limite le chiffre de 3 ampères par millimètre la valeur normale étant de 1 à 2 ampères par millimètre.

Avec des sections plus fortes il faut se tenir beaucoup plus bas. Il en résulte que, pour un même service, il faut plus de cuivre en souterrain qu'en aérien.

Pour donner un peu de souplesse aux câbles (souplesse bien réduite par l'isolant et l'armature) les conducteurs sont presque toujours câblés.

Cependant on fait des câbles à 1, 2, 3 ou 4 conducteurs de 10 millimètres carrés constitués chacun par un fil unique.

Câbles à plusieurs conducteurs. — Lorsque le câble est à plusieurs conducteurs, deux dispositions peuvent exister : 1° ou bien les conducteurs sont *concentriques*, le premier étant constitué comme un câble ordinaire, le deuxième comme un cylindre entourant le premier et séparé de lui par une couche isolante, les conducteurs suivants étant placés de même.

La complication du montage des diverses boîtes a fait peu à peu abandonner l'emploi des câbles à 3 conducteurs concentriques. Les câbles à deux conducteurs sont encore employés (en particulier au secteur des Champs-Élysées à Paris).

Outre la complication des montages, ce genre de câble présente l'inconvénient de produire un *courant de charge* très élevé (nous verrons un peu plus loin ce qu'on entend par là).

Enfin, ces câbles ne permettent pas d'équilibrer les tensions des divers conducteurs par rapport au sol. En effet, le conducteur extérieur est toujours à une tension très faible par rapport à la terre; il en résulte que la mise à la terre accidentelle d'un autre conducteur produit un court-circuit.

2° Ou bien les conducteurs sont tous semblables, placés les uns à côté des autres et *torsadés*, c'est-à-dire que chacun d'eux tourne en hélice autour de l'âme du câble.

C'est la *disposition usuelle*.

Elle facilite considérablement les différents raccords, et, lorsqu'il s'agit de courant alternatif polyphasé, rend égale la valeur du courant de charge sur chaque phase (un câble isolé se comporte en effet, en courant alternatif, comme un condensateur et consomme un courant assez important rien que pour

être mis sous tension : c'est le courant de charge).

Selon l'usage auquel on les destine, il existe des câbles à 1, 2, 3 et 4 fils.

Ces câbles torsadés peuvent être constitués par des conducteurs *ronds* ou *sectoraux*. Les premiers sont les plus généralement employés; les seconds, dont la forme se prête mieux à la constitution d'un câble rond, permettent, à épaisseur d'isolant égale et

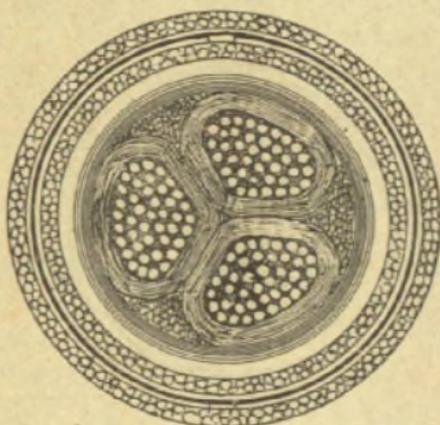


Fig 47.

section de cuivre égale, d'obtenir un câble de plus faible diamètre, qu'avec des conducteurs ronds. Mais pour câbler ces conducteurs, il faut les comprimer fortement dans une matrice pour qu'ils se logent exactement; cette opération affaiblit l'isolant qu'il faut renforcer en conséquence; on perd ainsi l'avantage du système.

La figure 47 montre un câble à conducteurs sectoraux et la figure 48 un câble à conducteurs ronds.

Les conducteurs torsadés sont disposés en hélice, dont le pas est généralement d'un mètre.

ISOLANTS. — L'isolant habituellement employé dans

les fils et câbles ordinaires, le caoutchouc, ne convient plus pour les câbles souterrains. Le caoutchouc est en effet une matière organique qui se transforme avec le temps, de manière à perdre plus ou moins complètement ses qualités fondamentales.

Il faut donc en éviter l'emploi dans les câbles souterrains dont l'examen et le remplacement sont des opérations difficiles et coûteuses.

C'est l'*isolant au jute* qui a d'abord été employé.



Fig. 48.

Plusieurs couches de jute sont enroulées en hélice autour des conducteurs et imprégnées à chaud dans des mélanges isolants qui deviennent pâteux en refroidissant et forment gaine isolante en agglomérant les couches de jute. Cette gaine est protégée de l'humidité par une couche de plomb. Ce mode d'isolement, plus économique et plus durable que l'isolement au caoutchouc, n'est cependant pratique que pour des tensions relativement basses, jusqu'à 5.000 volts par exemple.

Au-dessus de cette tension, la résistance à l'éclatement de l'étincelle (propriété sur laquelle nous

reviendrons un peu plus loin) étant assez faible pour le jute imprégné, on est conduit à des épaisseurs d'isolant extrêmement grandes. Bien que certaines fabriques continuent à fabriquer des câbles au jute pour des tensions relativement élevées, on a dû chercher un isolant plus résistant pour les hautes tensions.

On a été conduit ainsi à employer comme isolant le *papier imprégné* d'isolants divers. Seulement le papier, même imprégné, étant très avide d'humidité, il est nécessaire d'entourer le câble ainsi isolé d'une *enveloppe étanche de plomb*.

Le papier, lorsqu'il est très sec, est à lui seul un excellent isolant; on l'imprègne d'isolants visqueux afin de le transformer en masse compacte et d'éviter la séparation des couches, lorsqu'on plie le câble.

Le papier employé est généralement constitué par de la pâte de bois mélangée à une plus ou moins grande proportion de chanvre de Manille. Les rubans ont une épaisseur de 10 à 15 p. 100 de millimètre et une largeur de 10 à 30 millimètres. Ils sont enroulés en hélice sur le conducteur avec un nombre de couches suffisant pour réaliser l'épaisseur d'isolant correspondant à la tension de service. Par exemple, sur des câbles à 5.000 volts, on trouve de 15 à 20 épaisseurs de papier autour de chaque conducteur; sur des câbles à 15.000 volts, on en trouve 30 à 35. Dans les câbles à plusieurs conducteurs, on enroule en dernier un *ruban de papier coloré* d'une couleur différente pour chaque conducteur. Ces couleurs diffèrent suivant les constructeurs; aussi est-il bon de constituer un même réseau avec des câbles d'une même marque, afin de faire correspondre une couleur à chaque phase ou pôle.

On enroule donc d'abord le papier sec sur chaque conducteur du câble au moyen de machines spéciales

dites *enrouleuses* ; après quoi, le câble recouvert passe dans une étuve où il est séché dans le vide pendant plusieurs heures. C'est ensuite qu'on le plonge dans la cuve d'imprégnation où il séjourne dans l'isolant bouillant jusqu'à ce que toute trace d'humidité soit chassée, sans toutefois que le papier soit brûlé. Le séchage dans le vide s'effectue généralement à la température de 110°, et l'imprégnation autour de 130°.

L'isolant employé est presque toujours un mélange d'huile minérale et de résine. Ces deux substances jouent un rôle très différent dans l'isolation du conducteur. Celle-ci doit en effet remplir un double rôle :

1° Eviter tout passage de courant électrique d'un conducteur à l'autre ou des conducteurs à la terre ; c'est pour cela que la substance isolante doit être un isolant aussi parfait que possible, c'est-à-dire présenter une *grande résistance d'isolement*.

2° Empêcher la production d'étincelles entre les conducteurs lorsque ceux-ci sont à haute tension ; c'est pour cela que l'isolant doit présenter ce qu'on appelle la rigidité électrostatique ou encore *résistance disruptive*.

C'est l'huile isolante qui donne cette dernière propriété à l'isolant des câbles ; tandis que la résine, dont le principal rôle est d'immobiliser l'huile dans le papier, a pour effet d'augmenter la résistance d'isolement.

On conçoit que ce qui importe surtout dans l'exploitation d'un réseau à haute tension, c'est beaucoup moins les faibles pertes de courant à travers l'isolant que le « claquage » des câbles qui les met hors de service. C'est donc la rigidité électrostatique qui importe surtout dans les câbles à haute tension ; il faut par conséquent réduire au minimum la proportion de résine, ce qui réduit en même temps la résistance d'isolement. Pour le constructeur de

réseaux, cela conduit au principe suivant : ne pas imposer au constructeur de câbles une grande résistance d'isolement. Celle-ci doit être de l'ordre de 600 mégohms au kilomètre.

JUTE. — Les différents conducteurs d'un câble étant ainsi isolés au papier, on les torsade ensemble tout en les garnissant de jute destiné à arrondir l'ensemble.

PLOMB. — C'est ensuite que le câble est entouré de son enveloppe de plomb. Cette enveloppe, étant destinée à abriter l'isolant de l'humidité, doit être aussi adhérente que possible à celui-ci. Pour cela, pendant que la matière isolante est encore chaude, on fait passer le câble dans une *presse à plomb* commandée par une presse hydraulique; celle-ci fonctionne comme une presse à fabriquer les tuyaux de plomb dans l'axe de laquelle passerait le câble (fig. 49). On peut opérer soit à chaud, soit à froid.

A chaud, le plomb est chauffé dans la presse par des brûleurs un peu au-dessous de sa température de fusion. Ce procédé permet d'opérer avec une pression relativement peu élevée (60 kilogrammes par centimètre carré), mais il a l'inconvénient de provoquer des piqûres dans le plomb par suite de la volatilisation de la graisse du piston; aussi doit-on, avec ce procédé, répéter deux fois l'opération.

A froid, il faut monter la pression jusqu'à 300 atmosphères.

Voici les *épaisseurs de plomb* minima adoptées par le Comité Electro-Technique Français :

Diamètre extérieur du câble avant la mise sous plomb.	Épaisseur minima du plomb.
10 millimètres.	1 mm. 4
20 —	1 — 7
30 —	2 —

416 CONSTRUCTION DE RÉSEAUX D'ÉNERGIE

Diamètre extérieur du câble avant la mise sous plomb.	Épaisseur minima du plomb.
40 millimètres.	2 mm. 3
50 —	2 — 6
60 —	2 — 9
70 —	3 — 2

L'enveloppe de plomb constitue bien une faible protection mécanique du câble, mais elle est tout à fait insuffisante contre les risques de chocs extérieurs.

ACIER. — On termine donc le câble par une armature protectrice constituée soit par du fil d'acier enroulé, soit par deux rubans de feuillard d'acier, d'au moins 0 mm. 8, enroulés à recouvrement. Ce recouvrement doit être au moins du tiers de leur largeur. Ceux-ci sont posés sur le câble par une *enrubanneuse* qui, en même temps, dépose une couche de jute entre le plomb et les rubans d'acier, et une autre à l'extérieur de ceux-ci.

GOUDRON. — Rubans d'acier et jute sont goudronnés très profondément afin d'assurer la bonne conservation du câble. Enfin, le goudron extérieur est séché dans du talc, de la craie, ou toute autre matière analogue, pour éviter que le câble ne se colle sur lui-même lorsqu'on l'enroule sur des bobines.

Les armatures en fil d'acier sont employées pour les câbles qui doivent être posés verticalement (puits de mine). Ces armatures sont calculées pour pouvoir supporter le poids total du câble pendant sa descente dans le puits; par la suite, on soulage l'armature en supportant le câble de place en place par serrage dans des colliers.

On emploie aussi ces armatures pour les câbles destinés à être posés sur fond de rivière.

BOBINES. — Ces bobines sont des cylindres de bois

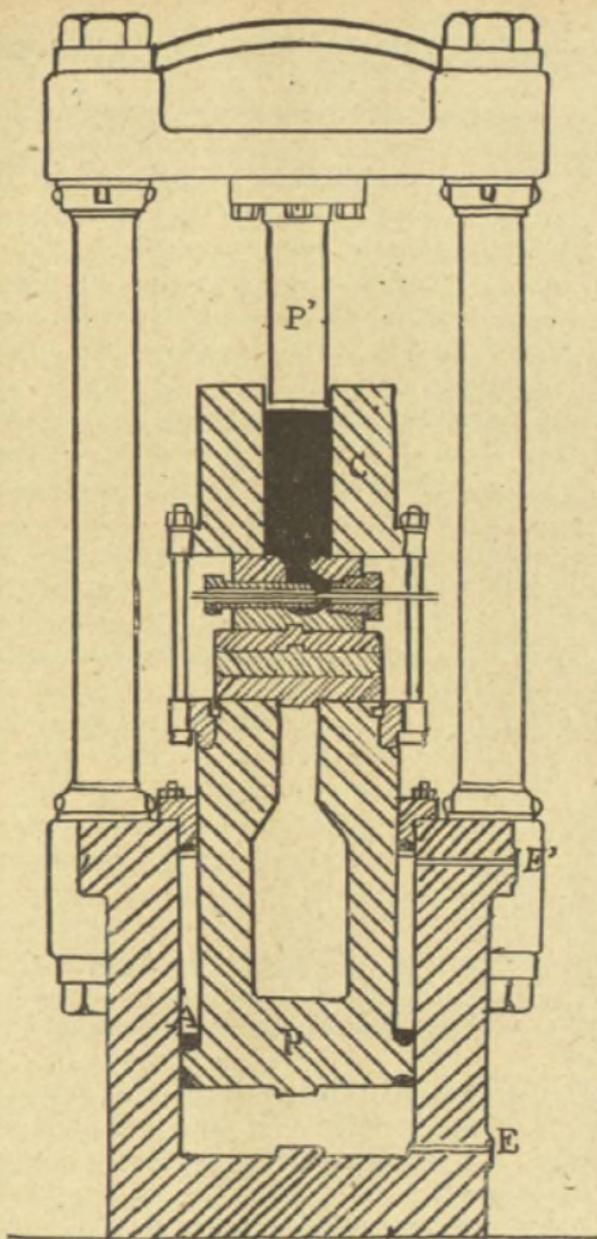


Fig. 49.

7.

munis de grandes joues renforcées et frettées. Garnies, elles peuvent peser jusqu'à 4 tonnes.

On les ferme quelquefois au moyen de lattes portant sur les deux joues, lorsqu'on veut mieux garantir le câble pour un long transport.

Pour protéger l'isolant contre l'humidité pouvant pénétrer sous le plomb par les extrémités, on protège celle-ci au moyen d'un capot de plomb qu'on soude sur le plomb du câble.

Défauts dans les câbles armés. — Les principaux défauts qui peuvent se rencontrer dans les câbles armés sont les suivants :

1° Coups reçus par les câbles pendant la manutention ; ces défauts sont en général visibles et se révèlent très facilement.

2° Défauts produits par suite d'enroulements sur bobine et de dévidages trop nombreux ; il est difficile de faire apparaître ces défauts.

3° Pose défectueuse des différentes couches de papier. Ce défaut est également très difficile à révéler ; il peut ne produire d'accidents que fort longtemps après la pose. La conséquence la plus fréquente est le décollement des couches de papier pendant le pliage du câble.

4° Dépôts de poussières conductrices sur les couches de papier ; très difficiles à déceler, ces défauts ne sont pas justiciables des essais d'isolement et produisent souvent des claquages en apparence inexplicables.

5° Défauts dans l'enveloppe de plomb ; les piqûres sont assez rares, le défaut le plus fréquent est le décentrage ; il n'est généralement décelé que par les essais après pose.

Les opérations nécessitées par la pose des câbles sont encore une source d'avarie et d'aggravation des défauts de fabrication.

C'est pourquoi il est nécessaire de faire un essai de réception après pose; il consiste généralement à monter graduellement la tension jusqu'à 2 ou 3 fois la tension normale, et à maintenir quelque temps cette tension. On préfère maintenant utiliser des appareils permettant d'appliquer de la haute tension continue tels que les appareils Delon ou Picou.

Essais des câbles. — *L'essai en usine* des câbles destiné à révéler la plus grande partie des défauts cités plus haut doit être fait de la manière suivante :

On applique une tension (de fréquence quelconque comprise entre 20 et 60), entre les conducteurs et entre conducteurs et plomb. D'après les règles édictées par le Comité Électrotechnique Français (1918), la tension à appliquer est :

1° Pour une tension de service inférieure à 20.000 volts, 4 fois la tension de service pendant 3 minutes, puis 3 fois la tension de service pendant 30 minutes.

2° Pour une tension de service supérieure à 20.000 volts : 2 fois la tension de service augmentées de 40.000 volts pendant 3 minutes, puis 1 fois la tension de service augmentée de 40.000 volts pendant 30 minutes.

L'essai après pose est destiné à vérifier si l'installation des diverses boîtes et les opérations de pose n'ont pas créé de point faible (ou aggravé un défaut de fabrication non décelé).

D'après les mêmes règles, la tension à appliquer est :

1° Pour une tension de service inférieure à 20.000 volts, 2 fois la tension de service entre conducteurs, et 1 fois et demie cette tension entre conducteurs et plomb si l'essai est fait en *alternatif*; 5 fois la tension de service entre conducteurs et

3 fois cette tension entre conducteurs et plomb si l'essai est fait en *continu*.

2° Pour une tension de service supérieure à 20.000 volts, la tension de service augmentée de 20.000 volts entre conducteurs et cette tension augmentée de 40.000 volts entre conducteurs et plomb, pour l'essai en *alternatif*; la tension de service augmentée de 80.000 volts entre conducteurs, et cette tension augmentée de 50.000 volts entre conducteurs et plomb pour l'essai en *continu*.

Dans tous les cas, la tension d'essai doit être appliquée pendant 15 minutes.

Pour les câbles dont la tension de service est inférieure à 600 volts, le minimum de tension alternative d'essai est de 4.500 volts.

Toujours d'après les données du Comité électrotechnique, voici quelles sont les valeurs de courant pouvant être supportées indéfiniment par un *câble posé seul en tranchée*, sans que la température de l'isolant dépasse, en aucun point, de plus de 30° celle du sol environnant, supposée égale à 40° C. (voir tableau p. 121).

Lorsque *plusieurs câbles* sont posés dans la même tranchée, les courants maximum qu'ils peuvent supporter, sans dépasser la même limite de 30° C, sont réduits dans les proportions suivantes :

0,84 pour le cas de deux câbles ;

0,67 pour le cas de trois câbles ;

0,55 pour le cas d'un grand nombre de câbles.

Essai de souplesse. — La souplesse est une des qualités les plus importantes et les plus difficiles à réaliser dans les câbles souterrains. Les câbles trop rigides résistent très mal aux manipulations qu'on leur fait subir pendant la pose; il est donc indispensable de vérifier par un essai préliminaire que l'isolant est assez souple pour ne pas se détériorer

VALEURS DE COURANT POUVANT ÊTRE SUPPORTÉES INDÉFINIMENT PAR UN CÂBLE POSÉ SEUL EN TRANCÉE.

Section de chaque conducteur de cuivre.	Câbles multiples jusqu'à 20,000 volts.				
	Câble à 1 conducteur jusqu'à 700 volts.	a 2 conducteurs concentriques.	a 2 conducteurs toronnés.	a 3 conducteurs toronnés.	a 4 conducteurs toronnés.
20 mmq.	130 ampères.	85 ampères.	95 ampères.	75 ampères.	65 ampères.
30 —	160 —	105 —	110 —	95 —	75 —
40 —	190 —	125 —	130 —	105 —	90 —
50 —	210 —	140 —	145 —	120 —	100 —
75 —	260 —	175 —	175 —	145 —	120 —
100 —	305 —	205 —	195 —	165 —	140 —
150 —	365 —	255 —	245 —	200 —	170 —
200 —	440 —	295 —	280 —	230 —	195 —
250 —	490 —	330 —	310 —	260 —	"
300 —	530 —	365 —	"	"	"
400 —	625 —	425 —	"	"	"
500 —	695 —	"	"	"	"
600 —	765 —	"	"	"	"
700 —	830 —	"	"	"	"
800 —	890 —	"	"	"	"
1.000	995 —	"	"	"	"

lorsqu'on plie le câble suivant un arc de cercle de faible rayon.

On emploie pour cela des mandrins ayant 10 ou 12 fois le diamètre du câble. On enroule sur eux des échantillons ayant 2 ou 3 mètres de longueur, en leur faisant faire un demi-cercle. Puis on redresse le câble et on l'enroule à nouveau en sens inverse.

On recommence trois fois cet essai.

Après quoi, on soumet à nouveau le câble aux essais de tension pour vérifier que l'isolant n'a pas souffert de l'essai au pliage.

Caractéristiques d'un câble armé. — Les renseignements à fournir au constructeur pour la commande d'un câble armé, isolé au papier imprégné, sont les suivants :

Nombre de conducteurs ;

Nature du métal conducteur ;

Nature du courant ;

Tension de service, en volts ;

Fréquence (s'il y a lieu) en périodes par seconde ;

Sections individuelles des conducteurs en millimètres carrés ;

Courant maximum en ampères ;

Longueur des tronçons en mètres.

Câbles à fils pilotes. — Lorsqu'un câble est destiné à constituer un feeder, il est généralement muni de fils pilotes (chap. 1). Ceux-ci sont insérés de la manière suivante : un des fils du conducteur est supprimé et remplacé par un fil plus fin, câblé avec les autres, mais séparé par une couche d'isolant (jute ou papier).

La figure 50 donne la coupe d'un câble à 4 conducteur avec fil pilote.

Câbles sous plomb. — Lorsqu'un câble souterrain est entièrement à l'abri des chocs, par exemple lorsqu'il est en galerie, on peut se dispenser d'em-

ployer le câble armé, et utiliser du câble simplement chemisé de plomb.

Cette enveloppe de plomb est alors entourée d'une épaisse couche de jute.

Les câbles sous plomb s'emploient aussi dans les distributions à très haute tension par câbles simples, c'est-à-dire à un seul conducteur.

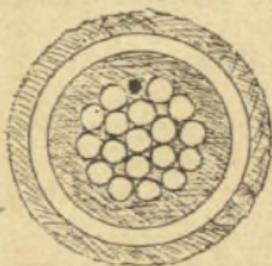


Fig. 50.

On a construit en effet des câbles à plusieurs conducteurs jusqu'à 30.000 volts triphasés; mais au-dessus de cette tension (entre 30.000 et 40.000 volts), il apparaît à la surface de l'isolant en contact avec le conducteur des effluves qui brûlent superficiellement l'isolant et finiraient par détruire l'isolement du câble. Les transports de force à des tensions supérieures à 30.000 volts doivent donc se faire par câbles à conducteur unique.

Dans ce cas, le câble armé ne convient pas, car le circuit se ferme autour du fer des armatures, y produisant une induction magnétique néfaste à tous égards.



2° Boîtes et accessoires.

Les accessoires des canalisations souterraines sont :

- 1° Les boîtes de *jonction* ;
- 2° Les boîtes de *dérivation* ou de branchement ;
- 3° Les boîtes d'*extrémité* ou de sorties aériennes ;
- 4° Les boîtes de *coupure* d'abonnés ou de distribution ;
- 5° Les *coffrets* d'abonnés.

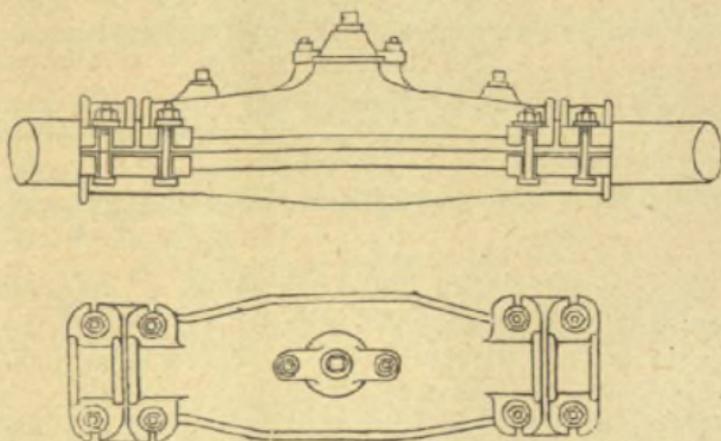


Fig. 51.

Toutes ces boîtes sont en principe des appareils en fonte, plus ou moins complexes, dans lesquels est enfermée l'extrémité du câble et qui permettent de noyer la section des enveloppes protectrices dans une masse compacte et isolante empêchant toute introduction d'humidité entre le plomb et le conducteur dans le papier isolant.

1° **Boîtes ou manchons de jonction.** — Ces boîtes existent pour les canalisations haute tension et basse tension ; leur forme est sensiblement la même

dans les deux cas, les dimensions seules variant suivant les circonstances.

Elles sont constituées par deux coquilles de fonte (fig. 51) s'emboîtant l'une sur l'autre et serrées par des boulons. La coquille inférieure porte une gorge sur toute la longueur du joint, la coquille supérieure une saillie qui s'engage dans cette gorge. Entre les deux, on place une garniture appropriée. La boîte ainsi constituée est remplie complètement par un magma isolant d'une nature analogue à la matière qui imprègne le papier du câble, mais plus chargée en résine afin d'être plus consistante.

Voici quelques formules pour la préparation de cette matière isolante :

FORMULE I.

Résine	100 kilogrammes.
Paraffine	10 kilogrammes.
Huile lourde de goudron.	4 kgr 500

FORMULE II.

Résine.	100 kilogrammes.
Huile lourde de goudron	18 kgr. 500

FORMULE III.

Résine.	100 kilogrammes.
Huile lourde de goudron	12 kilogrammes.

Les mêmes remarques déjà faites pour le papier isolant au point de vue diélectrique, s'appliquent à cette matière; il en résulte que les plus chargées en huiles minérales sont celles qui conviennent le mieux aux hautes tensions.

Au point de vue de la *consistance*, les matières les plus fortes en huile se ramollissent facilement par les temps chauds; les plus chargées en résine s'effritent sous le choc et ne sont en général pas récupérables lorsqu'on défait une boîte ayant déjà servi.

La matière isolante se coule à *chaud* dans les boîtes par un orifice pratiqué au sommet de la coquille supérieure. La sortie de l'air est facilitée par deux événements percés aux deux bouts de cette même coquille. Nous indiquerons plus loin (chap. VII, 2°) avec détails comment doit être effectuée cette coulée pour présenter le maximum de garantie.

L'emploi des boîtes de jonction est rendu nécessaire par les faits suivants :

1° Les câbles armés ne peuvent être construits en longueur indéfinie pour diverses raisons dont la principale est que les bobines doivent être facilement transportables et, pour cela, ne pas dépasser le poids de 3 ou 4 tonnes.

Il en résulte que la longueur d'un câble est d'autant plus faible que la section est plus forte.

Il est donc nécessaire, lorsqu'on établit des canalisations un peu longues, d'employer des boîtes de jonction pour raccorder les différents brins.

2° Les câbles de distribution doivent avoir une section décroissante à mesure qu'on s'éloigne de la source, puisque le courant véhiculé est réduit de celui que prend chaque dérivation. Pour raccorder des brins de sections différentes, il faut encore des manchons de jonction.

Les boîtes ou manchons de jonction permettent de jonctionner un câble à un conducteur avec un câble à un conducteur, ou bien un câble à plusieurs conducteurs avec plusieurs câbles à un conducteur, ou enfin un câble à plusieurs conducteurs avec un câble à plusieurs conducteurs.

Les raccordements des âmes des conducteurs se font toujours sans soudure; on emploie des mâchoires ou pinces métalliques (généralement en laiton pour les câbles en cuivre), dans lesquelles les deux conducteurs à raccorder sont serrés par des vis pointeaux.

Pour éviter que ces pinces ne viennent à se toucher sous l'effet de tension du câble, on les engage dans des enveloppes de porcelaine, ou encore on maintient écartés les fils par des entretoises en ébonite, ou encore on place des cales en ébonite entre les pinces.

On discute beaucoup sur l'utilité de *relier électriquement les plombs des deux câbles à jonctionner*.

En réalité, la solution à adopter dépend des circonstances.

Si le neutre d'une distribution haute tension est

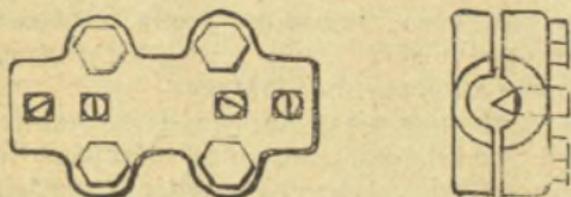


Fig. 52.

mis à la terre, toute mise à la terre accidentelle sur une phase produira un courant de circulation dans le plomb, et, si ce plomb n'est pas jonctionné dans les boîtes, un amorçage se produira inévitablement dans celles-ci entre le plomb et la fonte, provoquant un défaut grave.

Si le neutre n'est pas à la terre, ce phénomène ne se produira que si un claquage produit une mise à la terre dans le câble.

C'est donc dans le premier cas seulement que le jonctionnement du plomb semble utile.

Un grand nombre de dispositifs ont été brevetés pour assurer cette jonction.

La jonction des câbles en aluminium, quoique moins délicate que pour les lignes aériennes, demande néanmoins beaucoup de soins. La continuité élec-

trique peut être assurée de façon suffisante sans soudure des conducteurs, par simple contact de la pince et de l'âme du câble, mais il est essentiel que cette pince ait des dimensions suffisantes pour avoir un bon portage et que les vis soient suffisamment bloquées pour ne pas se desserrer.

Des échauffements ont été, toutefois, constatés sur des boîtes de jonction, dûs pour la plupart à la cassure des demi-colliers de serrage des mâchoires. Ces cassures doivent probablement être attribuées à des soufflures du métal, comme il s'en rencontre souvent dans les pièces en aluminium fondu, et aussi dans une certaine mesure, à un serrage trop énergique des boulons au cours du montage.

Il est également possible que des échauffements se soient produits par suite d'un décapage insuffisant des abouts des câbles engagés dans les mâchoires; comme l'aluminium exposé à l'air se couvre rapidement d'une couche d'oxyde présentant une forte résistivité électrique, il est nécessaire que les abouts des câbles ne soient pas laissés à l'air après décapage; dans le cas où les boîtes ne peuvent pas être montées immédiatement après décapage, il convient de graisser les extrémités nues des câbles et de ne les nettoyer qu'au moment du montage de la boîte. Ce nettoyage doit être alors fait avec le plus grand soin.

Certains exploitants préconisent un nettoyage à la benzine accompagné d'un décapage au papier de verre.

Les *dimensions* des boîtes de jonction dépendent :

Du nombre de conducteurs des câbles;

De leur section;

De la tension;

De la dimension des mâchoires.

Les boîtes de jonction des câbles en aluminium sont, par suite, nécessairement plus grandes que

celles des câbles en cuivre de résistance équivalente.
En voici un exemple :

Boîte pour câbles.	Aluminium.	Cuivre.
Longueur	650 mm.	600 mm.
Largeur	330 —	288 —
Hauteur	281 —	230 —

2° Boîtes ou manchons de dérivation. — Comme leur nom l'indique, ces boîtes sont destinées à réaliser les dérivations sur les câbles souterrains. Elles sont de forme analogue pour la haute tension et la basse tension.

Ainsi que les boîtes de jonction, les boîtes de dérivation sont constituées par deux coquilles de fonte avec joint à emboîtement, mais elles portent une tubulure latérale pour laisser passer le câble dérivé, et aussi un évent de plus sur cette tubulure.

Tout ce qui a été dit des boîtes de jonction s'applique également aux boîtes de dérivation. La forme des *pincés métalliques* est différente de celle des boîtes de jonction. Le plus généralement, les pincés et les boîtes sont en **T** (fig. 53 et 54), c'est-à-dire que le câble dérivé part perpendiculairement au câble principal. Quelquefois, les unes et les autres sont de forme tangentielle, c'est-à-dire que le câble dérivé part parallèlement au câble principal. Cette dernière disposition n'est adoptée que lorsqu'on manque de place.

Les pièces de dérivation en **T** peuvent être en forme de serre-fils à 3 directions ; elles nécessitent alors de couper le câble principal pour effectuer le branchement. Elles peuvent être en forme de pincés à crochets s'agrippant sur le câble principal sans qu'il soit nécessaire de le couper. Enfin, pour les câbles concentriques, on emploie des pincés à collier.

Les manchons de dérivation prennent des formes différentes d'après les cas suivants :

a) Dérivation d'un câble à 1 conducteur sur un câble à 1 conducteur.

b) Dérivation d'un câble à plusieurs conducteurs sur un câble à plusieurs conducteurs.

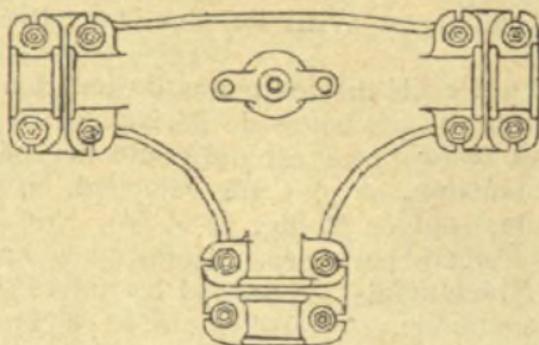
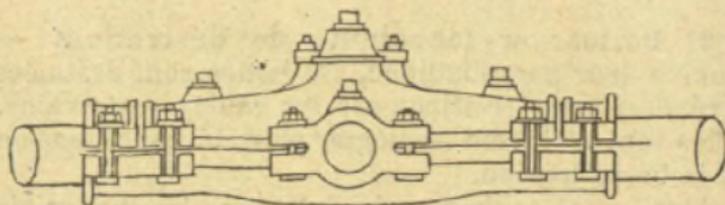


Fig. 53.

c) Dérivation d'un câble à plusieurs conducteurs sur plusieurs câbles à 1 conducteur.

d) Dérivation de plusieurs câbles à 1 conducteur sur 1 câble à plusieurs conducteurs.

Ces deux types de boîtes souterraines pour jonction et dérivation sont à peu près uniquement employés et présentent une sécurité assez grande. Cependant,

lorsqu'on a besoin d'une sécurité parfaite, on emploie des boîtes à double enveloppe. L'enveloppe intérieure, en plomb, est soudée sur les plombs des câbles. On la remplit de matière isolante, après quoi on soude les trous de coulée.

L'enveloppe extérieure, en fonte, sert de protection mécanique à la première.

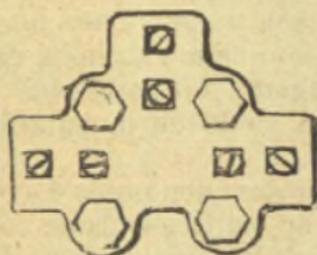
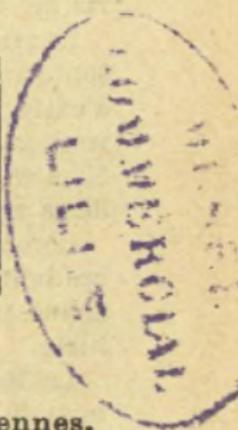
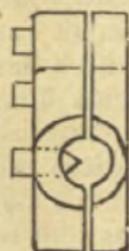


Fig. 54.



30. — Boîtes d'extrémité et boîtes aériennes.

Ces deux genres de boîtes remplissent un rôle analogue qui est de permettre le raccordement des conducteurs d'un câble armé avec des conducteurs quelconques, nus ou isolés.

Les boîtes d'extrémité s'emploient pour l'intérieur, les boîtes aériennes pour l'extérieur (raccordement sur poteau d'une ligne aérienne et souterraine).

Les uns et les autres s'emploient pour la haute comme pour la basse tension.

a) BOÎTES D'EXTRÉMITÉS. — La figure 55 indique une forme usuelle de boîte d'extrémité. Elle est formée, comme les manchons de jonction, de deux coquilles de fonte emboîtées, mais à une seule tubulure d'entrée, et dont une d'elles présente une surface plane percée d'autant de trous qu'il y a de conducteurs à la ligne aérienne.

On emmanche dans ces trous des pièces creuses en porcelaine ou en ébonite dans lesquelles passent les brides de raccordement. Ce sont généralement des pièces de bronze cylindriques dont la partie intérieure à la boîte est constituée comme un serre-fil, et la partie extérieure présente un méplat muni de vis de serrage.

L'extrémité intérieure reçoit le conducteur du câble souterrain et l'autre le câble aérien. Dans les boîtes d'extrémité à haute tension, cette extrémité est souvent gainée d'une manchette, en porcelaine ou en ébonite, dans laquelle on coule de la paraffine ou de la matière isolante.

Comme les manchons de jonction ou de dérivation, ces boîtes sont remplies de matière isolante coulée à chaud par une tubulure spéciale munie d'un bouchon fileté.

Le montage de ces boîtes doit être très soigné bien qu'elles ne soient pas exposées aux intempéries, car elles sont le siège de surtensions lors de fermeture ou de rupture du courant.

Les boîtes d'extrémité présentent des oreilles venues de fonte avec l'une des coquilles; ces oreilles permettent de les boulonner sur des ferrures supports ou des chaises scellées dans le mur.

Enfin, elles sont parfois munies, au lieu d'un collier de serrage, d'un véritable presse-étoupe muni d'une garniture étanche.

On emploie diverses formes de boîte correspondant aux dispositions suivantes :

Entrée verticale et sortie verticale.

Entrée horizontale et sortie verticale dans le plan du câble.

Entrée horizontale et sortie verticale dans un plan perpendiculaire au câble.

Etc.

Les boîtes d'extrémité pour basses tensions affectent souvent des formes très simples et très ramas-

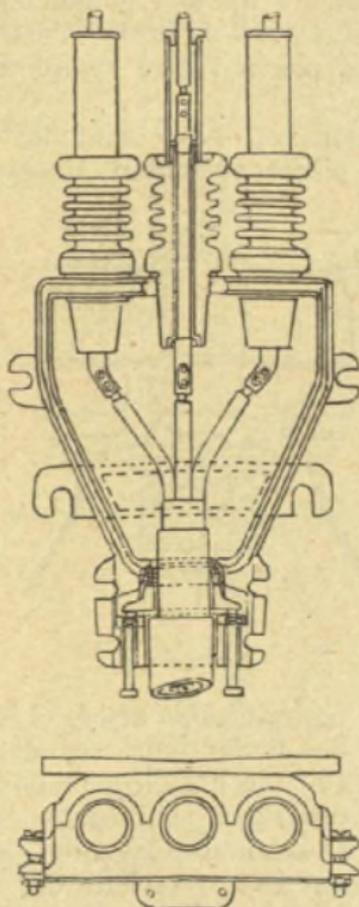


Fig. 55.

sées, utilisées pour les branchements d'abonnés avec boîte de coupure sous trottoir, et pour divers autres usages, comme l'entrée des câbles dans les candélabres d'éclairage public.

Ce sont généralement de petites boîtes en fonte ou en ébonite.

Pour les câbles à un seul conducteur de grosse section on se sert aussi de brides d'extrémité en laiton, creuses et pouvant être remplies de matière isolante.

b) BOÎTES AÉRIENNES. — Ce sont des marmites de fonte en deux pièces présentant une tubulure infé-

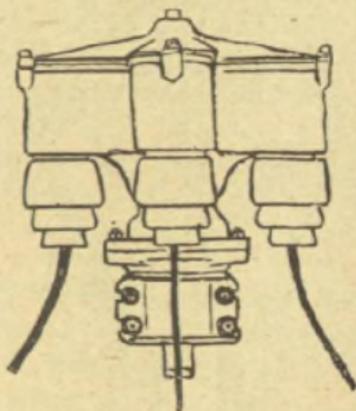


Fig. 56.

rieure d'entrée pour le câble armé, et des tubulures de sortie pour les fils aériens, ces dernières étant garnies de pipes ou cloches en porcelaine avec joints étanches. Des tubulures sont également ménagées pour la coulée de la matière isolante (fig. 56).

Enfin elles sont fixées soit sur des murs par des pattes d'attache venues de fonte, soit sur des poteaux bois par des colliers boulonnés, soit par emmanchement direct sur un poteau métallique tubulaire (le câble armé monte alors à l'intérieur du poteau).

Le rôle des boîtes d'extrémité et des boîtes aériennes est extrêmement important et il faut bien se garder, comme on le fait assez souvent, de rac-

corder directement les conducteurs d'un câble armé à des conducteurs aériens en se bornant à les dénuder.

En effet, en opérant ainsi, on ouvre à l'air la partie du câble intérieure à la gaine de plomb, exposant ainsi le papier isolant à l'humidité, ce qui détruit de proche en proche ses propriétés isolantes.

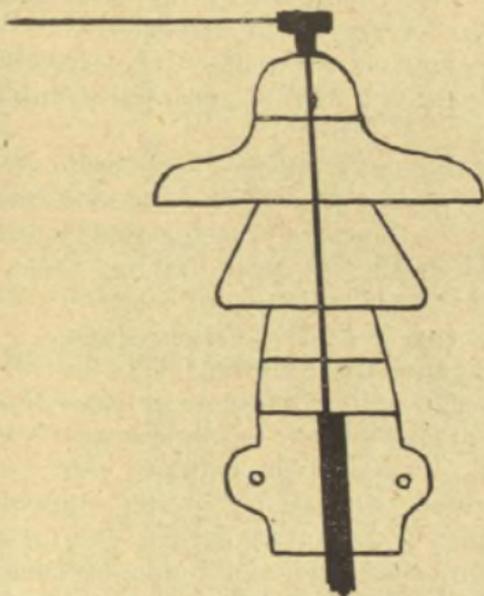


Fig. 57.

Au contraire, dans une boîte, le câble dénudé étant noyé dans la matière isolante, le papier n'a aucun contact possible avec l'humidité de l'air.

Les boîtes précédemment décrites à plusieurs conducteurs ne peuvent être utilisées que pour des tensions relativement peu élevées jusqu'à 10.000 ou 15 000 volts, par exemple. Pour les tensions supérieures, il est préférable de séparer d'abord les conducteurs en passant du câble à plusieurs conducteurs,

aux câbles simples au moyen d'une boîte de jonction appropriée. Les câbles séparés montent le long du pylone et sont raccordés chacun à un des conducteurs aériens au moyen d'un isolateur creux dont la figure 57, montre la structure, et qui est rempli de matière isolante. Les conducteurs aériens sont raccordés ensuite aux isolateurs d'arrêt de la ligne.

4° BOITES DE COUPURE ET DE DISTRIBUTION. — Il est nécessaire de pouvoir sectionner les canalisations, soit pour y réparer un défaut, soit pour y établir des branchements.

Pour les tensions inférieures à 1.000 volts, les courants à couper dans ces boîtes sont généralement d'intensité élevée. Pour les tensions supérieures, les intensités sont beaucoup plus faibles, mais il se forme alors des arcs d'autant plus longs et d'autant plus dangereux que la tension est plus forte.

Il y a donc 2 types très différents de boîtes de coupure suivant qu'il s'agit de haute ou de basse tension.

BOITES POUR BASSE TENSION. — Sur les canalisations à basse tension, les boîtes de coupure sont munies d'entrées extérieures, appelée coquilles, constituées et montées d'après les mêmes principes que les manchons de jonction, coulés avec les mêmes précautions.

Des brides en bronze, raccordées aux conducteurs du câble à l'intérieur des coquilles d'entrée, traversent dans des cylindres d'ébonite les parois de la boîte. Elles sont connectées, par l'intermédiaire de fusibles, à une grille métallique centrale permettant de réaliser les diverses combinaisons imposées par le schéma de la distribution.

Cependant, dans certains cas, et pour des courants de l'ordre de 1.000 ampères, il vaut mieux remplacer par des barres de cuivre, ces fusibles dont le fonctionnement peut amener des accidents graves, par exemple l'explosion de la boîte.

Ces boîtes sont encastrées dans le trottoir ou la chaussée des voies publiques. Elles comportent à leur partie supérieure une double paroi, formant cheminée, et un couvercle intérieur étanche serré par des boulons avec interposition d'un joint de caoutchouc. Elles sont fermées par un tampon de fonte strié ou asphalté affleurant au ras du sol.

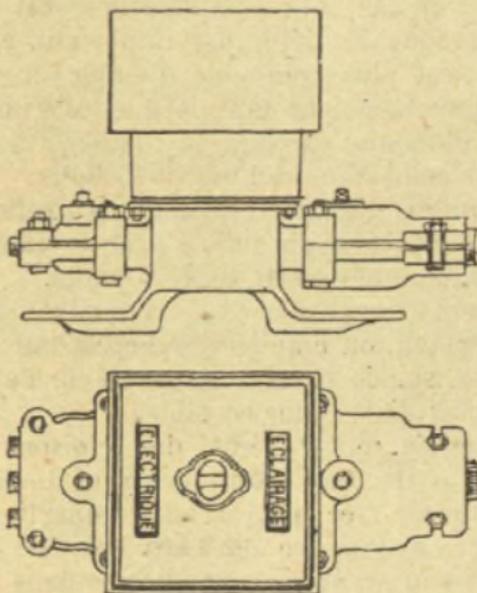


Fig. 58.

Les coquilles d'entrée sont disposées pour entrer perpendiculairement aux parois de la boîte, ou parallèlement, suivant la place dont on dispose.

Les boîtes peuvent être à 2, 4, 6 ou 8 directions; les boîtes à 2 directions sont souvent utilisées pour les branchements d'abonnés.

La figure 58 montre l'ensemble d'une boîte à 2 directions et la figure 59 l'intérieur d'une boîte à 8 directions.

Lorsque ces boîtes sont alimentées par un feeder, elles portent souvent le nom de boîte de feeder.

On peut à volonté supprimer une des entrées d'une boîte en remplaçant les coquilles par une plaque d'obturation.

Les fusibles sont souvent simplement boulonnés sur les brides d'extrémité et celles de la grille centrale. Dans ce cas, leur remplacement est assez dangereux lorsque le débit est important et la boîte exigüe. Il est plus commode d'employer des brides portant des mâchoires dans lesquelles s'insèrent des poignées d'ébonite portant le fusible. On peut alors remplacer celui-ci en dehors de la boîte.

Les coquilles d'entrée affectent naturellement une forme différente selon qu'il s'agit de câbles à plusieurs conducteurs ou de câble séparés.

BOÎTES POUR HAUTE TENSION. — Dans les canalisations à haute tension, on emploie des boîtes dans lesquelles on dispose, sur le passage éventuel de l'arc de rupture, le plus d'obstacles possible.

On emploie, en général, des cloisons d'ébonite séparant les pièces métalliques sous tension, et on remplit d'huile très propre les compartiments ainsi délimités. La coupure de l'arc doit se faire dans l'huile. Les interrupteurs renfermés dans la boîte ne sont manœuvrés qu'à l'aide de manches isolants qu'on visse au moment d'opérer.

Les boîtes les plus modernes renferment de véritables interrupteurs à rupture brusque dans l'huile. Il faut renoncer absolument, dans les boîtes à haute tension, à l'emploi des fusibles dont le fonctionnement amènerait une carbonisation rapide de l'huile et la production d'un arc.

L'existence de tous ces dangers spéciaux montre bien que les boîtes de coupure à haute tension ne sont qu'un pis-aller; les *postes de coupure*, placés

sur la voie publique ou à l'intérieur de bâtiments riverains, coûtent beaucoup plus cher, mais donnent à l'exploitation une sécurité que l'emploi des boîtes ne permet pas d'atteindre.

5° **Coffrets d'abonnés.** — Il est nécessaire de pouvoir sectionner les branchements d'abonnés du

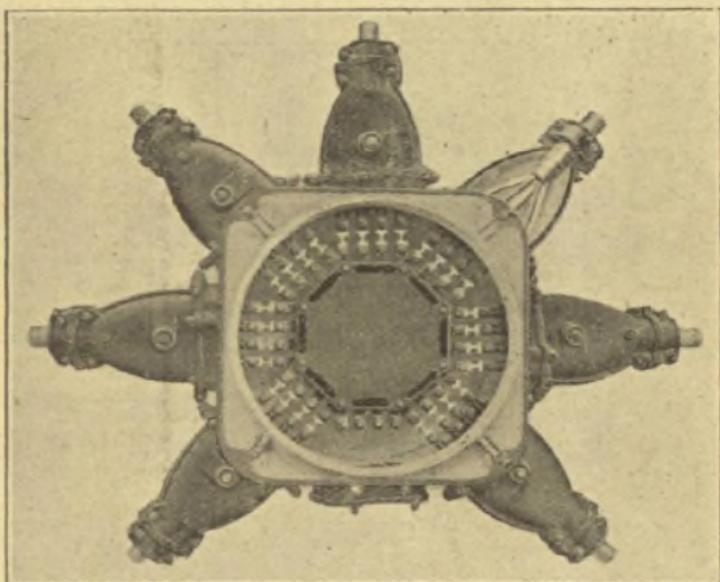


Fig. 59.

réseau sans pénétrer dans les immeubles qu'ils alimentent.

En effet, il faut pouvoir couper le courant, soit en cas d'accident, soit en cas de non-paiement, soit enfin pour isoler les installations particulières, lors des essais d'isolement des réseaux.

De plus il faut munir les branchements de fusibles pour des raisons exposées en détail un peu plus loin.

Nous avons dit déjà qu'on emploie souvent dans ce

but des boîtes de coupure à deux directions. Mais ces boîtes sont très coûteuses et nécessitent un entretien également onéreux pour présenter une sécurité suffisante, ce qui leur fait préférer, dans la plupart des cas, des coffrets muraux.

Ces coffrets ont une constitution analogue à celle des boîtes de coupure, mais les dispositions destinées

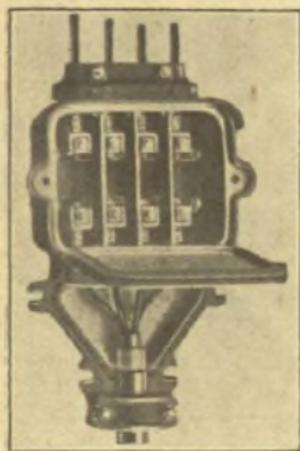


Fig. 60.

à assurer l'étanchéité y sont très simplifiées, puisque ces coffrets, au lieu d'être encastrés dans le sol, sont scellés dans le mur à une hauteur variant de 0 m. 50 à 1 mètre suivant les cas.

Ils sont toujours munis d'une coquille d'entrée, mais la coquille de sortie est généralement réduite à des dimensions très faibles et porte le nom de *protecteur*. Souvent même elle est complètement supprimée.

La paroi des coffrets est simple et la fermeture se fait par une simple porte avec joints en corde d'amiante.

Comme dans les boîtes de coupure, les fusibles sont, soit boulonnés directement sur les brides soit portés par des manettes d'ébonite ; ce sont souvent des cartouches serrées dans des coins, ces deux dernières dispositions, étant de beaucoup préférables. La figure 60 représente un coffret pour câble à 4 conducteurs.

Les coffrets sont seulement utilisés pour les branchements à *basse tension*. En haute tension, on fait entrer directement le câble dans le poste de l'abonné où il se termine par une boîte d'extrémité.

On ne peut alors sectionner ces branchements que si le câble part d'un poste de sectionnement, précaution très recommandable à tous égards et, malheureusement, très souvent négligée.

CHAPITRE III

POSTES DE TRANSFORMATION ET DE SECTIONNEMENT

Généralités.

Les postes de transformation peuvent être soit en plein air, soit dans des kiosques en tôle, soit dans des cabines en maçonnerie.

Les postes importants recevant plusieurs lignes à haute tension, peuvent occuper parfois d'assez grands bâtiments.

Les *postes en plein air* sont généralement, en Europe, réservés à de très petites puissances (une dizaine de kilowatts). Le transformateur est alors placé sur un pylône approprié ou sur un poteau avec un minimum d'appareillage (coupe-circuit et parfois parafoudre). Ces postes aériens se font, soit avec des transformateurs spéciaux parfaitement étanches et munis de bornes résistant à la pluie, soit avec des cabines métalliques permettant l'emploi de transformateurs ordinaires (fig. 61).

Cependant, dans certains cas, on a établi des postes importants, à très haute tension, en plein air sur des charpentes métalliques.

Les *postes en kiosques* sont employés dans les réseaux urbains avec arrivée souterraine; ils sont

exigus (par exemple 1 m. 50 de diamètre et 6 mètres de hauteur), peu commodes à monter et à entretenir

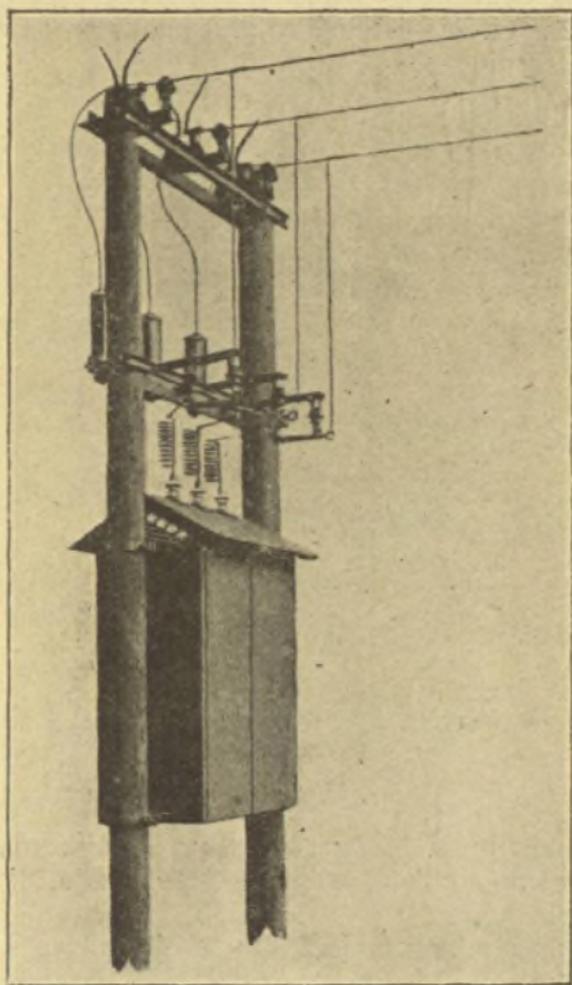


Fig. 61.

et ne peuvent guère contenir une puissance supérieure à une centaine de kilowatts. Dans ces postes,

le transformateur est généralement en élévation, à la partie supérieure des postes, l'appareillage haute et basse tension se trouvant à la partie inférieure (fig. 62). La basse tension peut partir en aérien ou en souterrain.

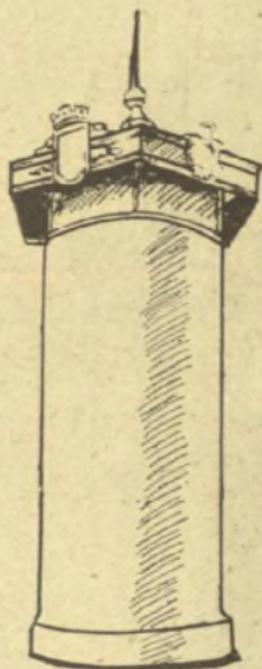


Fig. 62.

Les postes en maçonnerie peuvent être plus spacieux, et même comporter un étage lorsque l'arrivée est aérienne.

Nous examinerons ici les appareils suivants :

- 1° **Appareils de coupure.** — Sectionneurs, interrupteurs, disjoncteurs et coupe-circuits;
- 2° **Appareils de protection.** — Parafoudres, limiteurs à rouleaux, selfs, déchargeurs, cardew, etc.
- 3° **Transformateurs.**

1°. — Appareils de coupure.

Les courants à haute tension nécessitent un appareillage très particulier en raison des grandes précautions d'isolement qu'ils nécessitent et de la longueur des arcs produits par l'ouverture d'un circuit. Cet appareillage devient de plus en plus volumineux

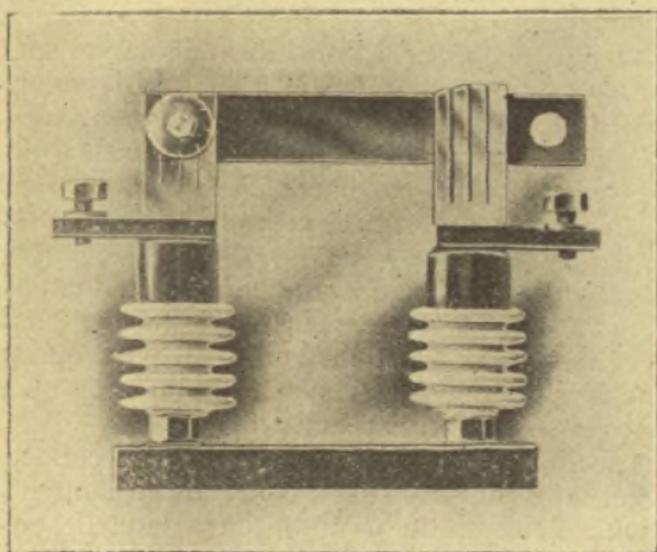


Fig. 63.

et compliqué à mesure que la tension est plus grande. Les appareils de support, isolateurs divers, ayant déjà été étudiés (chap. V, 2°), nous aborderons l'étude des appareils de coupure.

Sectionneurs. — L'appareil le plus simple, qui est aussi le premier placé, dans le sens de l'arrivée du courant, est le *sectionneur*.

Cet appareil (fig. 63) a pour organe un *couteau de*

cuivre rouge terminé par un anneau au moyen duquel on peut le saisir; le couteau, lorsqu'il est dans la position de fermeture du circuit, est engagé par ses deux extrémités dans deux mâchoires de cuivre scellées chacune dans un isolateur; il est articulé dans une des mâchoires par l'extrémité opposée à l'anneau.

Les deux mâchoires sont connectées, au moyen de boulons de cuivre, aux deux parties du circuit à sectionner.

Pour *ouvrir* le circuit, on introduit dans l'anneau le crochet d'une *perche isolante* (outil que nous décrivons plus loin), et on tire brusquement vers soi en éloignant aussi vite que possible le couteau de la mâchoire; celui-ci se dégage de la mâchoire supérieure et tourne autour de la goupille qui l'articule dans l'autre.

Pour *fermer* le circuit, on amène le couteau assez près de la mâchoire pour pouvoir le fermer ensuite d'un coup, mais assez loin cependant pour que l'arc ne puisse s'amorcer, puis on se reprend et on engage d'un coup sec le couteau dans la mâchoire.

Les sectionneurs ne permettent pas de couper en charge; leur seul rôle est d'isoler de la source une portion de circuit ou de ligne dans laquelle on est sûr qu'il ne passe pas de courant, c'est-à-dire sur laquelle n'est branché aucun appareil récepteur ni générateur; dans le cas contraire, il s'amorcerait, entre le sectionneur et la mâchoire inférieure, au moment de la coupure, un arc long et intense, très dangereux.

Il existe naturellement un sectionneur sur chaque conducteur.

Les sectionneurs triphasés peuvent avoir des couteaux indépendants ou, au contraire, invariablement liés par une traverse isolée. Cette disposition ne se

rencontre guère d'ailleurs que pour des tensions relativement peu élevées (5.000 volts, par exemple).

On leur adjoint souvent un dispositif appelé *chape de mise à la terre* (fig. 64) ; c'est un jeu de mâchoires, symétriques des mâchoires sous tension par rapport à l'articulation, et réunies à une plaque de mise à la terre. On y engage les couteaux après les avoir ouverts.

Ce dispositif est utile lorsqu'on veut travailler sur

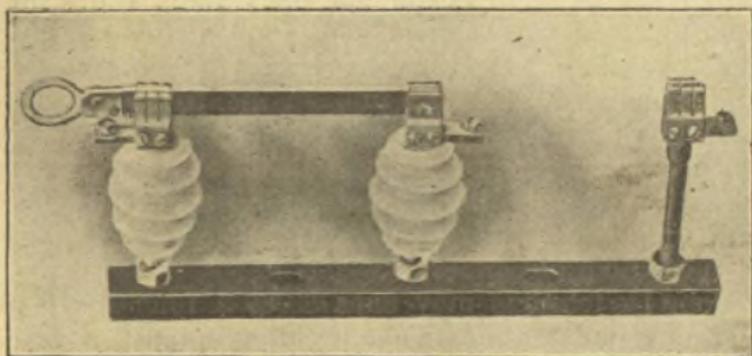


Fig. 64.

une ligne pouvant recevoir le courant de deux côtés ; on est sûr alors qu'après la manœuvre, la ligne ne peut plus être remise sous tension.

Les *dimensions* des sectionneurs varient naturellement avec la tension pour laquelle ils sont destinés. Voici quelques dimensions de sectionneurs pour les tensions usuelles.

Tensions.	Distances entre mâchoires.
3.000 volts.	175 millimètres.
5.000 —	190 —
10.000 —	225 —
15.000 —	260 —
20.000 —	300 —
25.000 —	350 —
30.000 —	400 —

Interrupteurs. — Bien que les sectionneurs portent quelquefois le nom d'interrupteurs-sectionneurs, on réserve actuellement le nom d'interrupteurs exclusivement aux *interrupteurs dans l'huile* qui sont des appareils de coupure en charge pour la haute tension.

L'interrupteur à huile (fig. 65) est constitué, pour chaque conducteur, par un balai de lames de cuivre, mobile et pouvant porter sur deux plots reliés au circuit à couper. Les deux plots sont montés sur des isolateurs fixés à la plaque-couvercle, et le balai, par l'intermédiaire d'un isolateur, sur une tige actionnée par bielle par l'axe de commande.

On manœuvre ce dernier à l'aide d'une poignée, levier ou volant. L'interrupteur est enfermé dans un bac en tôle soudée, doublé intérieurement de bois, et rempli d'huile minérale.

Pour les tensions moyennes (5.000 à 10.000 volts), on réunit dans un *même bac* les interrupteurs correspondant à tous les conducteurs de la ligne (3, si elle est triphasée).

Pour des tensions plus élevées, les interrupteurs sont placés dans des *bacs différents*, boulonnés sous le même couvercle; et pour les tensions très élevées, les interrupteurs correspondant à chaque phase sont *complètement indépendants*; seul, l'arbre de commande actionne simultanément les 3 appareils.

Dans ces appareils, l'arc de rupture se produisant dans l'huile s'éteint très rapidement et à une distance beaucoup plus faible que dans l'air; ainsi, pour couper un courant de 5.000 volts et 200 ampères, il faut dans l'air 75 centimètres à 1 mètre, et dans l'huile 14 centimètres.

L'huile employée peut être de l'huile minérale, de l'huile de lin bien cuite, de la valvoline à cylindre, ou de l'huile de ricin.

Les interrupteurs à huile sont assez dangereux; d'abord ils peuvent, en coupant une forte intensité, faire *explosion*. L'huile destinée à étouffer l'arc de rupture, peut aussi par suite de l'introduction de poussières, devenir conductrice à sa surface et causer des *amorçages d'arcs* soit entre les phases, soit entre les phases et la masse de l'appareil (réglemen-

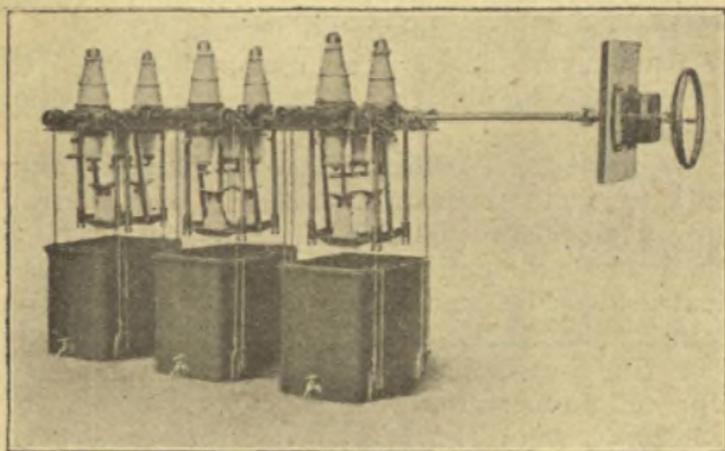


Fig. 65.

tairement reliée à la terre). Enfin, l'organe de coupure n'étant pas visible lui-même, on peut, par inattention, faire erreur sur l'état de l'interrupteur malgré la *plaque indicatrice du levier*; aussi doit-on toujours pour effectuer un travail, couper d'abord l'interrupteur, puis les sectionneurs. Ceux-ci étant vus ouverts, on peut être sûr que la ligne est coupée.

On utilisait beaucoup autrefois (et on utilise encore parfois) des *interrupteurs à broches* fonctionnant dans l'air, constitués par une longue tige pénétrant dans un tube en porcelaine au fond duquel se fait le contact. Ces appareils se commandent par levier isolé.

Très précaires pour couper de fortes charges (ils ont été la cause de bien des accidents), ces interrupteurs pourraient être utilisés avantageusement dans des petits postes de transformation d'abonnés, à condition de couper d'abord la basse tension du transformateur. Ils suffiraient largement pour couper le courant à vide de celui-ci.

Enfin, signalons l'emploi d'*interrupteurs à cornes* analogues aux interrupteurs de ligne.

La manœuvre de ces deux genres d'appareil est extrêmement simple et ne nécessite aucune mention spéciale.

Disjoncteurs à huile. — Les disjoncteurs automatiques sont des appareils analogues aux interrupteurs, mais pourvus de dispositif leur permettant de fonctionner automatiquement au cas où le courant vient à atteindre une valeur exagérée, ou au contraire à manquer. Ce dispositif comporte :

1° Une *partie mécanique* destinée à actionner l'appareil au moyen de ressorts.

2° Une *partie électrique* qui doit, le cas échéant provoquer le fonctionnement de la partie mécanique, par l'intermédiaire d'un noyau d'électro-aimant.

Cette partie est composée de bobines de déclenchement constituant les électro-aimants en question; ces bobines sont à maxima et à minima. Les *bobines à maxima* sont parcourues par le courant lui-même — dans ce cas, elles sont dites *directes* — ou bien parcourues par une fraction du courant par l'intermédiaire d'un transformateur d'intensité.

Si le courant prend une valeur exagérée, la bobine aspire le noyau qui fait fonctionner le déclenchement. Les *bobines à minima* sont destinées à agir lorsque la tension vient à manquer; elles sont alimentées par un transformateur de tension.

Les disjoncteurs triphasés courants comportent

généralement deux bobines à maxima montées sur deux phases et une à minima montée sur une phase.

Souvent le disjoncteur ne porte qu'une seule bobine de déclanchement pouvant être alimentée par un circuit basse tension ; ce circuit est fermé par des appareils à contacts appelés *relais* qui fonctionnent sous l'influence des incidents les plus fréquents : sur intensité, manque de tension, retour d'énergie, etc... En outre, par l'emploi des relais à temps ou de relais différés, on peut retarder le fonctionnement du disjoncteur d'un nombre déterminé de secondes sur l'instant où se produit la cause.

Le montage de ces relais variant beaucoup avec les différents types, il est difficile de donner ici des indications générales plus précises.

Coupe-circuits fusibles. — Les fusibles de protection pour la haute tension, ou *coupe-circuits*, sont constitués en principe par un fil en métal fusible, le plus souvent en argent, d'une longueur appropriée à la tension. Ce fil fusible est inséré dans un tube isolant. Les deux types les plus répandus sont à *poignées* et à *cartouche*.

Les *coupe-circuits à poignées* sont constitués par un cylindre de porcelaine (fig. 66) muni à ses deux extrémités d'une borne à vis se prolongeant par un contact plat. Les deux contacts s'engagent dans des mâchoires semblables à celles des sectionneurs. On place à l'intérieur de ce cylindre un tube en carton d'amiante dans lequel on passe le fil fusible qui est fixé dans les deux bornes à vis. Souvent la partie inférieure de l'ensemble porte une charnière ouverte permettant d'engager plus facilement la poignée dans les mâchoires.

Dans les *coupe-circuits à cartouche*, le fil fusible est logé dans un tube en carton isolant ou en porcelaine, rempli d'une poudre inerte et un peu isolante

(talc, par exemple). La fusion du fil se produit dans une atmosphère pulvérulente qui souffle l'arc, celui-ci ayant tendance à rester alimenté dans l'atmosphère conductrice créée par la fusion du fil métallique.

Ces coupe-circuits, très commodes et d'un fonctionnement assez sûr pour les tensions moyennes et

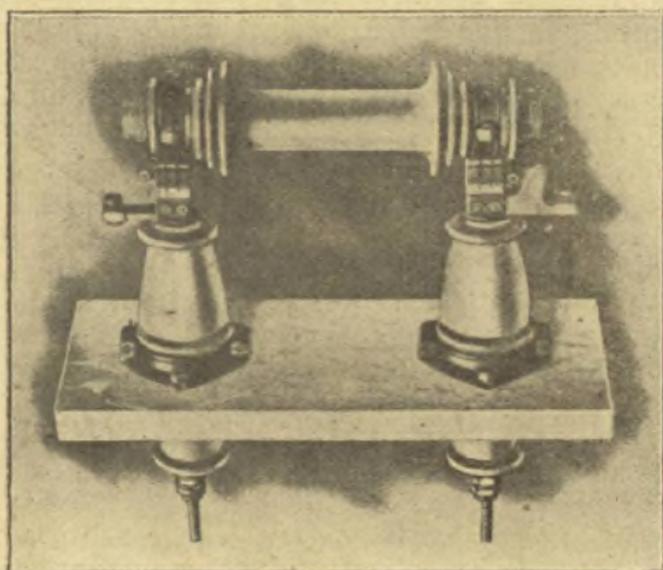


Fig. 66.

les faibles puissances, ne donnent plus satisfaction lorsqu'il s'agit de couper des courants intenses, l'arc amorcé à la fusion ne s'éteignant plus et causant de graves accidents.

On a cherché à adapter les coupe-circuits aux fortes puissances en les faisant fonctionner dans l'huile à la manière des interrupteurs; la poignée est alors pourvue d'un réservoir d'huile dans lequel le fil fusible plonge complètement ou partiellement.

Les coupe-circuits sont souvent munis d'un *voyant*

qui se lève ou retombe lorsque le fil est fondu ; avertissant ainsi que l'appareil a fonctionné. Dans les coupe-circuits à poignée ordinaire, c'est une simple chape articulée portant une poulie de porcelaine sur laquelle passe le fil fusible. Si le fil fond la chape retombe.

REPLACEMENT DES FILS FUSIBLES. — Les coupe-

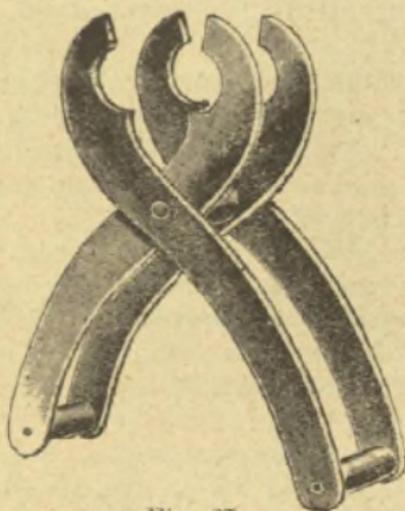


Fig. 67.

circuits étant presque toujours précédés de sectionneurs et d'interrupteurs, on commence par ouvrir ceux-ci (en commençant par l'interrupteur s'il existe), puis on enlève les poignées ou les cartouches à la main.

On enlève ensuite les résidus du fil fondu et on remplace celui-ci par un nouveau fil qu'on tend légèrement entre les vis de serrage (après l'avoir fait passer sur la poulie, voyant s'il y a lieu) ; on doit examiner aussi si le tube d'amiante n'a pas été endommagé par la fusion, surtout lorsque le fil a fusé, et le remplacer s'il y a lieu.

On replace ensuite la poignée et on referme les sectionneurs. Ce faisant, on ne doit pas se tenir trop près des coupe-circuits, la fusion pouvant se reproduire si la cause n'a pas cessé.

Dans les petites installations (petits postes d'abonnés comme dans les villes distribuant à haute tension avec poste chez chaque abonné ; postes aériens) les coupe-circuits font en même temps office de sectionneur.

On les manœuvre, dans ce cas sous tension au moyen d'une pince en bois à poignée isolante en porcelaine (fig. 67). Il est bien évident que, comme les sectionneurs, les coupe-circuits ne doivent pas être enlevés en charge.

Pour des tensions un peu élevées (à partir de 10.000 volts, par exemple), il est plus prudent de se placer sur un tabouret isolant pour faire la manœuvre. L'outil de manœuvre étant lui-même isolant, on se trouve isolé ainsi à la fois du côté de la tension et du côté de la terre.

Perches de manœuvre. — Terminons cette question par la description sommaire des perches de manœuvre. Une perche (fig. 7) est composée d'une tige de bois plus ou moins longue (parfois un long bambou) ; à l'extrémité un isolateur accordéon est fixé au moyen d'une bague métallique. Cet isolateur porte un double crochet de fer ou de fonte ; un côté sert à accrocher l'anneau du sectionneur pour tirer, l'autre pour repousser.

Le crochet pour tirer doit cependant permettre de repousser aussitôt si on amorce un arc en coupant le sectionneur.

2°. — *Appareils de protection et
appareils de mesure.*

Origine des surtensions. — On englobe sous le nom de surtensions un certain nombre de perturbations électriques des réseaux, dont les effets, plus ou moins graves, peuvent aller jusqu'à la destruction des machines et dont les causes sont des plus variées. On peut les grouper en trois catégories :

Surtensions dues aux mises à la terre ;

Surtensions d'origine atmosphérique ;

Surtensions produites par des incidents d'exploitation.

SURTENSIONS DUES AUX MISES A LA TERRE. — Ces surtensions sont assez fréquentes et très dangereuses ; surtout celles qui proviennent de mises à la terre non franches et intermittentes. Il se produit par ces défauts des décharges oscillantes provoquant des amorçages d'arcs intenses au point de mise à la terre ; d'où claquage des isolateurs et courts-circuits.

On protège le réseau contre ces accidents en reliant le point neutre à la terre par l'intermédiaire d'une bobine de self ou d'une résistance. Cette résistance doit être de l'ordre de grandeur de 1.000 ohms pour 100 kilomètres de conducteurs aériens et diminue à mesure que la longueur augmente.

On emploie aussi des appareils de suppression d'arcs qui ont pour but de mettre le conducteur franchement à la terre lorsqu'il s'y produit une terre non franche, et cela automatiquement par suite de la baisse de tension qui en résulte. On obtient ainsi l'extinction de l'arc et on continue le service avec un conducteur à la terre jusqu'à ce que le défaut soit réparé.

SURTENSIONS D'ORIGINE ATMOSPHERIQUE. — Celles-ci

peuvent se présenter sous deux formes distinctes : sous forme d'*étincelles disruptives* (coups de foudre), ou sous formes d'*aigrettes* (écoulement des charges statiques).

La première forme résulte soit de coups de foudre directs, soit de simples perturbations atmosphériques. Dans les deux cas, elle donne lieu à une décharge alternative, à fréquence très élevée.

La deuxième forme donne lieu à un courant continu. Les charges statiques proviennent également de phénomènes atmosphériques et se manifestent même sur des lignes complètement isolées de toute machine génératrice ou réceptrice. On les observe surtout en été, au début et à la fin de la journée.

Appareils de protection contre les surtensions. — Les appareils de protection contre les décharges brusques à forme oscillatoire sont :

Les condensateurs ;

Les parafoudres à cornes ;

Les parafoudres électrolytiques.

CONDENSATEURS. — Les condensateurs employés sont généralement cylindriques à tubes de verre (types Mosciki) ou encore isolés au papier.

Leur capacité est par exemple de 0, 06 microfarad pour 6.000 volts et 0, 03 microfarad pour 50.000 volts.

PARAFODRES A CORNES. — Ce sont les appareils les plus fréquemment employés sur les réseaux à moyenne tension.

Ils sont constitués par deux cornes en gros fil de cuivre ou en cuivre fondu (fig. 68). La distance entre la base des cornes est réglée à une valeur appropriée à la tension de ligne ; l'une des cornes est reliée à un des conducteurs, l'autre à la terre.

Si un coup de foudre ou une décharge atmosphérique vient amorcer un arc entre ces deux cornes, cet arc tend à monter le long des cornes jusqu'à ce

que la distance soit suffisante pour qu'il se rompe. Ce phénomène est dû à l'action magnétique du courant sur lui-même et aussi au courant d'air chaud produit par l'arc : on dit que *l'arc se souffle*.

Il est évident que si la corne était reliée directement avec la terre, le fonctionnement des para-

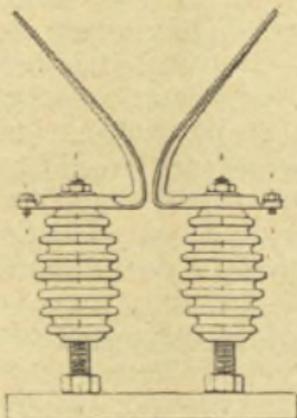


Fig. 68.

foudres sur deux conducteurs amènerait un court-circuit franc entre phases par la terre ; il est donc nécessaire d'intercaler entre la corne et la terre une résistance dite *résistance de terre*.

Cette résistance pourra être constituée par des résistances liquides en tubes, des résistances humides ou des résistances à charbon. La valeur de cette résistance comme la distance entre cornes du parafoudre dépend de la tension du réseau et est toujours de l'ordre de plusieurs milliers d'ohms.

Voici quelques exemples de valeur de ces deux quantités suivant la tension :

Tension de ligne.	Distance explosive.	Résistance.
4.400 volts.	3 centimètres.	1.100 ohms.
7.700 —	6 —	2.000 —
13.000 —	12 —	4.000 —
22.000 —	18 —	4.500 —
33.000 —	35 —	5.000 —

Les *résistances liquides* sont constituées par des tubes en grès ou en porcelaine remplis d'eau rendue conductrice par l'addition d'un sel alcalin, généralement du bicarbonate de soude en quantité nécessaire pour réaliser la résistance fixée.

Dans les locaux où cette eau serait susceptible de geler, et surtout dans les installations en plein air, on mélange cette eau d'une proportion de glycérine pouvant aller jusqu'à 50 p. 100. Enfin pour éviter que ce liquide ne se corrompe, on ajoute 1 centigramme par litre de bichlorure de mercure, et pour éviter qu'il ne s'évapore, on le recouvre d'une légère couche d'huile.

Les *résistances humides* sont constituées également par des tubes de grès contenant du sable mouillé; on emploie du sable fin lavé et humidifié par une eau quelconque, puis on ramène à la valeur indiquée par addition d'eau.

On emploie aussi des *résistances sèches* constituées par des poudres semi-conductrices (porcelaine pulvérisée à grains fins additionnée de graphite pur) placées dans des tubes en grès, ou encore des résistances en *carborundum*. Ces dernières ont l'inconvénient de devenir friables et de casser lorsque les décharges à la terre sont un peu considérables. Cependant la constance de leur résistance initiale les fait parfois préférer aux résistances liquides ou humides.

Enfin des *résistances métalliques* dans l'huile sont

les plus onéreuses, mais aussi les plus fixes; elles permettent un réglage très serré des parafoudres.

Le fil de terre qui écoule au sol la décharge disruptive a une importance capitale au point de vue du bon fonctionnement. La décharge étant oscillatoire de haute fréquence, c'est beaucoup moins la résistance du conducteur de terre qui importe que sa self-induction, car on sait que, pour les courants alternatifs, une bobine de self-induction se comporte comme une grande résistance et d'autant plus élevée que la fréquence du courant est plus grande.

Pour écouler facilement la décharge au sol, le fil de terre doit donc être aussi rectiligne que possible, sans coudes, ni détours (du moins, aussi peu que possible). C'est pour la même raison qu'on doit éviter l'emploi de conducteurs trop massifs pour la mise à la terre et remplacer le fil par du câble, dès que le diamètre atteint une certaine valeur.

PARAFONDRES ÉLECTROLYTIQUES. — Le parafoudre électrolytique est constitué en principe d'éléments formés par deux électrodes d'aluminium recouvertes d'une pellicule d'hydroxyde d'aluminium et baignant dans un électrolyte convenable.

Un tel élément oppose aux tensions appliquées une très grande résistance, jusqu'à ce qu'on dépasse la valeur d'une certaine tension critique (340 volts par élément). Au-dessus de cette valeur, la résistance de l'élément devient négligeable.

Ces éléments sont complétés par un dispositif à cornes servant de joncteur-disjoncteur automatique.

Les électrodes en aluminium ont la forme de cônes et sont étagées à des intervalles de 10 cm. 5, les unes des autres. L'électrolyte les remplit partiellement; l'ensemble est immergé dans une cuve, fermée par un couvercle métallique et remplie

d'huile; l'électrolyte, plus dense que l'huile, reste au fond des cônes.

Le dispositif à cornes soustrait le parafoudre au passage d'un courant permanent qui produirait une perte d'énergie importante; il est réglé pour une distance explosive correspondant à 30 p. 100 au-dessus de la tension normale.

Mais lorsque les éléments sont placés hors circuit, l'électrolyte exerce une action dissolvante sur la pellicule. Il en résulte, lors d'une nouvelle mise sous tension, un afflux de courant très supérieur à celui qui se produit en fonctionnement normal. Il est donc nécessaire de recharger le parafoudre quotidiennement en le remettant un certain temps sous tension.

Pour cela, les éclateurs à cornes sont munis d'un dispositif de court-circuitage qui met directement la colonne des cônes sous la tension de ligne.

En outre, les parafoudres triphasés qui possèdent une quatrième colonne pour la mise à la terre du neutre sont accompagnés d'un commutateur spécial qui permet de brancher cette colonne sous la tension de ligne, pour la recharge, en la substituant à une colonne de phase.

LIMITEURS DE TENSION ET DÉCHARGEURS. — Les charges statiques d'origine atmosphérique sont écoulées à la terre par des appareils appelés limiteurs de tension et déchargeurs. Il en existe un grand nombre de types; nous décrirons les principaux.

Le *limiteur à rouleaux* est constitué par une série de rouleaux cylindriques ou tronconiques en cuivre ou en charbon, rangés les uns à côté des autres sur un support vertical isolant. Ces rouleaux laissent entre eux un mince intervalle d'air; ils sont percés suivant leur axe avec un diamètre d'alésage supérieur à celui de la tige de fixation, de sorte qu'on peut régler cet intervalle à volonté. On fait ainsi varier

en même temps la capacité relative des rouleaux et la distance d'éclatement, par conséquent aussi la tension d'amorçage. Le premier rouleau est en communication avec un conducteur de ligne, le dernier avec la terre

C'est la distance entre les deux premiers rouleaux qui joue le plus grand rôle dans le réglage.

Le fonctionnement de ces appareils peut se produire de deux manières différentes :

1° Quand il y a simplement effluve, crépitement au delà d'un certain nombre de rouleaux ; il n'y a pas intérêt à augmenter le nombre de rouleaux.

2° Quand il y a décharge réelle, bruit de sifflement continu, le fonctionnement est d'autant meilleur que le nombre des rouleaux est plus grand ; chaque cylindre dégrade et dissipe en chaleur une certaine quantité d'énergie. Par contre, plus le nombre de cylindres est grand, plus l'appareil est cher et encombrant. C'est ainsi que pour des tensions de 40.000 à 50.000 volts, on arrive à avoir de 60 à 80 rouleaux.

Un limiteur à rouleaux est en réalité un éclateur ; son fonctionnement donne lieu à des oscillations. Pour lui ôter cet inconvénient, on emploie différents artifices, principalement l'adjonction d'une résistance en série ou d'un déchargeur à cornes.

Un autre genre d'appareil de protection contre les charges statiques est le *déchargeur continu*. C'est en principe une résistance liquide branchée en permanence sur la ligne ; on crée ainsi un courant permanent entre phases, mais si on le limite à un ampère ou un ampère et demi, cet inconvénient est faible.

On emploie fréquemment dans cet ordre d'idée les déchargeurs à jet d'eau, où la résistance est constituée par un jet d'eau ascendant qui vient en contact avec une surface connectée à la ligne (fig. 69).

Ces déchargeurs continus ne doivent être employés que dans d'assez grosses installations pour que la perte d'énergie qu'ils causent ne soit pas appréciable.

BOBINES DE SELF. — Pour obliger les décharges du genre oscillatoire à s'écouler à la terre par les appareils décrits, et les empêcher de se propager vers les installations, on place en série et après les appareils de protection, des bobines de self. Ce sont de simples solénoïdes de quelques spires en cuivre ou en fer.

Ces décharges étant toujours d'une fréquence très élevée, incomparablement plus grande que celles des courants industriels, ces selfs se comportent vis-à-vis d'elles comme une résistance énorme et leur interdisent l'accès des tableaux, transformateurs et machines.

FIL PROTECTEUR. — Enfin, en outre des appareils précédents qui sont placés dans les stations et les postes, on protège souvent les lignes à très haute tension au moyen d'un câble tendu au-dessus de la ligne, au sommet des pylônes et mis à la terre de distance en distance par des plaques soigneusement établies.

SURTENSIONS D'EXPLOITATION. — Les surtensions d'exploitation sont dues à de fausses manœuvres, avaries de machines, mises en circuit brusques, etc.

Pour éviter les surtensions dues au couplage brusque d'un transformateur, on emploie des interrupteurs avec résistances introduisant la tension en deux temps : le premier temps met en circuit une résistance dite de choc, le deuxième temps la court-circuite. On a vu par exemple des transformateurs absorber au moment de la mise en circuit dix fois le courant de pleine charge ou plus de cent fois le courant à vide.

Les surtensions d'exploitation sont particulière-

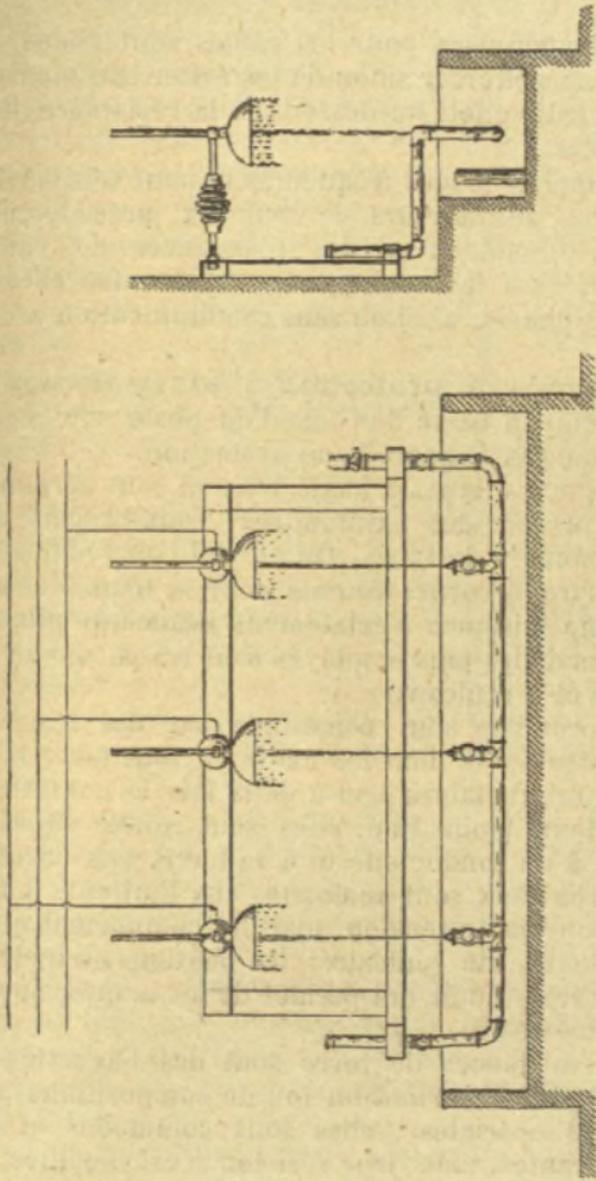


Fig. 69.

ment dangereuses pour les câbles souterrains. On doit donc s'efforcer sinon de les éviter, du moins de limiter leurs effets au-dessous de la résistance limite des câbles.

On emploie le plus fréquemment pour cela les limiteurs ou déchargeurs à rouleaux précédemment décrits, montés avec des résistances de valeurs appropriées à la tension, et reliant entre elles les diverses phases, avec ou sans communication avec la terre.

Appareils de protection à basse tension. — Les circuits à basse tension d'un poste sont également pourvus d'appareils de protection.

Lorsque les lignes à basse tension sont aériennes, il faut prévoir des parafoudres; ceux-ci sont d'un grand nombre de types. On emploie quelquefois des parafoudres à cornes comme pour la haute tension, avec une distance d'éclatement beaucoup plus réduite; mais les plus employés sont les parafoudres à peignes et à rouleaux.

Les premiers sont constitués par des lames de cuivre dentées et dont les dents se font face. Il y a un nombre de lames égal à deux fois le nombre des conducteurs moins une; elles sont reliées alternativement à un conducteur et à la terre. Les parafoudres à rouleaux sont analogues aux limiteurs à rouleaux pour haute tension, mais ne comportent qu'un petit nombre de rouleaux; ils peuvent occuper un volume très réduit qui permet de les monter sur les lignes mêmes.

Les résistances de terre sont des baguettes ou crayons de *carborundum* (ou de compositions graphitiques spéciales); elles sont commodes et peu encombrantes, mais leur résistance est modifiée par de trop fortes décharges.

Pour protéger les circuits à basse tension contre

des contacts accidentels avec la haute tension (courts-circuits entre haute et basse tension d'un transformateur par exemple), l'habitude est de placer dans les postes des appareils de mise à la terre dits *cardews*. Ce sont deux disques de cuivre dont l'un est relié à un conducteur, l'autre à la terre, séparés par une rondelle de mica perforée. Si un contact se produit entre haute tension et basse tension, la tension entre les disques produit un amorçage qui fait fonctionner les fusibles ou les disjoncteurs; en tous cas, le courant débité suffit à abaisser la tension d'une manière efficace.

Dans les réseaux triphasés où le neutre est mis à la terre, l'emploi des *cardews* est peu justifié. Si cependant on s'y astreint, il faut nécessairement placer une résistance de terre sans quoi un amorçage au *cardew* produit un court-circuit franc sur la phase correspondante; ou bien mettre le *cardew* directement à la terre, au moyen d'une plaque de terre spéciale. La somme des résistances des deux prises de terres (de 30 à 40 ohms) suffit à limiter le courant de court-circuit.

FIL DE TERRE, PLAQUE DE TERRE. — Dans un poste de transformateur et dans tout poste à haute tension, toutes les parties métalliques non sous tension doivent être reliées par un fil ininterrompu à la terre. Les derniers principes admis à ce sujet sont les suivants :

1° La pratique de la mise à la terre pour les hautes tensions doit être étendue au cas de basse tension. Toute pièce métallique susceptible d'être chargée électriquement doit être mise en communication avec la terre.

2° Le plus faible diamètre admissible pour le conducteur de terre est de 2 millimètres; tous les conducteurs de diamètre supérieur doivent être câblés.

3° Les plaques de terre doivent avoir avec celle-ci

un contact de 0,36 mètre carré au minimum et être entourées sur leurs faces d'une couche de poussier de coke d'une épaisseur d'au moins 0 m. 60.

4° Dans le cas où l'on n'a pas recours à des plaques de terre spéciales, n'utiliser comme organes de mise à la terre que des pièces capables de supporter le courant correspondant au plus fort fusible branché sur le circuit.

Les plaques de terre doivent être enterrées à une profondeur suffisante pour être situées dans une couche humide; elles doivent être fréquemment arrosées d'une solution saline quelconque.

Si on ne rencontre pas de terrain humide à une profondeur raisonnable, il faut immerger la plaque de terre soit dans un puits, soit dans un cours d'eau. (Dans ce dernier cas, on doit l'amarrer avec soin).

La matière préférable pour la constitution d'une plaque de terre est le cuivre. En raison de la cherté de ce métal, on y substitue très souvent la tôle galvanisée. Pour assurer un bon contact avec l'extrémité du fil de terre, on peut river une bande de cuivre, en travers, sur la tôle (suivant un axe ou une diagonale); l'extrémité en est relevée à angle droit et soudée au fil de mise à la terre. On peut encore river deux bandes en croix et souder une cosse au centre.

Appareils de mesure. — Les postes de transformateurs ou de sectionnement comportent souvent des appareils de mesure permettant d'en surveiller le fonctionnement. Ces appareils de mesure: voltmètres, ampèremètres, etc., ne peuvent être montés directement sur la haute tension. On les alimente par l'intermédiaire de petits transformateurs spéciaux.

Les voltmètres et les circuits à fil fin des wattmètres ou phasemètres sont alimentés par le secondaire de transformateurs dits *de potentiel* ou *de tension*,

dont le primaire est branché en dérivation sur une ou plusieurs phases de la haute tension.

Les ampèremètres et les circuits à gros fil des wattmètres sont alimentés par le secondaire de transformateurs dits *de courant* ou *d'intensité* dont le primaire est monté en série sur les conducteurs à haute tension intéressés.

Ces transformateurs et surtout ceux de potentiel exigent le même entretien que les transformateurs de puissance; ils peuvent être la cause de nombreux accidents. Les transformateurs de potentiel doivent toujours être protégés par des fusibles du côté de la haute comme de la basse tension.

La masse de ces appareils ainsi qu'une des bornes de l'enroulement basse tension doit être reliée à la terre.

3°. — *Transformateurs.*

Les transformateurs de distribution sont destinés en général à faire un service mixte de lumière et de force motrice, l'éclairage étant branché entre phase et neutre et la force motrice entre phases (distribution à 4 fils).

MONTAGE. — Par suite, le neutre doit être sorti au secondaire, ce qui nécessite l'adoption, pour cet enroulement, d'un groupement en étoile ou d'une variante de ce groupement.

Du moment que le secondaire doit être monté en *étoile*, il est toujours préférable de monter le primaire en *triangle*, afin d'assurer la constance du voltage sur chaque phase du secondaire.

Il est facile en effet de se rendre compte que si une phase du secondaire est plus chargée que les deux autres, le courant qui tend à être induit dans la phase correspondante du primaire ne peut faire

retour au réseau que par les enroulements primaires des deux autres phases.

Il en résulte un déséquilibre de voltage entre chaque conducteur et neutre.

Il convient donc d'adopter de préférence le montage en triangle, car avec ce montage, les voltages des trois phases restent toujours égaux, quelles que soient leurs différences de charge.

Toutefois quand la tension primaire est élevée (10.000 volts et au-dessus), l'emploi du montage en triangle au primaire conduit à donner à cet enroulement un nombre de spires supérieur de 75 p. 100 environ à celui du montage en étoile, ce qui augmente notablement le prix du transformateur.

Aussi a-t-on cherché à s'assurer les avantages du bobinage en triangle du primaire tout en atténuant les inconvénients. C'est ce qui a conduit à adopter pour le secondaire le montage dit *en zig-zag*.

Avec ce montage, chaque phase de l'enroulement secondaire se compose de 2 sections égales, bobinées sur les noyaux correspondant à deux phases différentes du primaire.

De cette façon, une surcharge sur une des phases du secondaire se répartit sur deux phases du primaire.

Il en résulte une légère augmentation des pertes et une diminution du rendement du transformateur. Cette diminution est toutefois peu importante.

Pour les tensions de 5.000 à 6.000 volts et au-dessus, le montage triangle au primaire, étoile au secondaire, est plus simple et devra être préféré en général.

DISPOSITION DES BOBINES SUR LA CULASSE. — Dans la plupart des transformateurs de distribution, le primaire et le secondaire sont complètement séparés et isolés par des cylindres de carton imprégné ; la haute

tension est généralement extérieure et la basse tension intérieure.

Le bobinage basse tension est donc établi autour d'un cylindre isolant qui le sépare du noyau de tôles. Il comporte généralement un petit nombre de spires d'assez forte section formant un seul élément cylindrique pour chaque phase.

Au contraire, l'enroulement haute tension est constitué par des milliers de spires de fil relativement fin. Il est partagé en un petit nombre de galettes comportant un nombre égal de spires ; ces galettes sont reliées en série ou, dans certains cas, peuvent être couplées de manières différentes ce qui permet de changer le rapport de transformation dans de larges limites (cette disposition est utile en particulier dans les postes pouvant être alimentés à des tensions différentes par différentes centrales).

Ce fractionnement en galettes présente les avantages suivants :

1° Au point de vue construction elle permet de limiter à une valeur modérée la tension entre conducteurs voisins quelle que soit la tension totale (en général moins de 100 volts entre deux couches voisines).

2° Au point de vue entretien, elle permet en cas d'avarie de limiter la réparation au remplacement des galettes avariées.

L'isolement des conducteurs est généralement constitué par trois couches de coton, sauf pour les galettes d'entrée dites *de choc* qui comportent un isolement renforcé à la soie ou à la toile huilée.

Les connexions entre les bobines et les bornes du transformateur sont généralement protégées sur toute leur longueur par des tubes en *micanite* (isolant constitué par de minces feuilles de mica agglomérées par de la gomme laque).

REFROIDISSEMENT. — Les transformateurs, employés

dans des postes isolés, doivent autant que possible être à refroidissement naturel, ce qui est toujours possible lorsque leur puissance ne dépasse pas un millier de kilowatts.

Les transformateurs à refroidissement naturel sont de 2 genres : transformateurs *dans l'huile* et transformateurs *dans l'air*.

Ces derniers ont un emploi limité aux tensions moyennes (5.000 volts, par exemple) et aux très faibles puissances (quelques dizaines de kilowatts).

Ils ont l'avantage de ne nécessiter aucun entretien. Il suffit de veiller à ce qu'ils ne soient pas surchargés.

Les transformateurs dans l'huile se font pour toutes les tensions usuelles et les puissances moyennes ; ils nécessitent un entretien un peu suivi relativement à l'huile.

L'avantage de l'huile réside : 1° dans sa *conductibilité calorifique* qui active le refroidissement ; 2° dans sa rigidité diélectrique qui en fait l'isolant principal du transformateur et permet de réduire les épaisseurs d'isolants solides (pressspan, micanite, etc.), qui nuisent au refroidissement.

RENDEMENT. — Le rendement des transformateurs est toujours très supérieur à celui des machines rotatives.

En pleine charge et avec un bon facteur de puissance, il est de l'ordre de 98 p. 100 pour des puissances un peu fortes.

Il en est ainsi pour tous les transformateurs construits pour marcher constamment à pleine charge.

Mais les transformateurs destinés à marcher en réseau ne sont à pleine charge que pendant quelques heures par jour. Il y a donc intérêt à les construire pour que leur rendement soit maximum pour une charge notablement inférieure à la pleine charge.

Les divers transformateurs d'un réseau sont montés

en des points où les chutes de tension ne sont pas exactement les mêmes, c'est-à-dire qu'ils se trouvent alimentés à des tensions primaires un peu différentes. On a donc besoin, pour obtenir la même tension au secondaire, de disposer de transformateurs ayant des rapports de transformation différents. On réalise cette condition tout en ayant des transformateurs d'un type unique en employant des transformateurs avec *plusieurs prises au primaire*, l'une comprenant la totalité des spires, les autres quelques p. 100 en moins. En général, 3 prises à 3 p. 100 l'une de l'autre suffisent; par exemple, 5.000, 5.150, 5.300 volts au primaire pour 116.200 volts au secondaire.

On peut en outre avoir *plusieurs prises au secondaire*; un transformateur dont le primaire est pourvu de 2 prises avec un écart de 4 p. 100, et le secondaire de 2 prises avec un écart de 2 p. 100, permet d'obtenir 4 rapports de transformation distants l'un de l'autre de 2 p. 100 environ.

Nous n'avons parlé ici, que des transformateurs triphasés; ce sont en effet les seuls employés en France sur les réseaux triphasés.

En Amérique, on emploie beaucoup les *transformateurs monophasés* montés en étoile ou triangle.

Cette disposition a l'avantage en particulier de diminuer l'importance des réserves; un seul transformateur monophasé suffit en effet au lieu d'un transformateur triphasé en réserve.

Par contre, les frais de première installation sont plus élevés. En outre, dans le cas du montage en triangle (distribution à 3 fils), on peut éliminer un transformateur avarié et continuer le service avec les deux autres seulement (triangle ouvert ou montage en V). La puissance disponible est cependant réduite.

MONTAGE ET ENTRETIEN

CHAPITRE PREMIER

MONTAGE ET ENTRETIEN DES LIGNES AÉRIENNES

1°. — *Montage des supports.*

Piquetage. — Le piquetage est l'opération qui consiste à repérer sur le terrain l'emplacement exact assigné à chaque poteau sur le projet de la ligne.

C'est la première opération du montage d'une ligne. Elle doit précéder d'aussi peu que possible la plantation des poteaux, car les piquets qui servent de repères peuvent disparaître ou être déplacés.

Le chef de pose, muni d'un plan, dirige le travail. Deux hommes sont porteurs d'un décimètre, des piquets de bois et d'un marteau. Chaque fois, qu'une portée est franchie, on plante un piquet à l'endroit exact qu'occupera le centre du poteau. Les poteaux doubles sont marqués évidemment par deux piquets.

Dressage des poteaux. — Les poteaux sont déchargés à pied d'œuvre en les faisant glisser le petit bout en avant, au moyen de deux glissières.

Nous avons donné plus haut (chap. V, 4°) les profondeurs d'encastrement des poteaux bois.

La fouille comporte un *avant-trou* rectangulaire prolongé par une *cheminée* cylindrique aussi étroite que possible (fig. 70). Cette cheminée est creusée à

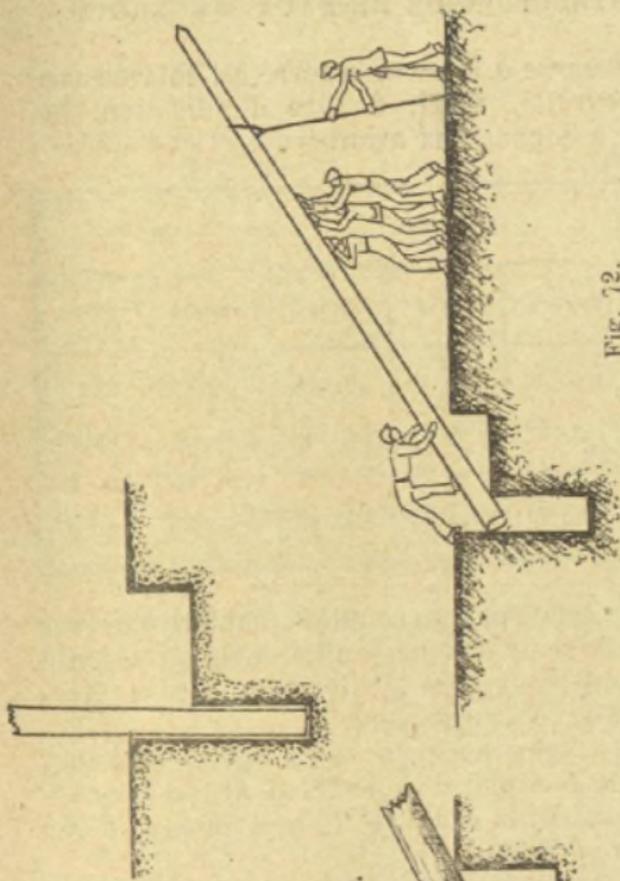


Fig. 70.

Fig. 71.

Fig. 72.

l'aide d'une *barre à mine* et la terre est enlevée avec une *pelle-curette*. Voici, à titre d'indication, les dimensions à donner aux avant-trous et cheminées :

HAUTEUR DU POTEAU	AVANT-TROU			CHEMINÉE	
	Longueur.	Largeur.	Profond.	Diamètre.	Profond.
8 mètres.	1 m. 30	0 m. 40	0 m. 50	0 m. 30	1 m.
10 —	1 m. 40	0 m. 50	0 m. 70	0 m. 35	1 m. 05
12 —	1 m. 50	0 m. 50	0 m. 80	0 m. 40	1 m. 10
15 —	1 m. 70	0 m. 60	0 m. 90	0 m. 45	1 m. 30

Lorsqu'il s'agit d'un poteau couple la manière d'opérer reste la même pour chaque fouille, mais on oriente les deux avant-trous dans la direction la plus favorable au dressage des poteaux.

FOUILLE EN TERRAIN ROCHEUX. — En terrain rocheux, on doit éviter l'emploi d'explosifs dont les inconvénients compensent la rapidité. Il vaut mieux opérer de la manière suivante :

On trace sur le roc deux circonférences concentriques, l'une de même diamètre que le poteau, l'autre d'un diamètre un peu supérieur.

On creuse ensuite la couronne comprise entre elles avec la barre à mine; puis, lorsqu'on a atteint une certaine profondeur, on brise le bloc central.

On recommence plusieurs fois de la même façon jusqu'à ce que le trou soit suffisamment profond. La profondeur nécessaire est d'ailleurs dans ce cas la moitié de ce qu'elle serait en terrain ordinaire.

FOUILLE EN TERRAIN SABLONNEUX. — Si, au contraire, le terrain est sablonneux, on introduit dans le trou

une boîte sans fond formée de quatre planches verticales réunies par des crochets et munies chacune d'une poignée. On continue alors à creuser à l'abri de cette cheminée qui empêche l'éboulement des parois ; lorsque le trou est assez profond, on y plante le poteau, puis on retire les planches par les poignées après en avoir défait les crochets.

POINTAGE DU POTEAU. — Pour pointer un poteau de 8 mètres, il faut au moins 4 hommes ; au moins 6 pour un poteau de 10 mètres et jusqu'à 12 pour un poteau de 15 mètres.

On amène le poteau obliquement dans le trou (fig. 71) ; puis un homme appuyant sur le pied, les autres soulèvent la tête en se rapprochant petit à petit du pied. Lorsque le poteau fait déjà un certain angle avec l'horizontale, un des hommes, armé d'une fourche spéciale à griffes (fig. 72) arc-boute le poteau en engageant celui-ci dans la fourche dont le pied est calé à terre.

Les hommes peuvent alors se reprendre et rapprocher encore le poteau de la verticale ; on recale la fourche un peu plus près du pied, et ainsi de suite jusqu'à ce que le poteau tombe dans le trou.

On peut aussi remplacer la fourche par des piques que manie une équipe déployée en demi-cercle au-dessous du poteau ; cette manœuvre exige un personnel plus nombreux, plus dressé, mais elle est beaucoup plus rapide.

Une fois le poteau dressé, on le cale dans la cheminée, au moyen de grosses pierres convenablement choisies que l'on tasse à l'aide de barres pendant cette opération, le chef d'équipe doit vérifier la verticalité du poteau en l'examinant d'une distance d'une vingtaine de mètres, alternativement dans deux directions perpendiculaires.

Lorsque le poteau est d'angle ou d'arrêt, on peut

lui donner dans certains cas une légère inclinaison en sens inverse du tirage.

On achève le remblaiement de la cheminée et de l'avant-trou avec de la terre, en damant fortement. Le remblayage devant être fait de manière à assurer l'écoulement de l'eau qui pourrait s'accumuler au pied du poteau, les matériaux de remblai doivent être aussi perméables que possible.

Si le poteau est planté dans le roc, après l'avoir calé, on coule dans la cheminée un béton de ciment prompt, ou bien on fait une maçonnerie avec les déblais et de la chaux hydraulique.

ENTRETIEN DES POTEAUX DE BOIS. — Les poteaux de bois, même injectés, sont susceptibles de se détruire soit par pourriture du bois au niveau du sol, soit par destruction complète de la partie inférieure due à certains insectes.

Pour se rendre compte de l'état de solidité d'un poteau, on procède à l'essai au son ou au sondage.

ESSAI AU SON. — En frappant à petits coups secs sur le poteau on peut, avec un peu d'habitude, se rendre compte de l'état de conservation du bois.

SONDAGE. — Le sondage s'effectue au moyen d'un poinçon qu'on enfonce dans le poteau.

Les parties à essayer sont le pied jusqu'à une profondeur de 25 à 30 centimètres au-dessous du sol et le sommet. On doit donc dégager légèrement à la pioche le pied du poteau, pour faire le sondage, puis on ramène la terre et on la retasse soigneusement.

Si le poteau a été trouvé défectueux, on doit le remplacer au plus tôt. S'il est reconnu bon, on doit le regoudronner au pied avant de remblayer.

Lorsqu'on remplace un poteau, le nouveau ne doit évidemment pas être planté dans le même trou sous peine d'hériter des germes de décompositions du précédent. On doit donc : ou bien le planter à un ou

deux mètres de l'ancien emplacement, ou bien agrandir largement la fouille et y rapporter de la terre saine, ou encore arroser l'ancienne fouille de lait de chaux ou de sulfate de cuivre.

On peut prolonger la durée des poteaux en les réimprégnant sur place. Par exemple, on peut peindre au *carbolineum* la surface du poteau à l'endroit attaqué; pour cela, on découvre le pied du poteau sur une profondeur de 25 centimètres et on l'enduit de carbolineum jusqu'à 1 m. 50 au-dessus du sol. Mais le carbolineum ne pénètre pas bien le bois, de sorte que ce moyen de protection, très facile à appliquer, n'est pas très efficace.

Un procédé qui donne de très bons résultats, est de percer dans le poteau, un peu au-dessus du niveau de la terre, deux trous à angle droit, disposés radialement, l'un au-dessus de l'autre; ces trous ont 8 millimètres de diamètre environ, ils doivent pénétrer jusqu'aux trois quarts de l'épaisseur; on y enfonce des pièces métalliques taillées en cône à l'avant et percées de trous, de manière à pouvoir introduire le liquide antiseptique à l'intérieur du poteau.

Chacune de ces pièces métalliques est mise en relation avec un tuyau par lequel arrive le liquide sous pression. Un récipient cylindrique en tôle d'une contenance d'environ 45 litres est rempli du liquide antiseptique, et une pompe à air y envoie de l'air à 3 kilogrammes par centimètre carré de pression. Un tuyau plongeant jusqu'au fond du liquide est raccordé aux deux injecteurs par un robinet et une pièce en T. En une dizaine de minutes le poteau est injecté dans toute la section sur une longueur de 25 à 50 centimètres.

MANIÈRES DE MONTER AU POTEAU. — L'accès au sommet d'un poteau peut se faire à l'échelle ou à l'aide d'étriers à griffes dits *grimpettes*.

Lorsqu'on fait usage de l'échelle, celle-ci doit être calée de manière à ne pas pouvoir tourner sur le poteau et en outre maintenue du pied par deux hommes.

L'usage des grimpettes est rapide, commode, surtout en pleine campagne où le transport d'une échelle serait à peu près impraticable. Les grimpettes sont constituées par des étriers de fer, se fixant aux pieds par des courroies de cuir et prolongés par un arc de cercle garni intérieurement de griffes (fig. 73). Pour

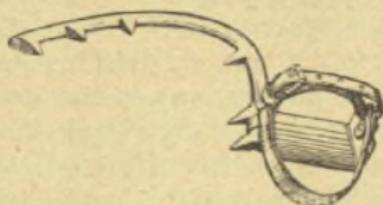


Fig. 73.

grimper, on embrasse le poteau, puis on l'entoure avec une des grimpettes bien horizontalement; après quoi on rabat le pied en arrière, ce qui ancre fortement les griffes dans le bois; on opère de même avec l'autre pied, et ainsi de suite.

Lorsqu'il a atteint le sommet du poteau, l'électricien doit s'attacher avec une ceinture de sûreté en cuir solide qui entoure la taille et s'attache au poteau. Cette attache donne la liberté des mains et permet de travailler.

Il est indispensable de s'assurer du bon état d'un poteau avant d'y monter soit à l'échelle, soit aux grimpettes, ce fait pouvant amener la chute d'un poteau avarié.

Poteaux métalliques. — Le pointage et la pose d'un poteau métallique tubulaire ne diffèrent pas

sensiblement de ceux des poteaux en bois. Comme pour ceux-ci, il est bon de goudronner la partie inférieure; il est encore préférable d'envelopper la partie enterrée dans une garniture de *jûte goudronnée*.

Pour dresser un pylône assemblé, on fait usage d'une chèvre. Celle-ci doit avoir au minimum un mètre de plus que la moitié de la hauteur qu'aura le pylône au-dessus du sol; ceci afin d'être sûr que le pylône est attaqué largement au-dessus de son centre de gravité. Les pylônes sont ordinairement pris dans un massif de béton qui leur assure un encastrement sérieux et dont le volume et la forme varie avec la nature du terrain; ce massif doit toujours présenter une forme pyramidale dans la partie hors sol afin d'éviter la stagnation de l'humidité entre les pieds du pylône.

Lorsque le pylône est très lourd, on doit recourir pour le dresser à une forte grue. A défaut de grue on peut encore dresser un pylône avec des chevaux attelés à des élingues fixées au sommet du pylône. Les aides guident celui-ci pendant le dressage avec de longues perches ou des fourches. On arrête les chevaux dès que le pylône s'est dressé dans la cheminée.

Entretien des poteaux métalliques. — Les poteaux et pylônes métalliques doivent être surveillés de très près au point de vue de la rouille. Ils doivent être périodiquement repeints au minium et à la peinture grise.

La peinture au minium se prépare de la façon suivante :

Broyer ensemble pour en former une pâte :

Minium en poudre	700 grammes.
Huile de lin	100 —

A cette pâte, on ajoute :

Huile grasse siccativ.	50 grammes.
Huile de lin	100 —
Essence de térébenthine.	50 —

Si le pied du pylône semble se rouiller à l'encastrement, on doit dégager de quelques centimètres en profondeur en burinant le béton, nettoyer la surface du fer, la repeindre au minium et recouler du ciment dans les saignées qui ont été faites.

Consoles métalliques. — Voici quelques indications sur la manière de monter des consoles simples avec des détails sur la construction d'un modèle en fer à U et fer plat pour ligne à trois fils (fig. 74).

1° On scie trois longueurs de fer à U, deux de 1 m. 25 et une de 1 m. 20. On prendra du fer de 50×5 .

2° La longueur de 1 m. 20 constituera le potelet vertical; il sera percé d'un trou A de 16 millimètres à 7 centimètres d'une des extrémités; d'un autre trou H de 16 millimètres également à 25 centimètres de l'autre bout; on percera ensuite une série de trous B, C, D, E, F, G, disposés de la manière suivante :

B à 36 centimètres de A.

C entre A et B et à une distance de B égale à l'écartement des trous de la ferrure d'isolateur employée.

D à 36 centimètres de B.

E entre B et D et distant de D comme C de B.

F à 36 centimètres de D.

G entre D et F et distant de F comme C de B.

3° Les deux autres longueurs sont mouchées à la forge chacune à une de ses extrémités, et percées comme l'indique la figure.

4° On percera de même un fer plat de 40×5 et

On s'assurera que les deux bras sont bien dans le même plan; pour cela, on scelle le fer supérieur bien perpendiculairement au mur (en refaisant guider par un aide resté à terre). Puis on scelle le second en réglant sa position d'après un fil à plomb suspendu à l'extrémité du premier.

On boulonne ensuite les deux pattes et le fer plat, en se servant des mêmes trous et des mêmes boulons à la partie inférieure pour la patte et le fer plat (fer plat au-dessus, patte au-dessous du fer à U).

Enfin on fixe le potelet en engageant les extrémités filetées des pattes dans les trous A et H et en bloquant par deux écrous.

7° Pour terminer, on arme la console en boulonnant les isolateurs sur le potelet en BC, DE, FG.

Cette console peut être chargée assez fortement et peut également être armée à quatre fils en disposant convenablement les isolateurs.

Si la console n'est que peu chargée, on peut adopter le modèle précédent en supprimant l'entretoise en fer plat, ou encore en employant du fer à U plus faible.

Si, au contraire, elle est très chargée on pourra substituer du fer à T au fer plat.

On peut réaliser assez rapidement une console en U en cintrant à angle droit une longueur de 2 m. 40 à une distance de 1 m. 25 du bout. Le potelet et le bras inférieur sont donc d'une seule pièce. Le bras supérieur a 1 m. 25 de long et sera assemblé au moyen d'une patte comme dans le modèle précédemment décrit.

Scellement des consoles. -- Les consoles ne doivent évidemment être scellées que dans des murs suffisamment résistants. Il est difficile de formuler des règles précises sur l'épaisseur minimum du mur qui doit recevoir une console, car cette épaisseur

dépend des matériaux qui le constituent, de la largeur du pan et de l'effort exercé par la ligne sur la console. Il en est de même pour la profondeur d'encastrement des jambes de scellement. Cependant on peut dire que les consoles d'alignement doivent être encastrees d'au moins 25 centimètres pour chaque scellement et scellées au ciment.

Pour les consoles d'angles tirées au vide, cette profondeur doit être notablement accrue, ainsi que pour les consoles d'arrêts.

Lorsque la résultante des efforts des deux côtés de

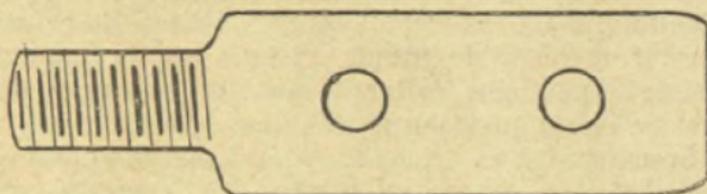


Fig. 75.

la ligne n'est pas dirigée dans le plan de la console, il faut la consolider par des jambes de force en U ou en T également scellées ou bien par des tirants solidement ancrés.

La *saillie* des consoles sur les façades doit être d'au moins un mètre, minimum fixé par l'arrêté du 21 Mars 1911 pour la distance des lignes aux façades. Pour conserver l'alignement, cette saillie doit être multipliée par 1,414 pour les consoles d'angles puisqu'elles sont inclinées à 45°.

L'entretien des consoles métalliques est le même que celui des pylônes métalliques. On doit en outre surveiller l'état des scellements et refaire ceux qui auraient tendance à se dégrader.

2° Montage et remplacement des isolateurs.

Les supports étant mis en place, il faut les armer, c'est-à-dire y fixer les ferrures sur lesquelles on a préalablement scellé les isolateurs.

SCELLEMENT DES ISOLATEURS. — Pour sceller les isolateurs sur leur ferrure, on emploie : le *soufre*, la *litharge*, le *plâtre*, et le *ciment*.

SCELLEMENT AU SOUFRE. — Le soufre donne de bons résultats, mais son emploi est très délicat. En refroidissant, il forme de grands cristaux qui le rendent cassant : pour les éviter il faut lui mélanger une poudre inerte quelconque très fine.

SCELLEMENT A LA LITHARGE. — La litharge s'emploie mélangée au ciment selon une des formules suivantes :

1° Ciment fin	80 parties.
Céruse en poudre	10 —
Litharge	15 —
Huile grasse	15 —
Huile de lin en	q. s.
2° Ciment fin	50 parties.
Litharge	50 —

Délayer le tout dans de l'eau, dans de l'huile de lin ou dans de la glycérine en quantité suffisante.

Les scellements au soufre et à la litharge, bien que très résistants (surtout les premiers), ne sont pas à conseiller car leur prise peut donner lieu à une augmentation de volume et à la formation de composés chimiques, principalement avec les isolateurs en verre. Ces deux effets peuvent conduire à la rupture ou à la détérioration de l'isolateur.

Les scellements décrits ci-dessous sont plus sûrs et plus économiques.

SCCELLEMENT AU PLÂTRE A MODELER. — Délayer dans 500 centimètres cubes d'eau une cuillerée à bouche de colle forte liquide, puis gâcher 1 kilogramme de plâtre à modeler avec cette solution.

Sceller les isolateurs et les laisser sécher 24 heures sans les bouger ; attendre quelques jours avant de les utiliser.

SCCELLEMENT AU CIMENT DE PORTLAND A PRISE LENTE. — Délayer 1 kilogramme de ciment dans 400 centimètres cubes d'eau. Sceller les isolateurs avec ce mélange, mais ne pas les remuer avant quatre jours et n'utiliser qu'après huit jours. Soustraire les isolateurs à la gelée pendant le séchage.

On emploie quelquefois aussi l'*étoupe* pour fixer les isolateurs sur leurs ferrures ; pour cela, on emmaillotte l'extrémité de celles-ci dans de l'*étoupe* imprégnée de céruse et on visse dans l'isolateur. Ce procédé est très délicat ; s'il est mal employé l'isolateur se démanche ou bien se casse ; on le réserve au remplacement des isolateurs sur une ligne existante.

Au lieu d'*étoupe* on peut aussi se servir de papier. Pour effectuer les scellements, il est avantageux d'opérer sur une grande quantité à la fois. Pour cela on range les isolateurs en ligne sur une planche en les posant sur la tête et en les calant s'il y a lieu. On dispose les ferrures sur un support approprié qui les maintient dans la position qu'ils doivent occuper par rapport aux isolateurs (fig. 76) ; puis on coule le ciment ou le plâtre dans chacun d'eux, au moyen d'une cuillère contenant exactement la quantité nécessaire au scellement, et on laisse sécher.

Il faut éviter surtout de couler un excès de matière dans l'isolateur, car en opérant ainsi, on remplit la

première cloche qui perd, de ce fait, une partie de son rôle d'isoiation.

Mise en place des isolateurs. — Les isolateurs étant scellés et bien séchés, on les fait passer à l'essai, s'il y a lieu, puis on les met en place sur les supports.

On peut armer les poteaux soit à terre, soit une fois dressés. La première de ces manières d'opérer

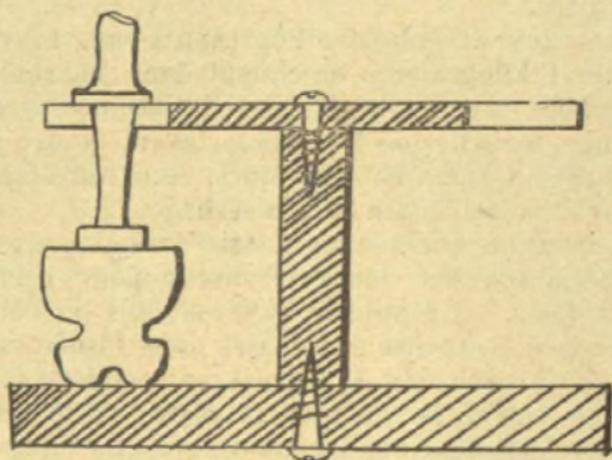


Fig. 76.

est la plus commode; par contre elle expose les isolateurs aux entreprises malveillantes si les poteaux ne sont pas dressés aussitôt armés et, dans tous les cas, elle les expose au bris accidentel pendant la manœuvre du pointage. Enfin elle oblige à tourner le poteau de manière à placer les isolateurs dans le plan convenable, ce qui complique le calage.

Les poteaux peuvent être armés *en drapeau* ou *en quinconce*. La disposition en drapeau consiste à fixer tous les isolateurs d'un même côté du poteau; la disposition en quinconce consiste à les placer alternativement d'un côté et de l'autre (fig. 77).

Lorsque l'isolateur est à ferrure droite, il suffit d'engager celle-ci dans la traverse et de bloquer l'écrou.

S'il est à ferrure courbe pour poteau de bois, on prépare à la plane la surface qui doit recevoir la patte, on amorce les trous à la vrille et on tirefonne dans le bois.

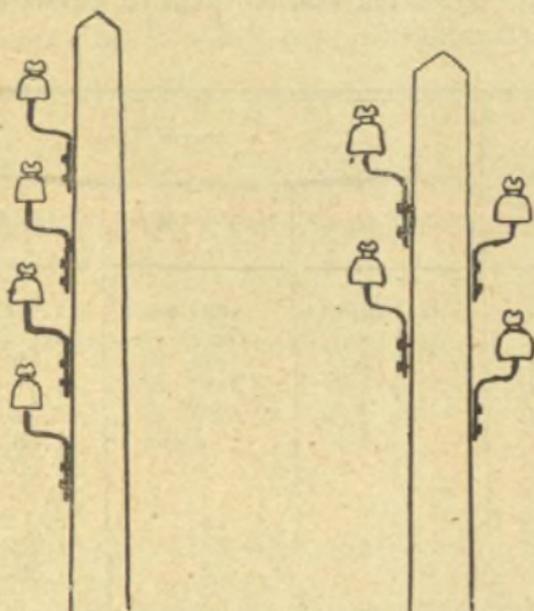


Fig. 77.

Pour armer une console, on a dû au préalable percer dans le bras vertical les trous nécessaires au boulonnage de la ferrure.

Enfin s'il s'agit d'un potelet ou d'un mât en tube carré, on serre la patte de la ferrure sur ce tube au moyen d'une *bride de serrage*.

La distance à laquelle les ferrures se trouvent les unes des autres fixe la distance qui doit exister entre les conducteurs. Celle-ci dépend de la tension et de

la portée ; elle doit être très supérieure à la distance entre conducteurs à l'intérieur des bâtiments pour la même tension.

Entre les conducteurs à basse tension, on garde une distance comprise entre 30 et 40 centimètres pour les portées usuelles inférieures à 50 mètres.

Pour la haute tension, on peut se guider sur les données suivantes :

TENSION ENTRE CONDUCTEURS	PORTÉE		
	Jusqu'à 60 m.	De 60 à 100 m.	Audela de 100m.
6.000	600 mm.	750 mm.	1.000 mm.
10.000	650 —	800 —	1.000 —
20.000	700 —	900 —	1.050 —
30.000	»	1.000 —	1.120 —
40.000	»	1.100 —	1.240 —
50.000	»	»	1.380 —
60.000	»	»	1.550 —
70.000	»	»	1.750 —
80.000	»	»	2.000 —
90.000	»	»	2.250 —
100.000	»	»	2.500 —

Remplacement des isolateurs en service. —

Le remplacement des isolateurs sur les lignes en service est une opération très fréquente. Les isolateurs sont souvent brisés soit par malveillance, soit par suite d'efforts exagérés qu'ils ont à supporter, soit encore sous l'action des agents atmosphériques (humidité, chaleur, gel, coups de foudre, etc.).

Sur les lignes à basse tension, un isolateur, même très abîmé, peut encore tenir la tension. Il n'en va pas de même sur les lignes à haute tension où des

fissures imperceptibles dans la masse d'un isolateur peuvent causer une interruption complète du service.

Le remplacement d'un isolateur sur une ligne sous tension est relativement facile quand il s'agit de basse tension. Il suffit de prendre quelques précautions pour éviter le contact du fil libéré avec ses voisins, et aussi pour éviter de toucher les fils à la main ; car les secousses, bien que non mortelles par

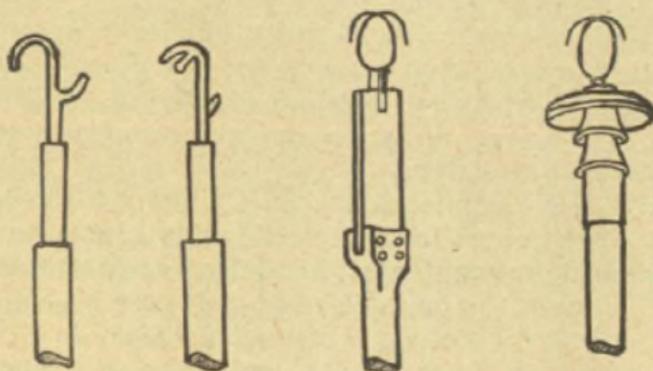


Fig. 78.

elles-mêmes, peuvent provoquer la chute du haut de l'échelle ou du poteau.

On scelle le nouvel isolateur sur l'ancienne ferrure avec de l'étoupe à la céruse comme il a été dit plus haut ; ou bien, ce qui est de beaucoup préférable, on remplace en bloc l'isolateur et sa ferrure par un autre scellé d'avance au ciment ou au plâtre. Dans ce cas, on ne doit pas replacer les tirefonds dans les mêmes trous, sans s'être assuré de l'état du bois ; s'il est douteux, on déplace la ferrure de 2 à 3 centimètres en hauteur (sur un poteau) ou en largeur (sur une traverse) après avoir obturé les anciens trous au moyen de *chevilles de bois injecté*.

Lorsqu'on a à remplacer un isolateur sur une

ligne à haute tension, on le fait le plus souvent en coupant le courant, ce qui est d'autant plus facile que généralement l'isolateur brisé a causé une disjonction et une interruption de service.

Mais si on procède, comme en Amérique à une inspection méthodique très serrée des isolateurs, il faut pouvoir les remplacer avant leur claquage complet et sans arrêter le service. On a proposé pour cela la méthode suivante :

On emploie pour cela 4 outils (fig. 78) : un pour attacher le conducteur au nouvel isolateur, un second pour le détacher de l'isolateur avarié, un troisième pour le soulever, un quatrième pour remplacer provisoirement l'isolateur.

On procède comme suit : on maintient le fil avec l'outil n° 3 qui est formé d'une double boucle de fil, le conducteur étant ainsi tendu, on saisit l'attache avec l'outil n° 2 et on la défait pour libérer le conducteur; on maintient alors celui-ci à l'aide de l'outil n° 4 qui est formé d'une double boucle comme l'outil n° 3 mais portée par un isolateur. On remplace ensuite l'isolateur avarié, puis on y passe deux sortes de collets en fil d'attache qui, d'une part, embrassent la tête de l'isolateur et d'autre part se terminent par une petite boucle; on saisit cette boucle avec l'outil n° 1 et on enroule l'attache sur le fil.

On peut de même remplacer complètement la traverse en montant à l'aide d'un palan fixé au mât une traverse provisoire garnie d'étriers en fibre montés sur bois séché et verni; ces étriers, fermés à leur partie supérieure par des lames flexibles entourant les conducteurs les maintiennent et permettent de les relever au-dessus du niveau des isolateurs à changer.

Les outils employés ont des manches en bois verni et sont terminés par une longue pièce isolante. Les

hommes se maintiennent avec leurs ceintures et portent les outils dans des boucles de cordes.

Ces remplacements d'isolateurs en service sous tension sont à éviter autant que possible, même pour les lignes à basse tension. Il vaut mieux ne s'y résoudre qu'en cas de nécessité grave.

3° Montage des fils et des câbles.

Déroutage. — Les fils ou câbles sont amenés à pied d'œuvre sur des tourets en bois, ou des *dévidoirs* sortes de bobines tournant autour d'un axe vertical monté sur une civière portée par deux hommes. Un aide déroule le fil en tirant sur l'extrémité, tandis qu'un autre freine sur la bobine pour empêcher un déroulement trop rapide. Il faut, en effet, avant tout éviter la formation de *coques* qui, pour les petits conducteurs, amèneraient la rupture au moment de la tension et pour les gros ont l'inconvénient d'un aspect déplorable. Les boucles sont également néfastes pour les câbles, et s'il s'en produit il faut les redresser très soigneusement et non par traction, sans quoi on détord les fils qui constituent le câble.

Pour de petites longueurs et lorsque le conducteur n'est pas trop gros, le déroulage peut s'opérer comme suit : la couronne de fil est portée en bandoulière par un homme qui avance en tournant sur soi-même. Mais cette manœuvre est très pénible ; on ne doit l'employer que faute de mieux.

On opère souvent en déroulant la couronne à la main : on détache les spires l'une après l'autre en retournant chaque fois la couronne. Ce procédé doit être rejeté systématiquement, car si l'on oublie de retourner la couronne ou qu'on lâche plusieurs

spires à la fois, on aboutit inévitablement à la formation de coques.

Si la ligne ne coupe pas de voies publiques et ne rencontre pas d'obstacles (bâtiments, clôtures, lignes électriques ou téléphoniques, etc.), on déroule complètement les conducteurs au pied des poteaux en les plaçant respectivement juste au-dessous des isolateurs sur lesquels ils doivent reposer. Ce déroulage doit être fait peu de temps avant la pose elle-même et on doit éviter de marcher sur les conducteurs à terre.

Si, au contraire, la ligne croise des obstacles, il faut au fur et à mesure du déroulage monter les conducteurs sur chaque support. La manière d'opérer est la suivante :

On amarre le câble en attachant l'élingue à son extrémité par quelques tours de grosse ficelle, puis en enroulant cette élingue 7 ou 8 fois autour du câble. L'électricien monte le câble au premier support, en le passant sur ses avant-bras pour monter à l'échelle, l'élingue étant tenue par un aide. S'il monte au poteau avec des grimpettes, il passe le câble dans sa ceinture.

Arrivé au sommet, il passe le câble dans la fente de la tête de l'isolateur et l'y maintient en posant la main à plat dessus. L'aide tire sur l'élingue, le câble glissant sur l'isolateur jusqu'à avoir dépassé de quelques mètres le support suivant, et en passant s'il y a lieu par dessus les obstacles rencontrés.

L'électricien fait une attache lâche du câble sur la gorge de l'isolateur du premier support, puis va recommencer la même suite d'opérations au 2^e support, et ainsi de suite.

Si le câble est lourd, on fait aider au levage par des manœuvres qui le soutiennent de part et d'autre au moyen de fourches.

On peut, au lieu de faire glisser le conducteur sur la tête de l'isolateur, disposer des poulies à gorge et à chape ouvrante, accrochées aux traverses ou aux ferrures, sur lesquelles glisse le câble. Ce procédé est particulièrement avantageux lorsqu'il y a plusieurs lignes à établir sur les mêmes supports.

Par l'un ou l'autre de ces procédés, on peut passer plusieurs fils à la fois en les attachant par exemple à la même élingue, mais il faut alors avoir bien soin de ne pas les tordre ensemble.

Lorsqu'on passe par dessus des fils téléphoniques, le câble repose sur ceux-ci pendant le passage au support suivant. Si les conducteurs sont trop lourds, il est plus prudent de n'en passer qu'un à la fois et de le soutenir de chaque côté avec des fourches pour décharger le fil téléphonique.

A l'extrémité de la ligne, si elle est courte, du câble dans le cas contraire, on amarre celui-ci aux isolateurs (le support étant préparé spécialement comme on verra plus loin). On peut alors donner une première tension au câble en reportant l'élingue à l'origine de la ligne et en tirant à la main ; si le câble n'a pas été entièrement déroulé, on aide en tournant énergiquement les dévidoirs du sens inverse du déroulage.

Lorsque le câble a été déroulé d'avance, le levage s'opère de la même façon ; on peut même si on dispose d'un personnel suffisant le monter à plusieurs supports simultanément.

Quelle que soit la marche de l'opération, on doit évidemment toujours commencer par le conducteur le plus élevé.

Jonctions, épissures, soudures. — Les longueurs de cuivre des bobines étant limitées, il est évidemment nécessaire de raccorder ensemble plusieurs fils ou câbles en cours de ligne. Pour cela, il

faut se garder, surtout lorsqu'il s'agit de fils, d'employer la soudure seule ou avec ligature. En effet, la soudure recuit le métal et peut réduire sa résistance mécanique de plus de moitié.

Pour les grosses sections, on emploie des *manchons* ou *serre-fils*. Ce sont des cylindres de cuivre étamé creux, la section de la cavité étant celle des deux fils l'un contre l'autre ; les fils y sont bloqués au moyen de vis sans têtes (fig. 79). Chacun des fils dépasse de quelques centimètres de l'autre côté, est recourbé en arrière et ligaturé à l'autre. Cette ligature peut alors être soudée, car elle ne travaille pas mécaniquement, la tension de la ligne étant supportée par le manchon.

Cette soudure assurera un bon contact électrique ; l'alliage employé aura la composition suivante :

Plomb.	33
Étain	66

Après avoir débarrassé des parties détériorées les deux extrémités à souder, on les introduit dans le manchon, on les recourbe de la manière indiquée plus haut, on les ligature avec du fil d'attache de 12 à 16/10.

Puis on décape à l'endroit de la soudure à l'aide d'un pinceau trempé dans une solution de chlorure de zinc, on chauffe modérément avec un petit fer à souder, on fait couler rapidement la soudure à l'aide du fer, on en détache l'excès avec un tiers-point et on lave à l'éponge. On peut aussi, au lieu de faire couler la soudure avec le fer, la fondre dans un récipient et la verser avec une cuiller.

Les conducteurs bi-métalliques se soudent de la même manière.

Les câbles peuvent se jonctionner également par manchons avec une épissure sur les brins non

tendus. On peut aussi les jonctionner directement par épissure.

Voici comment celle-ci doit être faite par exemple avec un câble à 19 fils :

Les deux extrémités étant coupées net à la scie, on opère comme suit sur chacune d'elles : on fait

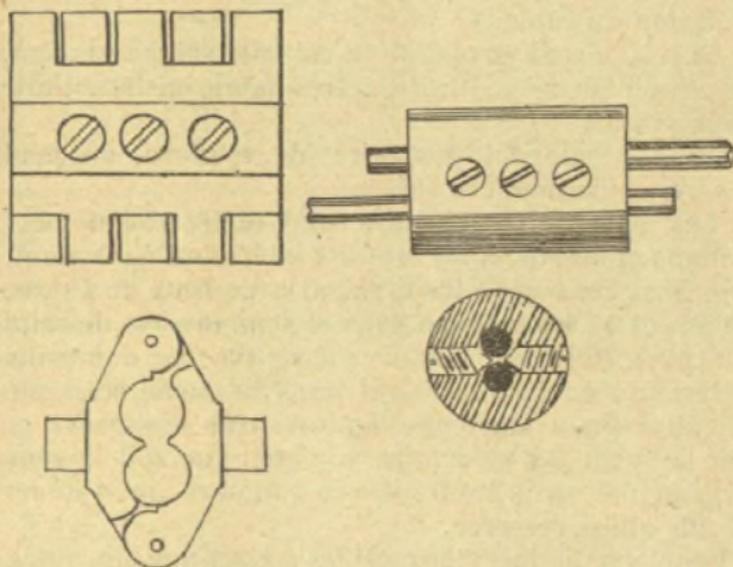


Fig. 79.

une ligature en fils d'attache à 12 centimètres du bout, puis les douze brins extérieurs étant détordus jusqu'à cette ligature et redressés à la pince, on les dispose en rayons dans un plan perpendiculaire à l'axe du câble.

Les 7 brins constituant l'âme du fil sont également redressés et allongés les uns contre les autres ; on en coupe 7 centimètres environ, il en reste donc 5. On sépare en deux parties : 4 fils d'un côté, 3 de l'autre. On coupe les 4 fils à 0 m. 25 du bout ; le

groupe des 3 fils dépasse donc de 0 m. 25; on applique l'un contre l'autre ces deux bouts des deux câbles et on les soude. On rabat ensuite les douze fils extérieurs en croisant un fil d'un câble et un de l'autre à la manière des doigts de deux mains croisées. On supprime les ligatures et on toronne les douze fils à la pince plate en gardant bien le sens de rotation du câble.

Si cette dernière opération est faite soigneusement, le renflé de l'épissure est très faible et la solidité très grande.

Si l'on ne veut pas faire de soudure, on peut opérer de la manière suivante :

Les douze fils extérieurs sont étalés radialement comme ci-dessus et les sept fils intérieurs également. On rabat ceux-ci en les croisant avec ceux de l'autre câble, et on les toronne dans le sens inverse de celui du câble. Puis on opère de même avec les douze fils extérieurs en les toronnant dans le même sens que le câble. On a ainsi une ligature très résistante et qui ne peut pas se défaire, car quel que soit le sens dans lequel on la torde, il y a toujours un système de fils qui se resserre.

Pour jonctionner deux câbles présentant un autre nombre de fils, on emploie des procédés analogues adaptés à ce nombre de fils.

Notons en passant que l'arrêté du 21 Mars 1914 interdit les épissures et soudures à la traversée des voies publiques et dans les portées contiguës.

Tension de la ligne. — Les conducteurs étant posés et sommairement tirés, il faut les tendre complètement. Pour cela, on prépare le support auquel on s'est arrêté comme support d'arrêt en le haubanant.

S'il s'agit d'un poteau, on plante des piquets d'ancrage dans la terre, on attache des haubans au

sommet du poteau. On hâle sur celui-ci à l'aide d'une élingue et d'un palan et on fixe les haubans. S'il s'agit d'une console, on la tirera par deux haubans fixés d'une part en haut et en bas du potelet et d'autre part aux pieds de la console voisine. Si la console doit rester définitivement support d'extrémité, elle doit être munie spécialement de haubans fixés d'une manière durable dans des crampons scellés solidement dans le mur.

On élingue ensuite le câble à l'extrémité de la première section choisie pour donner la tension. L'attache se fait comme il a été dit plus haut, afin de ne pas produire de coques dans le cours du câble.

A cette élingue on attache le crochet de la *moufle* supérieure d'un *palan*. La moufle inférieure est fixée à une broche profondément enfoncée en terre, ou à un appui quelconque estimé suffisamment résistant pour supporter la tension de la ligne, par l'intermédiaire d'un *dynamomètre*.

Au lieu de se servir d'une élingue, on peut saisir le câble dans des tendeurs spéciaux, tels que les *mâchoires Maufroy* employées par l'Administration des téléphones.

On donne alors la tension progressivement en agissant sur le palan. Si la section tirée est longue, on fait soulever en même temps un certain nombre de portées au moyen de fourches.

En même temps le chef d'équipe parcourt la section pour vérifier que le câble se tend régulièrement sur toutes les portées et que tous les supports résistent.

On tire sur le palan jusqu'à ce que le dynamomètre marque un chiffre supérieur à la tension désirée, puis on lâche progressivement jusqu'à cette tension. On arrête le câble sur l'isolateur du support d'arrêt provisoire soit par une élingue, soit par une mâchoire spéciale dite de retenue.

On opère ensuite de la même façon sur la seconde portion de la ligne, et ainsi de suite, jusqu'à l'extrémité.

La tension à donner doit, dans certains cas, être réalisée avec beaucoup de précision ; elle est calculée à l'avance d'après les caractéristiques climatériques de la région (violence des vents, neige, glace, températures extrêmes). En général, elle doit être (si la pose est faite à une température moyenne) de l'ordre de 2 à 2 kgr. 500 par millimètre carré de section du conducteur.

FLÈCHE. — C'est de la tension que dépend évidemment la *flèche* que prend le conducteur dans chaque portée.

La flèche est mesurée en terrain plat par la différence des hauteurs du point d'attache et du point le plus bas de la portée. En rampe, sa signification n'est pas très bien déterminée, puisque les deux points d'attache sont à des hauteurs différentes.

La flèche et la tension peuvent être déterminées en fonction l'une de l'autre et pour chaque valeur de la portée au moyen d'abaques appelées *abaques de Blondel*. Il en résulte qu'on peut pour tendre la ligne soit se donner la tension, soit se donner la flèche.

Pour déterminer la tension de pose, on se sert, comme on l'a vu plus haut, d'un dynamomètre de type quelconque accroché par exemple entre l'élingue fixée au câble et le palan, ou encore entre la moufle inférieure dans palan et la broche fixée en terre. On lit ainsi directement la tension appliquée au conducteur.

Si on ne dispose pas de dynamomètre, on se règle d'après la flèche.

Pour déterminer celle-ci, on se sert de petites mires réglables appelées *nivelettes* qui s'accrochent aux extrémités de la portée à régler.

Sans recourir aux abaques de Blondel, on possède généralement des tables qui donnent la valeur de la flèche suivant la température, la portée, le diamètre du câble, pour avoir la tension désirée dans les cas les plus défavorables.

Voici un tableau donnant la tension correspondant à la flèche au moment de la pose, pour différentes portées usuelles.

La flèche f est en centimètres.

La portée a en mètres.

La tension t en kilogrammes par millimètres carrés.

f	t				
	$a = 30$	$a = 40$	$a = 50$	$a = 60$	$a = 70$
30	3,4	6	9,4	13,5	18,4
40	2,5	4,5	7	10,1	13,8
50	2	3,6	5,6	8,1	11
60	1,7	3	4,7	6,8	9,2
70	1,5	2,6	4	5,8	7,9
80	1,3	2,3	3,5	5,1	6,9
90	1,1	2	3,1	4,5	6,1
100	1	1,8	2,8	4,1	5,5

Si l'on n'a pas fait de ligatures lâches au moment du déroulage du conducteur, il faut en faire à chaque poteau après la tension de la ligne. Ces ligatures lâches ou colliers doivent donner assez de liberté au fil pour permettre la *révision*.

Révision. — Lorsque la portion de ligne est tendue, le chef d'équipe doit procéder à la révision : il inspecte chacune des portées et fait rectifier s'il y a lieu la flèche, de manière que celle-ci soit bien la même dans toutes les portées égales.

Pour rectifier ainsi la tension, on peut se servir d'outils à main tels que les pinces à serrage parallèle ou les tendeurs spéciaux appelés *grenouilles* (fig. 80). Ces outils permettent d'obtenir un bon serrage sur le fil sans le blesser. Il n'en est pas de même de l'étau à main ordinaire qui détériore le conducteur et qu'il faut absolument prohiber pour cet usage.

Lorsque la tension a été uniformisée, on procède à l'amarrage définitif de la ligne. En terrain plat, on peut se contenter de faire une ligature tous les trois ou quatre poteaux bien qu'il soit préférable d'en faire

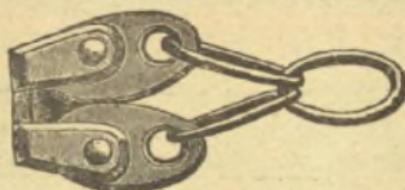


Fig. 80.

à tous; en principe, le fil doit être arrêté à tous les supports séparant deux portées inégales et aux supports d'arrêts.

Les ligatures sont faites avec des cordelettes formées d'un certain nombre de fils de cuivre recuit de 1 millimètre à 12/10. On en fait plusieurs tours sur la gorge de l'isolateur et on en tortille les deux extrémités sur une certaine longueur du conducteur. La figure 81 montre comment on peut opérer.

La cordelette doit comporter :

2 brins pour les fils de	25/10
3 — — — —	30/10
4 — — — —	45 à 50/10

Le conducteur peut encore être attaché à l'isolateur au moyen d'une boucle en fil de même dia-

mètre entourant la gorge et ligaturé des deux côtés par du fil d'attache (fig. 82). Enfin on emploie quelquefois des colliers à vis.

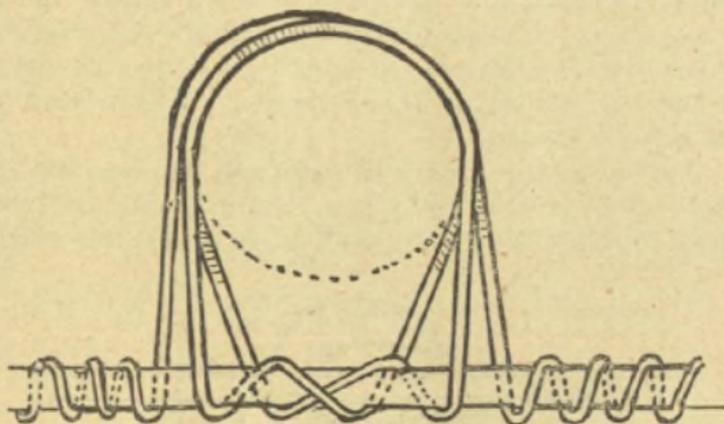


Fig. 81.

En rampe, on doit arrêter le conducteur à chaque support; sinon, il glisse peu à peu vers le point le

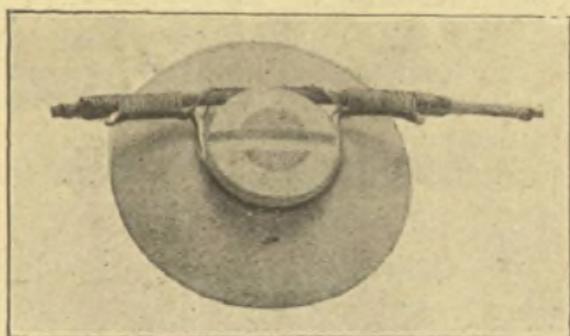


Fig. 82.

plus bas où la flèche va en s'amplifiant, tandis que dans les portées supérieures la tension s'accroît de

plus en plus et peut aller jusqu'à la rupture du conducteur ou le renversement des supports.

Si la rampe est très forte, la ligature se fait de la manière suivante : La cordelette se ligature sur le conducteur en dessous de l'isolateur (en aval) et forme une boucle autour de la gorge (fig. 83). Dans ce cas, on fait passer le conducteur sur la rainure de la tête de l'isolateur.

Protections contre la rupture des lignes. —

La rupture des conducteurs lorsqu'ils ont une section supérieure à 10 millimètres carrés est une chose

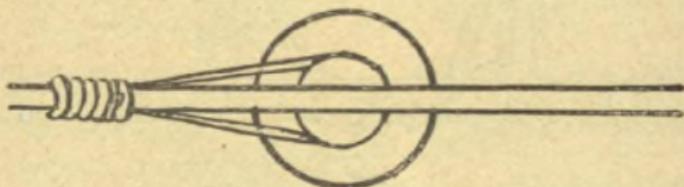


Fig. 83.

extrêmement rare si la ligne a été établie correctement suivant les principes développés ci-dessus.

Cependant le service du contrôle exige dans certaines conditions particulières (surtout pour les lignes à haute tension) l'établissement d'un dispositif de protection.

On dispose souvent dans les lignes sur traverses une pièce de fer en forme de crochet ou d'arc de cercle (fig. 26).

Cette pièce boulonnée à l'extrémité de la traverse est destinée à empêcher la chute du fil si l'isolateur vient à se rompre. Ce dispositif évite le rapprochement du conducteur au sol qui résulterait de la flèche prise, mais il met la phase intéressée à la terre, ce qui arrête dans certains cas l'exploitation. Lorsque la ligne est montée directement sur poteaux

avec ferrures à pattes, on place une garde formée d'un fer plat cintré aux deux extrémités et tire-

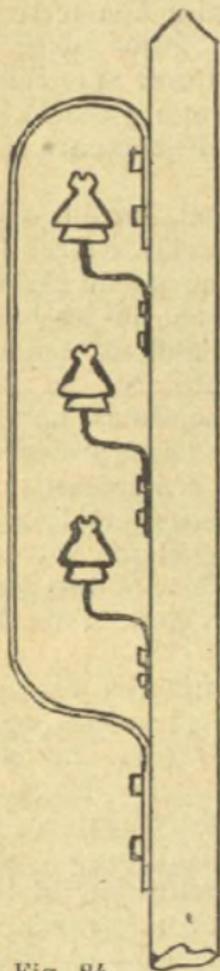


Fig. 84.

fonné dans le poteau comme l'indique la figure 84.

Ce dispositif peut être adapté à n'importe quel mode d'armature; il est particulièrement employé aux traversées de voies ferrées.



Il est difficile de se protéger contre les ruptures de fils lorsqu'elles se produisent. On emploie quelquefois un dispositif de mise à la terre constitué par des pièces métalliques fixées sous l'isolateur et reliées à une plaque de terre. Si le conducteur vient à se rompre, il touche cette pièce et, dans certains cas, fait déclancher les disjoncteurs au départ de la ligne.

On emploie plus souvent, surtout à la croisée des voies ferrées et des grandes artères téléphoniques, un filet de garde constitué par un certain nombre de fils tendus horizontalement au-dessous des conducteurs électriques. Si ce filet est solide et mis à la terre d'une manière efficace, sa protection est sérieuse, surtout si sa portée est notablement supérieure à la largeur de la voie à protéger, sans toutefois être suffisante pour compromettre sa solidité.

Un tel filet peut être constitué de la manière suivante : une traverse métallique est suspendue par deux haubans d'acier à chacun des poteaux et à ces deux traverses sont fixés huit ou dix fils de fer galvanisé.

Pour en revenir aux ruptures d'isolateurs, le service du contrôle exige à la traversée des voies ferrées le doublement des isolateurs. Le conducteur est alors doublé sur une certaine longueur au moyen d'un brin raccordé par deux ligatures ou manchons et les deux brins sont ligaturés sur deux isolateurs placés l'un à côté de l'autre sur la traverse ou de part et d'autre du poteau qui se trouve alors armé en double drapeau. La figure 9 représente les différents dispositifs conseillés.

Entretien des lignes. — Les mesures d'isolement donnent les indications nécessaires à l'inspection de la ligne et permet de découvrir les défauts plus rapidement qu'à l'inspection directe.

Si l'isolement de la ligne est défectueux, on doit inspecter tous les isolateurs. Les défauts peuvent venir soit de la présence de branches d'arbres, cordes, etc., dans les fils, ou d'un contact de ceux-ci avec un mur ou une toiture. Enfin ils peuvent provenir d'un isolateur brisé.

On a vu précédemment comment se fait le remplacement d'un isolateur.

L'isolement d'une ligne dépend beaucoup de l'état de propreté des isolateurs et des conditions atmosphériques. Le brouillard le diminue beaucoup; au contraire, les averses violentes et courtes contribuent à le relever en lavant les isolateurs.

Les méthodes pour déterminer l'isolement des lignes sont très variées. On emploie couramment les suivantes :

1^o EMPLOI DE L'OHMMÈTRE. — La méthode la plus simple est celle de l'ohmmètre à magnéto.

On relie une des bornes de l'appareil à un des conducteurs de la ligne et l'autre à une bonne prise de terre.

On tourne la manivelle à raison d'environ cent tours par minute et on lit l'indication de l'appareil; celle-ci ne doit pas être inférieure à quelques mégohms.

On répète ensuite la même opération pour chacun des conducteurs.

La méthode ne s'applique pas à des lignes très longues, lorsque l'ohmmètre employé est muni d'une magnéto donnant du courant alternatif; car alors la capacité de ligne fait débiter la magnéto et l'ohmmètre accuse un défaut qui n'existe pas en réalité. Si l'on n'a pas de magnéto à courant continu, il faut dans ce cas recourir à une autre méthode.

2^o EMPLOI DU VOLTMÈTRE. — On branche un voltmètre (à résistance intérieure aussi élevée que possible)

entre chaque conducteur et une borne d'une source dont la tension par rapport à la terre est connue, soit par exemple 110 volts.

Si l'isolement est parfait, le voltmètre doit rester au zéro ou y revenir après une déviation très faible et très brève.

Si l'isolement est défectueux le voltmètre accuse une déviation d'autant plus grande que l'isolement est plus mauvais, jusqu'à 110 volts dans notre exemple si le fil est complètement à la terre.

3° EMPLOI DE LA LAMPE DE TERRE. — Lorsque le réseau est à basse tension, on branche une lampe entre la terre et chacun des conducteurs; une seule lampe suffit d'ailleurs, pourvu qu'on dispose d'un commutateur permettant de la brancher successivement sur chacun des conducteurs. Cette lampe doit pouvoir supporter la tension maximum existant entre conducteurs, par exemple la tension entre phases dans le cas du triphasé quatre fils, la tension entre extrêmes dans le cas du continu trois fils ou cinq fils.

Si l'isolement est bon, la ligne étant sous tension, la lampe reste éteinte dans toutes les positions du commutateur.

Si un des conducteurs est mal isolé, la lampe brille dans la position correspondante du commutateur avec un éclat variable suivant le conducteur dont il s'agit et l'état plus ou moins défectueux de l'isolement. Prenons quelques exemples :

a) Soit un réseau triphasé 4 fils à 115/220 volts. La lampe de terre est à 220 volts. Si la phase 1 est à la terre, la lampe brillera avec son plein éclat si on la met sur les phases 2 et 3, elle sera au rouge sur le neutre. Si la mise à la terre n'est pas franche la lampe n'atteindra le plein éclat sur aucun conducteur.

Si le neutre est à la terre, même phénomène avec éclat égal sur les trois phases.

b) Soit un réseau à courant continu trois fils 110/220 volts. La lampe est à 220 volts. Si le pôle négatif est à la terre, la lampe brille avec son plein éclat sur le pôle positif et au rouge sur le neutre.

Si c'est le positif qui est à la terre, la lampe brille avec son plein éclat sur le négatif et au rouge sur le neutre.

Si c'est le neutre qui est à la terre, la lampe brille au rouge sur les deux extrêmes.

Mêmes résultats avec le monophasé trois fils.

Bien entendu, ces méthodes ne sont valables que pour les réseaux dits isolés. Sur un réseau fonctionnant normalement avec un fil à la terre (le neutre par exemple), elles ne sont applicables qu'après avoir ouvert l'interrupteur qui relie ce fil à la terre.

Si cet interrupteur n'existe pas, les défauts d'isolement peuvent être reconnus de la façon suivante :

Terre franche : fusion des fusibles au poste de transformateur, à la station ou seulement à un coupe-circuit de ligne.

Terre non franche : baisse de tension, débit de courant anormal.

Dans la troisième méthode indiquée, la lampe de phase peut être remplacée par un voltmètre; la méthode n'est plus alors seulement qualitative, mais quantitative.

Il ne faut pas oublier que pour rechercher l'isolement d'une ligne, il est nécessaire de débrancher tous les abonnés qu'elle alimente sinon les indications sont faussées par les défauts d'isolement qui peuvent se trouver chez ceux-ci.

En outre, tout appareil d'utilisation branché sur la ligne conduit à des résultats tout à fait erronés si on n'en tient pas compte; il faut donc également

sectionner tous les transformateurs de la ligne.

Enfin, dans la dernière méthode, où il est nécessaire de mettre la ligne sous tension, on mesure en même temps l'isolement de la source quelle qu'elle soit : générateurs transformateurs, batterie d'accumulateurs. Celles-ci sont souvent le siège de défauts d'isolement. Aussi vaut-il mieux dans la plupart des cas, débrancher la ligne de la source et employer la première ou la seconde méthode.

Voici comment doit être conduite la recherche d'une terre sur un réseau peu étendu :

On débranchera toutes les dérivations d'abonnés, puis on sectionnera le réseau en autant de tronçons que le permettront les appareils existants (isolateurs coupe-circuits, sectionneurs, etc.).

On essaie par une des méthodes précédentes l'isolement de la ligne de départ ou du feeder; s'il est défectueux, on devra suivre cette ligne soigneusement et chercher s'il n'existe pas un des défauts énumérés plus haut. Si l'isolement est bon, on devra rebrancher une des dérivations et recommencer l'essai comme ci-dessus.

S'il décèle un défaut, il faut le chercher sur cette dérivation, sinon on rebranche une nouvelle dérivation et on recommence l'essai. Et ainsi de suite.

Cette manière d'opérer permet de faire toutes les mesures à l'usine génératrice ou au poste de transformateur.

On pourrait encore mesurer l'isolement de chaque dérivation débranchée au point de départ de chacune d'elle, mais cela oblige à déplacer les appareils de recherches.

En outre, si la ligne est à haute tension, la connaissance de la résistance d'isolement n'est pas suffisante; une ligne ne donnant aucun défaut par les méthodes précédentes peut parfois ne pas tenir la tension. En

effet, une fêlure d'isolateur ou la proximité d'un objet non isolé peut provoquer un amorçage d'arc, sans cependant abaisser la résistance d'isolement.

Il est donc nécessaire pour déceler un défaut de cette espèce de remettre la tension méthodiquement sur chaque dérivation en les rebranchant successivement; cet essai à la tension peut donc se combiner avec la première manière d'opérer.

Enfin pour essayer un réseau neuf, il est prudent de faire la mise sous tension progressivement, en commençant par la moitié de la tension de service et en l'augmentant périodiquement de 500 ou 1.000 volts jusqu'à la pleine tension.

4° *Branchements d'abonnés.*

L'établissement des branchements ou dérivations d'abonnés est totalement différent s'il s'agit de lignes à haute tension ou à basse tension.

Branchements à basse tension. — Les branchements à basse tension sont généralement fort négligés et abandonnés sans surveillance à des manœuvres plus ou moins dressés.

C'est un grave tort qui peut avoir des conséquences déplorables : c'est aux branchements mal faits qu'on doit les mises à la terre les plus fréquentes, les interruptions de courant intermittentes chez les abonnés et les risques d'incendie.

Les branchements sur lignes aériennes doivent sans aucune exception être dérivés sur les isolateurs de ligne et non comme on le fait souvent dans de petits secteurs au moyen d'une simple ligature en un point quelconque de la portée. Cette manière de faire présente des inconvénients suivants : la ligne prend un aspect désastreux par suite de la déviation que

lui imprime la dérivation ; la ligne voit sa résistance mécanique affaiblie par ces déviations qui fatiguent le fil et font travailler inégalement les supports d'alignement.

C'est donc d'un support : poteau ou console que doit partir la dérivation. Ceci conduit évidemment à rapprocher énormément les supports dans les villes où l'on doit prévoir un branchement dans chaque maison. Normalement, on devrait donc placer un support toutes les deux maisons.

COUPE-CIRCUIT. — Il est nécessaire de munir le branchement d'un dispositif de protection situé au point où se fait la dérivation sur la ligne.

En effet, s'il se produit un court-circuit dans le branchement à l'intérieur du bâtiment, il faut bien qu'il amène rapidement la destruction d'un fusible et s'éteigne. Donc un fusible de faible calibre est nécessaire sur le branchement ; s'il n'existait pas, le court-circuit subsisterait jusqu'à la fusion du fusible placé à l'embranchement de la ligne intéressée.

Or ce fusible est calibré pour la totalité du courant consommé sur cet embranchement ; il ne fondra donc que pour un courant supérieur à cette valeur, c'est-à-dire que le court-circuit pourra rester alimenté par un courant important, susceptible de provoquer des inflammations et des incendies.

Le dispositif protecteur peut être :

a) L'isolateur à coupe-circuit décrit plus haut (chap. V, 2°). Dans ce cas, les deux brins de la ligne sont montés sur la même gorge sans coupure et c'est la dérivation qui est prise sur la deuxième gorge.

C'est en particulier ce dispositif qu'il faut adopter avec les lignes en aluminium, surtout si le branchement est fait en cuivre. Dans ce cas, le brin de raccordement côté ligne est en aluminium et le brin de raccordement côté branchement est en cuivre. L'iso-

lateur doit porter une borne en aluminium et une borne en cuivre.

L'emploi des isolateurs coupe-circuit est d'ailleurs assez rare pour les simples branchements; il faut en effet si la ligne n'en comporte pas d'avance, remplacer l'isolateur de ligne pour exécuter le branchement.

b) On emploie couramment un organe dit *coupe-circuit aérien*.

C'est une pièce de porcelaine, généralement triangulaire (fig. 85), formant deux poulies à gorges per-

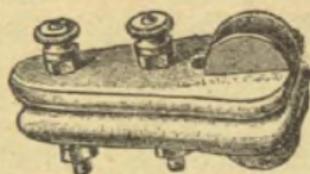


Fig. 85.

pendiculaires entre elles et portant les deux bornes à vis de serrage entre lesquelles le fusible est monté.

Cette pièce se place sur la portée même du fil à quelques centimètres seulement de l'isolateur de départ du branchement; de cette manière, il est facilement accessible du poteau ou de la console (la fusion d'un plomb de branchement étant un incident assez fréquent, il est en effet nécessaire de pouvoir le remplacer sans difficulté).

Un premier brin de fil est ligaturé solidement sur l'isolateur de ligne, il entoure la gorge, croise le fil de ligne et une des extrémités est enroulée sur celui-ci. Cet enroulement doit être fait soigneusement de manière à assurer un bon contact sans exiger une soudure toujours préjudiciable à la résistance mécanique du fil. Un autre inconvénient de souder

les branchements est qu'on empêche ainsi un déplacement facile de la dérivation, déplacement qui est souvent nécessaire pour rétablir un bon équilibrage des phases ou des ponts.

L'autre extrémité du brin est passé sur une des gorges du coupe-circuit aérien, enroulé sur lui-même à la manière d'une ligature d'arrêt et connecté à la borne correspondante.

Un deuxième brin (celui qui constituera toute la portée du branchement) est ligaturé de la même façon sur la deuxième gorge du coupe-circuit et d'autre part à l'isolateur d'arrivée sur le mur du bâtiment.

Deux cas se présentent alors : ou bien le branchement est fait en fil nu, alors, la rentrée en bâtiment étant nécessairement faite en fil isolé, une ligature est nécessaire sur l'isolateur d'arrivée ; ou bien la traversée du branchement est faite également en fil isolé ; c'est dans ce cas, le même fil qui rentre à l'intérieur jusqu'à la borne du compteur.

Le fusible est serré dans les bornes destinées à le recevoir lorsque le branchement est terminé et l'installation intérieure acceptée.

Il est nécessaire de placer un coupe-circuit sur chacun des conducteurs constituant le branchement, même sur le neutre des réseaux triphasés lorsqu'il n'est pas à la terre. Supposons, en effet, dans ce cas, qu'une phase se mette à la terre accidentellement en un point quelconque du réseau ; si alors chez un abonné le neutre se met à la terre il en résultera un court-circuit qui restera alimenté, s'il n'y a pas de coupe-circuit sur le neutre du branchement. Bien noter ce point qui est souvent négligé.

Lorsqu'on n'emploie pas d'isolateurs à double gorge et que la ligne est en aluminium, il est nécessaire de placer sur le support à côté de l'isolateur de ligne, un isolateur de renvoi permettant de soustraire

à la traction les brins ligaturés pour les raisons exposées plus haut (chap. V, 1^o). Les deux isolateurs peuvent être portés par la même ferrure (fig. 86). Ce dispositif, ne permettant pas d'insérer un fusible, exige en outre l'emploi d'un coupe-circuit aérien. Les ligatures sur celui-ci se feront avec un manchon torsadé si le branchement est en aluminium, de la manière ordinaire si le branchement est en cuivre. Dans ce dernier cas, le raccord aluminium-cuivre

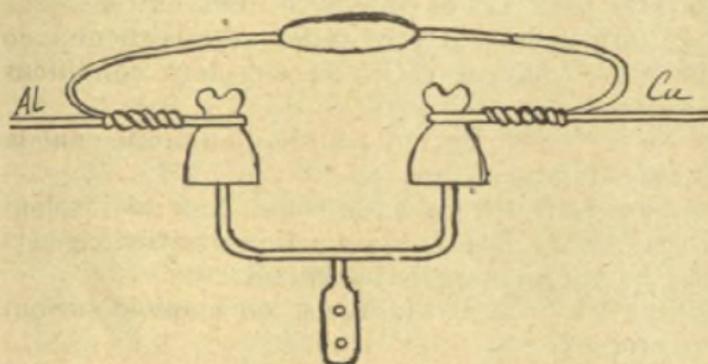


Fig. 86.

entre les deux isolateurs doit être mis à l'abri de l'air humide ; par exemple, on l'entortille dans de la toile chattertonnée bien serrée, ou mieux on le noie dans une matière isolante à base de résine, comme celle qui remplit les boîtes de jonction dans les canalisations souterraines (chap. VI, 2^o).

Lorsqu'on est obligé de souder une jonction aluminium sur aluminium on peut employer une des soudures suivantes :

1 ^o Aluminium.	2,38
Zinc.	26,19
Étain	71,12
Phosphore.	0,24

2° Étain	30
Zinc	7
Aluminium	0,75
Manganèse	0,10
3° Étain	30
Zinc	8
Manganèse	0,25
Aluminium	1
Chrome	0,625

ENTRÉES DANS LES BATIMENTS. — Les entrées dans les bâtiments doivent être faites avec beaucoup de soins. Elles doivent satisfaire aux deux conditions suivantes :

1° Ne permettre aucune entrée d'humidité dans la traversée du mur.

2° Dans cette traversée, le conducteur et l'isolant doivent être à l'abri de toute action destructive de la part des matériaux qu'ils traversent.

Pour réaliser ces conditions, on emploie surtout trois procédés :

Les entrées en câble sous plomb.

Les entrées sous tube isolant.

Les entrées par pipes de porcelaine.

1° *Les entrées en fils ou câbles sous plomb* s'exécutent de la manière suivante :

On perce le mur du bâtiment d'un trou dans lequel on passe les conducteurs sous plomb. Ceux-ci sont dénudés sur quelques centimètres à leur extrémité extérieure et ligaturés aux fils nus sur les isolateurs d'arrivée.

Les extrémités intérieures sont connectées aux bornes du compteur ou à celles de l'interrupteur (s'il précède le compteur).

On bouche ensuite le trou avec du plâtre.

Ces entrées sont faciles à exécuter, rapides et ne nécessitent pas le percement de gros trous dans les

murs. Par contre, elles sont la source de nombreux déboires, même si le fil sous-plomb est très bien manipulé, car le plomb est rapidement détruit par le ciment où le plâtre dans lequel il est noyé. L'isolant est ensuite bientôt détruit et les conducteurs sont mis à la terre ou en court-circuit justement dans l'endroit le moins accessible.

C'est encore pis si le sous-plomb est mal employé ; il faut éviter les coudes trop durs, les coups de marteau et les encoches produites par les crochets de fixation ; toutes causes produisant une altération de l'enveloppe de plomb, ou pouvant blesser l'isolant. A ce propos, signalons qu'il faut avant tout prohiber l'emploi des crochets dits pattes à gaz pour la fixation des fils sous plomb ; cette fixation doit se faire avec des brides en tôle galvanisée mince. Il ne faut jamais non plus entortiller le sous-plomb autour de la ferrure de l'isolateur ; on aboutit ainsi tôt ou tard à un court-circuit.

En résumé, les entrées en sous-plomb sont à déconseiller ne les employer que faute de mieux et si l'on dispose de fil sous-plomb d'excellente qualité, dont l'isolant est soigné et l'enveloppe de plomb exempte de soufflure.

2° *Les entrées en tube isolant* sont un peu meilleures si le tube est de bonne qualité et s'il est bien employé.

Les tubes isolants qu'on trouve dans le commerce ont tous à peu de chose près la même composition ; ils sont constitués par un tube en isolant moulé ou en carton imprégné d'isolant. Ce tube est enfermé dans une enveloppe très mince en tôle de fer plombée ou en tôle d'aluminium. Ces tubes se complètent par des accessoires, tels que : coudes, raccords droits, etc, dont l'emploi se comprend à première vue.

Ces tubes se fixent comme le sous-plomb à l'aide

de brides en tôle galvanisée. Ils se coudent assez facilement à condition de ne pas faire de courbes d'un rayon inférieur à 10 centimètres.

On emploie pour cela un outil appelé *pince à cintrer* dont une des mâchoires porte une saillie longitudinale tranchante et dont l'autre forme une gouttière destinée à recevoir le tube (fig 87). Pour cintrer un tube, on le saisit dans la pince en plaçant la couture de la tôle dans un plan perpendiculaire à celui dans lequel on veut courber le tube. Puis on fait avec la pince, une série d'incisions très peu accentuées et

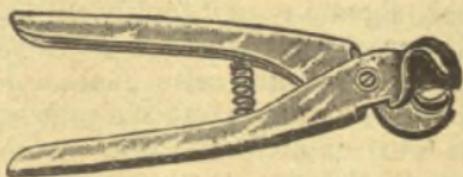


Fig. 87.

distantes d'environ trois ou quatre millimètres suivant la courbure à donner.

Le tube se trouvant légèrement ovalisé par cette opération, on lui redonne sa forme en le serrant légèrement et par petits coups avec une pince à gaz, dans le sens perpendiculaire à celui des incisions.

On revient ensuite avec la pince à cintrer dans les mêmes incisions en serrant un peu plus fort que la première fois; on reforme ensuite avec la pince à gaz et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on ait obtenu la courbure désirée.

L'entrée se fait en fils isolés qui descendent sur les isolateurs de descente et entrent dans les tubes isolants. Ceux-ci suivent la façade extérieurement jusqu'au point le plus propice pour traverser le mur: ils continuent à l'intérieur jusqu'à l'entrée du comp-

teur. L'entrée des fils dans les tubes à l'extérieur doit se faire en col de cygne, de manière à éviter toute rentrée d'humidité dans les tubes. Les tubes sont garnis à leurs deux extrémités par des colle-
rettes destinées à adoucir le frottement des fils sur le rebord.

L'emploi des tubes isolants pour les entrées de bâtiments est un peu préférable à celui des fils sous-plomb.

3° Le procédé présentant le plus de sécurité consiste à traverser le mur dans des *pipes* en porcelaine.

Ce sont des pièces, dont le nom indique la forme, qui se scellent dans l'orifice de traversée par leur partie droite, l'extrémité recourbée saillant au dehors, tournée vers le bas.

Elles sont alors placées un peu au-dessus des isolateurs, de sorte que les fils isolés y entrent verticalement de bas en haut. On fait souvent l'inverse : les fils entrent dans les pipes en se recourbant, ce qui a l'inconvénient de faire séjourner l'eau à la partie la plus basse du col de cygne ainsi formé. On agrémente souvent ces entrées en pipes en tirebouchonnant les fils ; cette disposition n'a qu'un intérêt : celui de ménager une certaine longueur de fil pour refaire la traversée en cas de rupture dans le cours de celle-ci, sans avoir besoin de remplacer le fil isolé depuis l'isolateur. L'effet décoratif en est assez douteux.

ISOLATEURS DE DESCENTE. — La traversée du mur ne se fait pas toujours à la hauteur de la ligne sur laquelle le branchement est dérivé. On se sert alors des isolateurs de descente que nous avons décrits précédemment (chap. V, 2°).

On fait une ligature du fil sur le bras de l'isolateur et on descend sur des isolateurs semblables placés immédiatement au-dessous des pipes.

Les isolateurs de descente présentent les mêmes valeurs isolantes que les isolateurs ordinaires de même catégorie. Il n'en est pas de même des poulies de porcelaine, et des isolateurs ordinaires scellés horizontalement dont la valeur isolante dans cette position est à peu près nulle.

Les descentes en façade peuvent se faire en fil sous-plomb, en fil sous tube isolant, en fil nu ou en fil isolé.

Les descentes en sous-plomb peuvent se faire lorsque l'entrée est de même nature et qu'on dispose de trop peu de place sur la façade pour descendre en fil nu; elles ne présentent de sécurité qu'à condition d'y apporter tous les soins indiqués plus haut. Elles sont très vulnérables en cas de travaux de maçonnerie sur les façades.

Les descentes en tube isolant s'emploient dans les mêmes cas et les mêmes conditions. Elles ne présentent guère d'avantages sur celles en sous-plomb et les conducteurs sont moins à l'abri de l'humidité.

Les unes et les autres évitent les isolateurs.

Les descentes en fil nu ou isolé sur isolateurs sont de beaucoup préférables; il ne faut toutefois employer le fil nu que lorsqu'on peut faire la descente en une région de la façade inaccessible des fenêtres; ceci afin d'éviter les courts-circuits occasionnés par malveillance, ignorance ou maladresse.

POSE ET MONTAGE DES COMPTEURS. — L'emplacement à choisir pour le compteur est un des points délicats de l'établissement d'un branchement.

Tout d'abord la planchette de bois qui portera le compteur doit être fixée sur un mur solide et non susceptible de subir des trépidations. A ce point de vue, les murs de façade ne sont pas recommandés surtout dans les étages inférieurs; les trépidations venant de la rue produisent la marche à vide des

compteurs moteurs genre Thomson et des compteurs d'induction; pour tous, elles produisent des dérèglages par suite du desserrement des vis et des écrous.

Les cloisons sont à prohiber complètement pour la fixation des compteurs; lorsque, dans les installations importantes ou les installations industrielles, les compteurs sont montés sur des tableaux de marbre; ces tableaux doivent être appuyés sur des murs au moyen de fortes ferrures solidement scellées.

Les planchettes sont vissées aux quatre angles sur quatre tampons. On écarte la planchette du mur au moyen de poulies hautes (chap. V, 2^e) traversées par les vis.

On peut aussi visser la planchette sur deux ferrures en fer plat qui sont scellées dans le mur.

La fixation de la planchette doit être faite en observant assez rigoureusement la verticalité pour permettre, lorsqu'on pose le compteur, de régler parfaitement cette verticalité.

L'emplacement du compteur doit être aussi voisin que possible de l'entrée en bâtiment du branchement; il ne doit pas être envisagé dans une pièce non accessible en tout temps (chambres à coucher, cabinet de toilette, W.C., etc.).

L'endroit préférable est le vestibule. Il faut prohiber tout local humide ou surchauffé tel que cave, buanderie, cuisine, l'humidité et la chaleur détériorant très rapidement le compteur.

Le compteur est accompagné sur sa planchette par un interrupteur et un coupe-circuit destiné à protéger le compteur contre les surintensités.

Ces deux appareils affectent des formes très diverses. Les types les plus usités sont les interrupteurs et coupe-circuits sous coffret vitré utilisés dans les secteurs parisiens. Ces appareils sont le plus généra-

lement branchés à la suite du compteur, ce qui évite d'avoir à les plomber.

Les compteurs sont fixés sur la planchette au moyen de trois vis. La vis supérieure à tête ronde sert à accrocher le compteur par la boutonnière dont il est muni. Les deux vis inférieures bloquent le compteur; elles permettent par un serrage plus ou moins énergique de régler la verticalité de l'axe du compteur. On se règle pour cela soit sur le fil à plomb dont sont munis certains compteurs, soit sur un niveau à bulle placé successivement dans deux directions perpendiculaires sur la cage.

Lorsqu'on ne possède ni l'un ni l'autre de ces dispositifs, on opère de la manière suivante :

On pose sur le disque une légère surcharge (un petit fragment métallique); l'axe est bien vertical lorsque cette surcharge ne produit pas de démarrage spontané du compteur.

Cette opération n'est possible que lorsque l'accès de l'intérieur du compteur est permis à l'agent qui en fait la pose. En général, la cage est plombée après vérification au laboratoire et seules les bornes sont accessibles pour permettre le montage.

Pour le montage, on n'a qu'à suivre exactement le schéma qui accompagne chaque compteur.

On s'assure en allumant les lampes ou en faisant tourner un moteur que le compteur tourne dans le bon sens; puis on recouvre les bornes au moyen de la plaque de cachetage et on plombe celle-ci.

Nous ne pouvons entrer ici dans l'étude de l'entretien et de l'étalonnage des compteurs qui sortirait de notre sujet. D'ailleurs, tous les fabricants de compteurs accompagnent leurs appareils de notices donnant tous les renseignements nécessaires.

Branchements à haute tension. — Les branchements aériens à haute tension sont constitués

comme une dérivation de ligne et ne présentent aucune particularité. La dérivation doit être munie d'interrupteurs ou de sectionneurs sur le pylône de ligne. Les entrées en bâtiment seront étudiées plus loin à propos des postes de transformateurs (chap. X, 1°).

CHAPITRE II

MONTAGE ET ENTRETIEN DES CANALISATIONS SOUTERRAINES

1° Pose et entretien des câbles armés.

Câbles en tranchées. — Sauf quelques exceptions, on pose les câbles armés en terre-plein. Seuls les services de traction importants font passer les feeders alimentant le conducteur de contact dans des galeries assez vastes pouvant atteindre une hauteur de l'ordre de 4 m. 50, où ils reposent sur des tablettes de ciment. Telles sont les galeries de feeders de la Compagnie générale des Omnibus de Paris ou du Métropolitain.

Ces cas sont tout à fait exceptionnels en raison du prix élevé qui en résulte pour les canalisations.

Dans les grandes villes, on impose souvent de faire passer les câbles dans des tuyaux pour traverser la chaussée des rues. Cette précaution évite la coupure complète de la voie pour retirer et remplacer le câble.

Ces tuyaux peuvent être en grès ou en ciment, ou encore en fonte ; les tuyaux de fonte à emboîtement servant aux canalisations de gaz peuvent très bien remplir ce rôle.

Le passage du câble en tuyaux est toujours obligatoire à la traversée des voies ferrées.

La traction du câble dans les tuyaux est une opération généralement pénible et toujours dangereuse pour l'armature. Le plus souvent, d'ailleurs, le goudron, même talqué, adhère si fortement au tuyau, qu'il est impossible de retirer un câble posé depuis plusieurs mois.

Lorsqu'on a à poser côte à côte plusieurs câbles dans un laps de temps plus ou moins considérable, il est préférable, comme on le fait en Angleterre et en Amérique, d'établir une fois pour toutes un massif de maçonnerie contenant un nombre d'alvéoles suffisant pour recevoir tous les câbles dont la pose est prévue. Le câble n'a plus besoin d'armure goudronnée et les opérations de pose et de dépose sont grandement facilitées.

POSE DES CÂBLES SOUS PLOMB, NON ARMÉS. — Un cas particulier de la pose des câbles est celui des câbles sous plomb sans armature de feuillard dont nous avons parlé plus haut (chap. VI, 1^o). Il serait imprudent déposer ces câbles directement dans le sol, même recouverts d'une couche de jute, car le tassement des terres pourrait blesser le câble par pression des pierres sur le plomb.

On doit donc donner à ces câbles une protection mécanique spéciale. Le procédé le plus courant consiste à allonger les câbles dans des caniveaux en ciment portant des alvéoles que l'on ferme au moyen de clavettes également en ciment (fig. 88). Ce procédé est plus avantageux que l'emploi de tuyaux parce qu'il permet de dérouler le câble sans le tirer et en cas de claquage d'examiner le câble sur toute sa longueur sans avoir à le retirer.

CÂBLES EN TERRE-PLEIN. — Lorsque le câble est posé en terre-plein, il est nécessaire de l'enterrer à une profondeur suffisante pour qu'il ne risque pas d'être atteint lors de l'exécution des divers travaux

de voirie. En particulier, les câbles à haute tension doivent être enfouis à une profondeur supérieure à un mètre.

En outre on doit disposer une couche de sable d'environ 20 centimètres d'épaisseur tant au-dessous qu'au-dessus du câble, séparer par des tuiles ou des briques les câbles placés les uns à côté des autres ou en couches superposées, disposer enfin un avertisseur, généralement un treillage métallique qui annoncera aux terrassiers la présence de la canalisation.

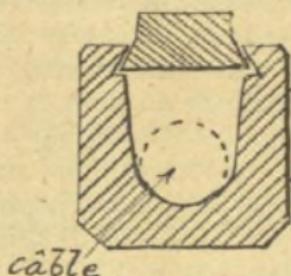


Fig. 88.

TRANSPORT DES CÂBLES. — La pose des câbles proprement dite (transport et déroulage) doit se faire avec les plus grandes précautions : la plupart des accidents survenant en cours d'exploitation et dont les conséquences sont souvent fort graves, sont imputables à des détériorations survenues soit pendant le transport du câble, soit pendant sa pose.

Les câbles sont amenés à pied d'œuvre soit en torches entourées de paille, soit sur des bobines de fer ou de bois. Le premier procédé ne donne aucune protection mécanique efficace contre les chocs. Ceux-ci se révèlent, il est vrai, à l'inspection de la garniture de paille, mais il vaut mieux prévenir l'accident qu'avoir à le réparer ; aussi malgré le poids mort qu'elles apportent, les bobines sont-elles préférables.

Le câble y est mieux protégé encore si on les ferme complètement au moyen de lattes de bois ou de fer, fixées sur les joues.

Pour le transport en chemin de fer, les bobines doivent être soigneusement calées et bridées, mais comme un tamponnement peut toujours être assez fort pour arracher les cales, il convient de placer les bobines sur le wagon les joues perpendiculaires à sa longueur. De cette manière, si les bobines s'entrechoquent, le câble n'en souffre pas.

Les bobines sont amenées à pied d'œuvre sur des camions. Le poids d'une bobine peut atteindre, pour les gros câbles de 3.000 à 4.000 kilogrammes. On emploie alors des camions spéciaux de deux types différents. Dans l'un, la bobine couchée, les joues horizontales, repose sur une plaque tournante fixée sur la plate-forme du camion. On enlève les cales placées sous les joues pendant le transport, et il suffit de tirer sur le câble pendant qu'un homme freine la bobine pour obtenir un déroulage régulier.

Dans l'autre type de camion, l'essieu est coudé pour laisser la place des joues, la bobine est amenée en place dans le camion par un treuil, les joues verticales. A l'arrivée à pied d'œuvre, on déroule le treuil et la bobine est reçue sur deux vérins placés devant la tranchée ouverte. Pour les plus gros câbles, cette deuxième méthode a souvent l'inconvénient d'amener des déroulages brusques et un arc-boutement contre le sol des spires qui ont pris du mou.

Déroulage. — Sauf lorsque le câble est armé de fils d'acier, il faut absolument prohiber l'emploi d'un treuil pour le déroulage dans la tranchée, car dans ce cas, la traction s'opère toute entière au point d'attache de la corde sur le câble et ce point subit une détérioration sur une zone plus ou moins longue.

Il est indispensable de faire tirer le câble par des hommes également répartis sur toute sa longueur et commandés au sifflet pour qu'ils exercent leur effort bien simultanément. On emploie beaucoup des galets de bois ou de fer, montés sur un axe fixé à un support bas, répartis dans le fond de la tranchée, qui facilitent le déroulage en réduisant beaucoup le frottement sur le sol. Les hommes se répartissent le long du câble à une distance les uns des autres variant de 5 à 10 mètres suivant le poids du câble de manière à n'avoir à tirer chacun que 40 à 50 kilogrammes de câble.

Lorsqu'on ne dispose pas de matériel spécial pour le transport du câble, on se contente de charger la bobine sur un camion en la calant et l'amarrant fortement. A pied d'œuvre, on la décharge en la faisant rouler sur deux plateaux, le camion étant orienté vers un tas de sable destiné à arrêter la bobine.

On simplifie souvent la manœuvre en laissant tomber la bobine du haut du camion : c'est une pratique à rejeter, qui aboutit à disloquer les joues de la bobine et même à briser celle-ci.

Pour orienter ensuite la bobine à terre on la fait pousser par plusieurs hommes et on la fait dévier en arc-boutant une barre de fer entre le sol et un des boulons d'assemblage de la bobine.

On déroule ensuite le câble en faisant rouler la bobine soit à côté de la tranchée, soit si c'est possible, à cheval sur la tranchée. Il faut surtout éviter les boucles en déroulant et s'il s'en produit, il faut les défaire en détournant le câble. Si au contraire on les force en tirant, on détord les conducteurs et les couches de papier isolant et le câble se trouve détérioré sur une grande longueur.

Lorsque la longueur du câble à poser est inférieure à celle de la bobine, il faut couper le câble, ce qu'on

réalise facilement avec une petite scie à métaux. Si la jonction ou la dérivation n'est pas faite immédiatement il faut *capoter* le bout du câble.

Le capotage du câble lorsqu'il sort de la fabrique est généralement réalisé au moyen d'un morceau de tuyau de plomb ; lorsqu'on a à faire cette opération avec des moyens de fortune, voici comment il faut opérer : on coule de la matière isolante dans un récipient métallique quelconque d'un diamètre un peu supérieur à celui du câble et on y plonge l'extrémité du câble ; puis on laisse refroidir ; ou bien encore on peut se contenter d'entortiller l'extrémité du câble dans un chiffon après y avoir coulé de la matière isolante.

Lorsque le câble a été complètement déroulé, on remblaye la tranchée comme il a été dit plus haut et en séparant soigneusement la terre fine du macadam, tant dans l'intérêt de la route que dans celui du câble.

Traversée des ponts ou passages en viaducs.

— Faute de profondeur il n'est pas possible en général de noyer le câble dans la chaussée des ponts.

On le fait passer dans des tubes de fonte ou dans des coulottes fixés au flanc du tablier par des crampons solidement scellés. Si le pont est métallique, il est avantageux de faire passer le câble sous le tablier.

Lorsqu'on a à traverser de petits ruisseaux sans profondeur, il suffit de faire reposer le câble sur le fond du lit sans autre protection.

Recherches des défauts. — Les avaries de câbles souterrains sont bien plus difficiles à déceler que celles des lignes aériennes étant donné l'invisibilité et la difficulté d'accès à ces câbles.

On doit donc avoir recours pour localiser un court-circuit ou une mise à la terre, soit à des procédés empiriques, soit à des mesures précises.

En temps ordinaire, on doit procéder périodiquement à des essais d'isolement par les méthodes indiquées au sujet des lignes aériennes.

Si l'essai indique un défaut, on doit le rechercher tout de suite, sans attendre une aggravation pouvant arrêter l'exploitation.

NATURE DES DÉFAUTS. — Les défauts survenant spontanément dans un réseau à basse tension sont rarement des avaries de câble; ils se produisent généralement dans un manchon, par contact de deux pinces entre elles ou par contact d'une pince et de la fonte de la boîte.

Les défauts en plein câble résultent généralement de coups de pioche ayant délérioré l'armature et l'isolant. Quelquefois, la mise à la terre se fait très loin du point où le conducteur est en contact avec l'armature, la couche extérieure de jute formant un isolant suffisant tant qu'elle est bien conservée.

Au contraire, les canalisations à haute tension peuvent présenter, en dehors des défauts dans les boîtes, des courts-circuits en plein câble. Ces accidents appelés claquages qui se produisent brusquement, sont des plus graves parmi les accidents d'exploitation; ils arrêtent pendant un temps qui peut être long, l'alimentation de tout un réseau. Leur recherche est toujours pénible si on n'a aucune indication sur leur position.

Tous ces défauts se recherchent à peu près de la même façon.

LOCALISATION EMPIRIQUE. — La manière la plus fréquemment employée pour localiser un défaut consiste à sectionner le câble, de préférence en ouvrant les boîtes de jonction ou de dérivation.

On opère de la façon suivante : on sectionne le câble en son milieu, puis on essaie les deux moitiés à l'ohmmètre.

L'une donne le défaut, l'autre est saine.

On recommence à sectionner la première en deux moitiés, on essaie chacune d'elles, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on ait suffisamment resserré l'intervalle pour que le remplacement du dernier tronçon ne constitue ni un travail long, ni une dépense considérable.

On conçoit que ce sectionnement répété doit être fait par les boîtes existantes, sinon il conduira à multiplier les boîtes de jonction d'une façon exagérée.

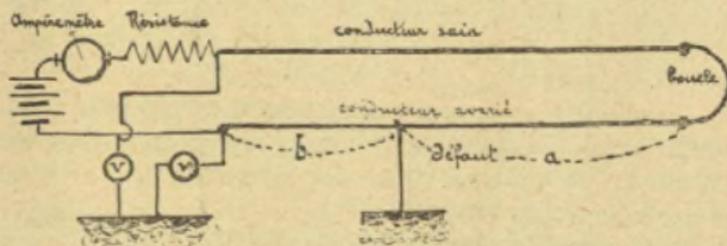


Fig. 89.

Lorsqu'il s'agit d'une ligne à basse tension, le défaut se trouvant le plus souvent dans une boîte, on a beaucoup de chance de tomber exactement sur lui après un petit nombre d'essais.

Enfin lorsqu'on a des indications ou seulement des intuitions sur l'origine du défaut, la localisation s'en trouve considérablement abrégée.

MÉTHODES PRÉCISES. — Les méthodes de mesures pour la localisation des défauts sont très nombreuses. Elles se ramènent pour la plupart au même principe : Déterminer la distance de chacune des extrémités du câble au défaut par la mesure de la résistance des portions de câble correspondantes. (Connaissant le diamètre du câble on passe facilement de la résistance à la longueur par la formule donnée au paragraphe premier).

La méthode la plus souvent utilisée est celle dite *de la boucle*. Elle nécessite l'existence soit d'un conducteur sain dans le câble avarié, soit d'un câble sain à côté du câble avarié,

On boucle au moyen d'un conducteur de gros diamètre une extrémité du câble sain à une extrémité du câble avarié (fig. 89) et on mesure les résistances a et b . Si la longueur de chacun des câbles est L et x la distance du défaut à l'extrémité non bouclée, on a la relation :

$$x = 2 \times L \times \frac{b}{a + b}$$

Il existe des appareils permettant d'effectuer facilement ces mesures et donnant directement la longueur x en mètres. On peut aussi se servir d'une boîte à pont de Wheatstone.

Mais voici un dispositif qui permet d'effectuer les mesures avec un matériel de fortune.

On fait débiter sur les deux câbles une batterie de trois ou quatre accumulateurs, en limitant le courant à une valeur non dangereuse pour le câble, au moyen d'une résistance appropriée (on a souvent sous la main des résistances pour lampes à arc qui convenablement groupées peuvent servir à cet usage).

Puis à l'aide d'un voltmètre de grande sensibilité (par exemple un voltmètre de contrôle pour accumulateurs gradué jusqu'à trois volts), on mesure successivement la tension v entre le conducteur sain et la terre, puis la tension v' entre le conducteur avarié et la terre.

On a alors la relation :

$$x = L \times \frac{v'}{v + v'}$$

On connaît L d'après les plans ou la mesure directe ;

on peut donc calculer x . Les mesures de v et v' doivent se suivre d'aussi près que possible; on se sert pour cela d'un commutateur qui fait rapidement le changement de connexions du voltmètre.

Lorsque la mesure a donné la distance x du défaut, on fait découvrir le câble sur une certaine longueur de part et d'autre de cette distance et on cherche le défaut. S'il n'est pas visible à simple inspection, on fait ouvrir les boîtes les plus voisines, on essaie à l'ohmmètre le brin ainsi isolé et, après avoir vérifié qu'il comporte bien le défaut, on le remplace.

Toutes ces méthodes donnent des résultats d'autant moins précis que le défaut a une résistance plus élevée.

Or il arrive souvent que des défauts aient des résistances de l'ordre de 100.000 ohms. Il faut alors les brûler afin de faire tomber leur résistance à une valeur très faible.

On utilise pour cela un petit transformateur pouvant débiter quelques ampères sous quelques milliers d'ohms; ce transformateur doit, en outre, être pourvu de plusieurs pri-

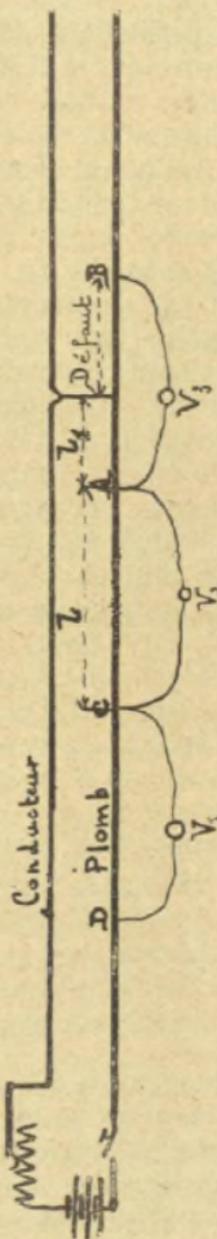


Fig. 90.

ses permettant de baisser la tension au fur et à mesure que la résistance diminue.

Il est souvent nécessaire de pousser cette opération pendant plusieurs heures.

Lorsque le défaut a produit une coupure du conducteur la localisation devient extrêmement délicate et exige l'emploi de méthodes trop compliquées pour être exposées ici.

Il est d'ailleurs souvent préférable dans ce cas d'opérer par recherche empirique comme il a été dit plus haut. Cependant si le conducteur coupé est à la terre de part et d'autre du défaut, on peut le rechercher par la méthode suivante :

On envoie à une des extrémités du câble du courant dans le conducteur avarié, le retour se faisant par le défaut et la gaine de plomb (fig. 90).

La chute de tension dans le plomb est proportionnelle à la longueur. On fera des sondages de distance en distance pour faire des prises de courant sur le plomb à égale distance les unes des autres et on mesurera les chutes de tension V_1 , V_2 , V_3 ,... entre ces différentes prises de courant.

Le défaut sera entre les points A et B si V_3 est plus petit que V_2 . Si l est la distance entre A et C, l_1 la distance entre A et le défaut, on a évidemment la relation :

$$\frac{V_3}{V_2} = \frac{l_1}{l}$$

$$l_1 = l \frac{V_3}{V_2}$$

l , étant ainsi déterminé, on termine la localisation comme il a été dit plus haut.

Cette méthode suppose qu'on a affaire à une longueur de câble sans jonction ni dérivation, ou bien que le plomb est jonctionné électriquement dans les

boîtes, sans quoi le retour du courant ne pourrait se faire.

2° *Exécution des boîtes souterraines et branchements d'abonnés.*

Boîtes de jonction. — Pour opérer la jonction de deux longueurs de câble, il faut en principe :

1° *Dénuder* chacune des extrémités, sur une longueur égale à la moitié de la longueur de la boîte, et écarter convenablement les conducteurs.

2° *Raccorder* les extrémités des conducteurs qui se correspondent au moyen des pièces spéciales.

3° *Fermer* la boîte et y couler la matière isolante.

Voici comment doivent s'exécuter ces opérations :

1° On coupe le câble à la scie de telle façon que, la coquille inférieure étant en place, ce câble dépasse la moitié de quinze ou vingt centimètres. On opère ensuite de même pour l'autre câble.

On présente le câble dans la coquille et on marque l'emplacement du collier de la tubulure d'entrée. On fait une ligature au fil de fer au niveau du bord intérieur du collier et on dénude jusqu'au plomb depuis cette ligature jusqu'au bout du câble.

Pour cela, on coupe la garniture extérieure en jute goudronné, au ras de la ligature, avec un couteau bien tranchant et on l'enlève par déroulage. Puis, avec la scie spéciale à métaux, on scie les deux couches de feuillard, en faisant bien attention de ne pas atteindre le plomb.

On déroule les deux feuillards, avec précaution car leur section est très tranchante, en les prenant par la pointe formée à l'extrémité du câble. Enfin, on enlève la couche intérieure de jute qui recouvre le plomb, comme on a fait pour la couche extérieure.

On ligotte ensuite sur la hauteur du collier et de la tubulure d'entrée, avec du filin de jute sur 3 épaisseurs.

On mesure une longueur de plomb d'au moins 3 centimètres à l'intérieur de la boîte, et on enlève le reste jusqu'au bout du câble. On enlève également le papier huilé et les garnitures isolantes pour ne garder que le papier huilé qui entoure chaque conducteur.

2° Pour écarter les conducteurs à la distance convenable, on dispose les mâchoires de jonction à la place qu'elles devront occuper (on les échelonne de manière à augmenter leur distance), puis on coupe à la scie le conducteur au milieu de la mâchoire environ et on dénude jusqu'au cuivre la partie qui doit rentrer dans la mâchoire de jonction, après avoir arrêté le papier huilé au moyen d'une ligature en ficelle.

Lorsqu'on a opéré d'une manière identique sur l'autre extrémité à jonctionner, on passe les conducteurs des deux câbles dans les trous des entretoises en ébonite destinées à maintenir leur écartement.

On les engage à fond dans les pièces de jonction dont on bloque les vis, puis on serre les câbles sur la coquille inférieure en mettant en place les deux demi-colliers dont on serre les boulons.

On doit avoir soin de jonctionner ensemble les conducteurs dont le papier est de la même couleur. Si cette précaution est partout observée, on pourra reconnaître les phases ou les pôles en un point quelconque du réseau. (Cette observation s'applique également aux boîtes de dérivation, bien entendu).

3° On place la coquille supérieure de la boîte après avoir garni la gorge de la coquille inférieure de filin de jute goudronné (3 brins cordés ensemble).

Enfin on bloque les écrous des boulons de serrage. C'est alors qu'on procède à la coulée.

Pendant que le monteur a procédé aux opérations précédentes, un aide a placé sur un feu de bois une marmite en tôle de forme spéciale (fig. 91) contenant la matière isolante en quantité largement suffisante pour remplir le manchon.

Cette matière doit être fondue jusqu'à complète fluidité, soit environ 150 à 180° suivant sa composition.

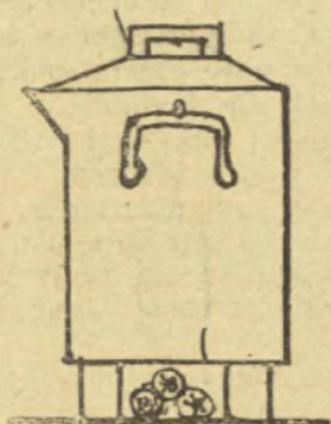


Fig. 91.

Elle pénètre alors dans tous les recoins de la boîte et imprègne le joint en jute goudronné, ce qui assure l'étanchéité de la boîte. De plus, les serre-fils se trouvent bloqués dans une masse isolante et solide après refroidissement.

Pour apprécier à l'œil si la matière isolante est bonne à être coulée, on observe le moment où la mousse due à l'humidité qui se forme à la surface disparaît complètement.

C'est alors qu'il faut la couler : une fusion poussée plus loin produirait l'ébullition.

Pour couler le manchon, on débouche les évents et le trou de coulée, et on introduit dans celui-ci un

entonnoir. Deux hommes saisissent alors la marmite par les oreilles et versent de la matière dans l'entonnoir jusqu'à ce qu'elle apparaisse aux événements. On laisse alors refroidir la matière coulée de façon que tout l'air en soit sorti sous forme de bulles et que la contraction soit sensible.

On reverse ensuite de la matière jusqu'à ce qu'elle déborde par les événements, et on bouche ceux-ci.

On continue à couler par petites quantités jusqu'à remplir la boîte, en ayant soin de laisser refroidir un certain temps entre chaque coulée. Lorsque la matière déborde par la tubulure supérieure, on attend deux heures ; après quoi on verse encore de la matière et on visse le bouchon.

Ces précautions sont nécessaires, car la matière isolante subit, en se refroidissant une contraction, un retrait considérable qui pourrait produire des vides dans la boîte et même découvrir les pièces de raccord.

Pour les *boîtes à haute tension*, il est même nécessaire de laisser refroidir une nuit pour terminer le remplissage. On remplit donc la boîte un jour, on visse le bouchon ; le lendemain matin, on fait une nouvelle coulée, après quoi, on bouche définitivement.

Les câbles armés sont rapidement détériorés par l'*électrolyse*. Les courants continus utilisés pour la traction font retour par le sol et suivent, lorsqu'ils les rencontrent, les armures des câbles armés. Le feuillard et le plomb sont alors rapidement rongés en tous les points par lesquels le courant en sort. Il en est ainsi à l'entrée de chacune des boîtes de jonction, si celles-ci n'assurent pas une continuité électrique parfaite entre les armures des deux câbles jonctionnés.

Il est bon pour réaliser cette condition lorsqu'on a à craindre l'*électrolyse*, de serrer directement la

fonte des colliers et des tubulures sur l'enveloppe de plomb en ayant soin d'enlever le feillard et le jute goudronné et de bien nettoyer le plomb.

Cette précaution suffit lorsqu'on est loin d'une ligne de traction électrique. Si l'on en est près, il est nécessaire de réaliser un *éclissage en cuivre*, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur de la boîte. Si le câble suit exactement la voie, il est prudent de le placer en caniveau de ciment.

Boîtes de dérivation. — Les boîtes de dérivation s'exécutent d'une manière analogue aux boîtes de jonction. L'extrémité du câble formant la dérivation est préparée comme pour une jonction. Le câble principal est présenté dans la boîte; on marque par une ligature en fil de fer la longueur intérieure à la boîte qu'on dénude jusqu'au plomb. On laisse 3 ou 4 centimètres de plomb de chaque côté et on dénude jusqu'au papier huilé entourant chaque conducteur.

On présente les pièces, on marque leur position sur chaque conducteur, par une ligature de ficelle, puis on dénude la longueur correspondante jusqu'au cuivre.

Si la dérivation doit s'effectuer *en coupant le câble*, on scie alors chaque conducteur par le milieu de la partie dénudée, on écarte les deux brins et on les engage dans les trous longitudinaux des mâchoires de dérivation.

On écarte ensuite convenablement les conducteurs et, si le câble n'est pas suffisamment rigide, on les maintient en place, soit par l'emploi d'entretoises en ébonite, soit, lorsqu'il ne s'agit que de basse tension, par des séparateurs en carton préalablement imprégné de matière isolante, qu'on place entre les pièces.

On écarte les conducteurs de la dérivation de manière à les engager dans ces pièces, on les coupe à la longueur voulue, on les engage et on bloque les

vis. La figure 92 montre l'opération arrivée à cette phase.

Si le câble ne doit pas être coupé, on écarte convenablement les conducteurs dénudés jusqu'au papier, on engage les pièces à griffes dans ces conducteurs après les avoir dénudés jusqu'au cuivre sur la longueur de la pièce seulement.

Le reste des opérations s'effectue comme pour un manchon de jonction.

Boîtes d'extrémité et boîtes aériennes.

Il existe une grande variété de formes de ce genre de boîtes. Leur montage ne diffère que par quelques détails évidents lorsqu'on l'exécute.

Nous nous bornerons donc à indiquer en détails le montage d'une boîte d'extrémité à 15.000 volts, triphasée, avec presse-étoupe, entrée et sortie verticales.

Il faut d'abord couper le câble à la scie de façon qu'il dépasse le dessus de la boîte d'environ 10 centimètres. Puis présenter le câble dans la boîte et tracer l'emplacement du collier inférieur ; dénuder ensuite jusqu'au plomb depuis le dessus de ce collier jusqu'à l'extrémité.

On ligote alors sur la hauteur du collier avec la corde de jute sur 3 épaisseurs. Puis on laisse 50 millimètres de plomb et on dénude jusqu'au papier huilé.

On enfle le presse-étoupe et on fait la garniture en jute.

Puis on attache le papier huilé avec une ficelle à 45 millimètres environ du plomb.

On coupe le papier à 50 millimètres du plomb et on dénude jusqu'à l'isolant des 3 fils.

On met en place les 3 brides d'extrémité.

On sépare les 3 fils et on les présente en marquant sur l'isolant la longueur à dénuder.

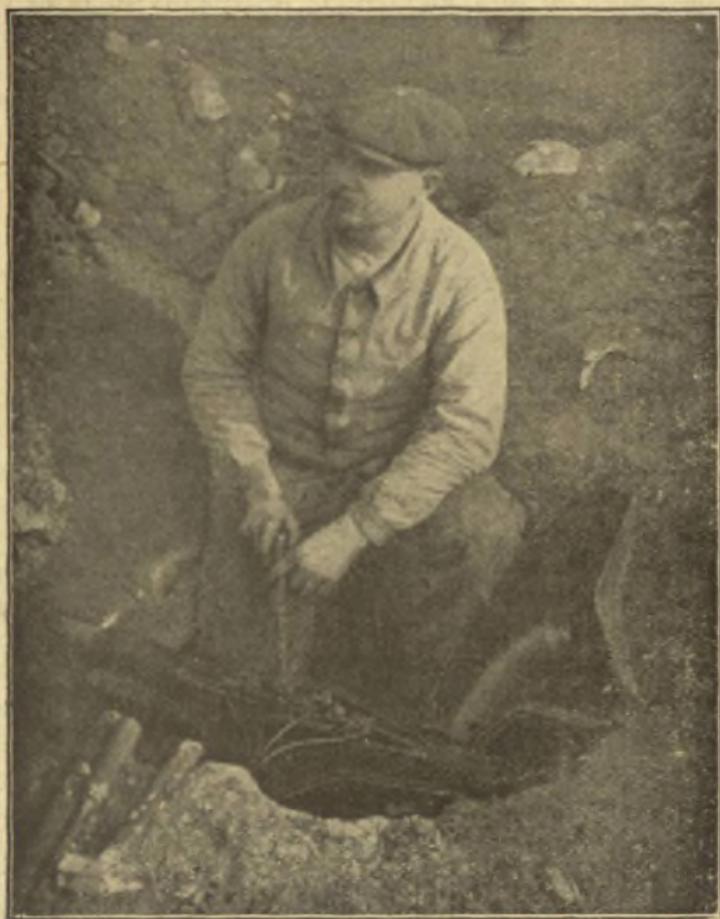


Fig. 92.

Chacun des 3 fils est alors coupé de telle sorte qu'à partir de la marque à dénuder, ils puissent pénétrer de 30 à 45 millimètres.

On dénude alors jusqu'au cuivre, on engage à fond

les fils dénudés dans le serre-fils et on les bloque.

La boîte est refermée après qu'on en a garni la gorge avec du jute goudronné provenant de la ligature du câble (3 brins cordés ensemble).

En fixant les fils dans la boîte d'extrémité, il faut avoir soin de *respecter les phases* en croisant les fils s'il le faut.

Il ne reste plus qu'à procéder au coulage de la matière isolante.

Boîtes de coupure et coffrets d'abonné.

Le montage de ces boîtes et coffrets est analogue à celui des boîtes d'extrémité.

Les boîtes à coupe-circuit souterraines sont montées sur une assise de briques afin d'en assurer la stabilité. L'épaisseur de cette assise doit être d'autant plus grande que le terrain est plus meuble et la boîte plus lourde.

La boîte est scellée au ciment sur cette assise. On ouvre ensuite les coquilles d'entrée et on coupe les câbles à la demande. Puis on dénude les extrémités de câbles en échelonnant les diverses enveloppes de la même façon que pour les autres boîtes précédemment décrites, et on emmanche l'extrémité des conducteurs dans les brides d'entrées; on les y bloque à l'aide des vis dont ces brides sont munies.

On referme ensuite les coquilles, après avoir fait la garniture des joints avec du filin de jute goudronné. On bloque les boulons, puis on coule la matière isolante.

Les boîtes de distribution servant généralement à réaliser les bouclages, il est nécessaire de reconnaître les pôles ou les phases, les conducteurs de même pôle ou de même phase devant être reliés aux brides qui se correspondent dans la boîte.

Pour cela, on se guide sur la couleur du papier qui entoure chaque conducteur si le réseau a été entièrement monté en respectant la correspondance des couleurs aux phases.

Sinon on se trouve dans l'un des cas suivants :

1^o Ou bien le montage s'effectue le courant étant coupé ; on repère les conducteurs, en partant d'un point où les phases ou pôles sont reconnus, en les sonnant au moyen d'une sonnerie à magnéto ou d'un ohmmètre ; on se sert par exemple de la terre comme retour.

2^o Ou bien, le montage s'effectue sans couper le courant ; on reconnaît alors les conducteurs deux à deux, ceux de même polarité ne présentant aucune tension entre eux et par suite ne donnant aucune déviation au voltmètre.

Pour les boîtes à coupe-circuit d'abonné, il est bon également de ranger les phases dans un ordre uniforme pour tout le réseau. Tout au moins, doit-on placer le neutre toujours du même côté dans le cas du triphasé quatre fils, et toujours au milieu dans le cas du continu ou du monophasé trois fils.

Il faut prendre soin en établissant l'assise de briques sur laquelle la boîte doit être scellée au ciment, d'observer rigoureusement l'*affleurement* de la partie supérieure au niveau du trottoir ou de la chaussée. Sinon, ou bien la boîte fait saillie et est bientôt détériorée par les chocs qu'elle subit, ou bien elle est en dépression et risque d'être enterrée par la boue et la poussière ou bien rapidement inondée.

Au point de vue entretien, les boîtes à coupe-circuit doivent être surveillées de très près. Elles doivent être visitées périodiquement et relativement aux points suivants :

1^o *Absence d'humidité* dans l'intérieur de la boîte. L'éponger soigneusement et y placer une coupelle

contenant quelques morceaux de chlorure de calcium.

2° Bon état du *joint de caoutchouc* du tampon intérieur. Celui-ci ne doit être ni sec, ni déchiré; s'il l'est, le remplacer sans attendre.

3° Bon état des *goujons* et *écrous de serrage* de ce tampon qui doivent fonctionner facilement.

4° Absence de *terre ou débris* obstruant la cheminée périphérique.

5° Bon serrage des *écrous* maintenant les fusibles.

Les coffrets doivent être scellés assez haut au-dessus du sol. La coquille elle-même doit être entièrement hors sol. Il est bon que le haut du coffret soit au moins à une hauteur de 0 m. 75.

Les coffrets scellés trop bas sont détériorés par l'humidité du sol, les charnières ne jouent plus; il peut même se produire un court-circuit entre les bornes inférieures, ce qui entraîne les plus graves conséquences.

Il faut éviter de sceller le coffret en un point faible des maçonneries, par exemple dans les piliers soutenant les linteaux, car on risque de compromettre gravement la solidité de l'édifice.

Dans des cas délicats, il est préférable de consulter un homme de l'art et de faire entailler la maçonnerie par un tailleur de pierre.

La coquille d'entrée est montée comme pour une boîte souterraine, La sortie est protégée soit par une coquille analogue à la coquille d'entrée, soit par un protecteur percé d'autant de trous qu'il y a de conducteurs et dans lequel on coule de la matière isolante après avoir engagé les fils dans les bornes de sortie.

Branchements. — Un branchement souterrain, se présente différemment suivant qu'on utilise une boîte à coupe-circuit ou un coffret.

Dans le premier cas, il se compose d'un ou de plusieurs manchons de dérivation, du câble de dérivation qui aboutit à la boîte de coupure ; un deuxième brin de câble sort de cette boîte et pénètre dans l'immeuble où il est terminé par une *bride d'extrémité*. Cet appareil n'est autre chose qu'une petite boîte d'extrémité d'un poids et d'un volume très réduits, généralement en laiton ou en ébonite.

On sort de cette bride en *fils isolés* pour aboutir au panneau de compteur.

Dans le cas du coffret, le branchement se trouve simplifié, car les conducteurs, sortant du coffret à l'intérieur du bâtiment, sont isolés au caoutchouc et ne nécessitent pas une boîte d'extrémité comme les câbles qui sont isolés au papier.

Il est bon cependant que ces conducteurs soient à *enveloppe de plomb*, afin de les protéger dans la traversée du mur à la sortie du coffret, et aussi d'éviter toute dérivation clandestine avant le compteur.

CHAPITRE III

MONTAGE ET ENTRETIEN DES POSTES

1° Entrée des postes, appareils de coupure et de contrôle.

Entrée des postes. — La première difficulté rencontrée dans le montage d'un poste de transformation ou de sectionnement réside dans l'entrée de la ligne lorsque celle-ci est aérienne.

Les conditions à remplir sont les suivantes :

1° L'ouverture doit être suffisante pour que la distance convenable entre les conducteurs et entre conducteur et paroi soit respectée ;

2° Cette ouverture doit être suffisamment abritée pour empêcher toute rentrée d'eau à l'intérieur du poste et sur les supports de conducteurs à la traversée.

1^{er} EXEMPLE. — Le montage le plus perfectionné consiste à utiliser les isolateurs de traversée (chap. V, 2°). Dans ce cas, la ligne tire sur un isolateur scellé extérieurement et c'est un brin mou qui entre dans le poste sans supporter aucun effort mécanique. Ce montage exige la construction d'un auvent complètement clos. La paroi inférieure peut être une planche de bois ou de fibro-ciment. On y scelle l'isolateur de traversée.

Au-dessous de cet abri, on scelle un console sup-

portant les isolateurs d'arrêt ou des boulons à œil tenant chacun une chaîne d'arrêt. On amarre la ligne sur ces isolateurs et on prend une dérivation à une petite distance de celui-ci au moyen d'un manchon (chap. VIII, 3°). Cette dérivation est tirée à travers l'isolateur de traversée et passe sur un isolateur support scellé dans la lucarne d'entrée.

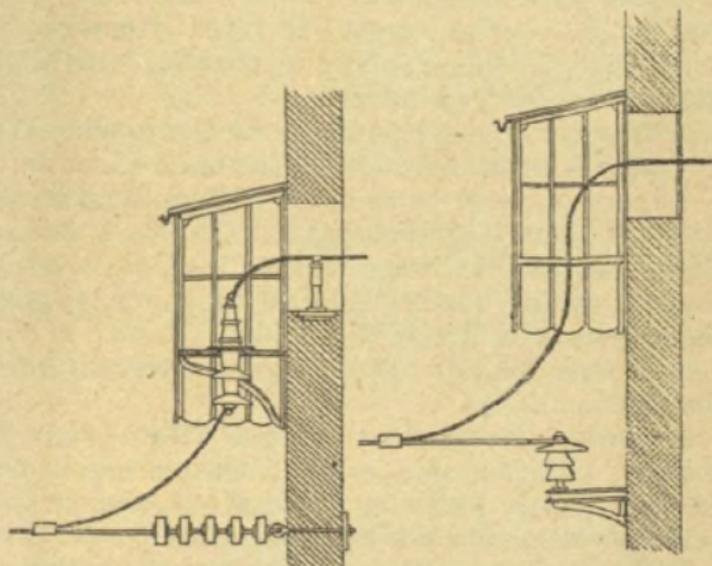


Fig. 93.

Fig. 94.

On coule ensuite la matière isolante à chaud dans l'isolateur de traversée.

Ces entrées sont à employer seulement pour les postes très importants en raison du matériel qu'ils nécessitent, ou bien dans des postes secondaires si la tension est très élevée.

La figure 93 montre une entrée ainsi réalisée.

2^e EXEMPLE. — Pour diminuer l'importance de l'entrée, dans de petits postes par exemple, on peut se contenter du dispositif suivant :

La ligne est arrêtée sur un simple isolateur de ligne scellé sur une ferrure d'arrêt.

On prend une dérivation comme précédemment et on la fait passer par la lucarne sur un isolateur de ligne. La lucarne est convenablement abritée contre la pluie.

Cette disposition a l'inconvénient de laisser une ouverture dans le mur du poste par où peuvent s'introduire des oiseaux, causes de court-circuit, de la neige, etc., et qui empêche le chauffage en hiver (gel des résistances liquides).

3^e EXEMPLE. — Ce dispositif peut être amélioré en obturant la lucarne avec une plaque de verre brut, très épais, percé de trous de 40 à 50 millimètres de diamètre dans lesquelles passent les fils d'entrée. L'accumulation de neige sur cette plaque est à craindre et fait que le dispositif est à rejeter pour les tensions très élevées (fig. 94).

4^e EXEMPLE. — Enfin l'entrée peut être tout à fait simplifiée.

On amarre directement la ligne à l'intérieur du poste en faisant passer les fils à travers une plaque de verre comme plus haut. A employer pour de tout petits postes et des tensions moyennes.

Sectionneurs. — Un poste de transformation ou de sectionnement a généralement plusieurs lignes d'arrivée et de départ.

Elles doivent pouvoir être coupées dès l'entrée dans le poste de manière à permettre l'exécution de certains travaux (remplacement des fusibles, entretien des interrupteurs, mise en place et enlèvement des transformateurs, nettoyages, etc.).

On doit donc placer des sectionneurs dès l'entrée du poste de manière à ce qu'il reste un minimum de conducteurs sous tension lorsque ces sectionneurs sont coupés. Cependant ils ne doivent pas être placés

trop haut au-dessus du sol, l'usage de perches trop longues étant malaisé.

Si l'entrée se fait à une grande hauteur (8 à 10 mètres), il faut établir une plate-forme de manœuvre au-dessous des sectionneurs; ou bien le poste comporte un étage où sont logés les parafoudres et les sectionneurs.

Lorsque l'arrivée est souterraine, il se présente deux cas :

1° Ou bien le poste est composé de cellules cloisonnées et grillagées renfermant tous les conducteurs à haute tension : dans ce cas, la boîte d'extrémité se place en bas et les sectionneurs immédiatement au-dessus.

2° Si, au contraire, le poste n'est pas cloisonné, on doit faire monter le câble armé jusqu'à une hauteur de 2 m. 50 environ et on boulonne la boîte d'extrémité à cette hauteur; les fils nus connectés aux brides de la boîte redescendent sur les sectionneurs qui sont alors boulonnés sur des ferrures disposées en avancement et à la même hauteur.

Dans les deux cas : arrivées souterraines ou arrivées aériennes, lorsque le poste est peu élevé, il est très commode de sceller les sectionneurs au plafond. Cette combinaison rend plus aisée la disposition des conducteurs et la manœuvre des couteaux est beaucoup plus facile.

Deux principes généraux sont à observer dans la disposition des sectionneurs :

1° Les couteaux doivent autant que possible s'articuler du côté opposé à l'arrivée du courant, c'est-à-dire que les couteaux une fois ouverts ne sont plus sous tension.

Dans le cas contraire, en effet, les couteaux ouverts constituent des parties saillantes sous tension qui peuvent être dangereuses.

2° Les couteaux ne doivent jamais s'ouvrir de bas en haut. En effet, si un jeu de sectionneurs s'ouvre de bas en haut, le poids des couteaux peut les faire retomber, renvoyant ainsi inopinément la tension sur les conducteurs qu'on avait voulu isoler.

Ces deux principes juxtaposés conduisent à formuler ce principe général qu'il serait à souhaiter de voir toujours observer :

Les sectionneurs doivent s'ouvrir de haut en bas et l'arrivée du courant doit se faire par les mâchoires supérieures.

Lorsque les sectionneurs sont multipolaires, c'est-à-dire que les trois couteaux se manœuvrent simultanément, on peut simplifier beaucoup le montage en les disposant horizontalement.

Les sectionneurs d'une même ligne doivent être séparés les uns des autres par une distance au moins égale à la distance entre conducteurs (intérieurs); il est bon d'augmenter sensiblement cette distance, afin de réduire les chances d'amorçage d'arc entre phases si les sectionneurs coupent accidentellement une certaine charge.

En outre, ils doivent être placés de telle façon qu'on puisse les manœuvrer à la perche sans risquer de toucher un conducteur sous tension, soit derrière, soit sur les côtés.

Voici d'ailleurs, exposées dans le tableau ci-contre, quelles sont ces distances entre conducteurs qu'on doit maintenir à l'intérieur des postes.

Les barres de connexions à haute tension sont de préférence en cuivre nu; un isolement qui peut toujours devenir défectueux, constituerait, en effet, une fausse sécurité pouvant causer des accidents; il causerait de plus un accroissement inutile du prix de l'installation.

Si le poste est à très haute tension, on emploie

TENSION ENTRE PHASES	DISTANCES MINIMA	
	Entre les surfaces les plus rapprochées de deux conducteurs.	Entre la surface d'un conducteur et la terre.
10.000 volts (et au dessous).	12	9
20.000 — —	16	14
40.000 — —	32	26
60.000 — —	48	44
80.000 — —	70	60
100.000 — —	100	80
150.000 — —	170	125

comme conducteurs des tubes creux afin, pour un même poids de cuivre, d'augmenter le diamètre extérieur; ceci pour réduire l'effet couronne (chap. V, 1°).

Les conducteurs sont portés sur leur trajet par des isolateurs des types décrits au chapitre V et appropriés à la tension. Ceux-ci sont soit scellés dans les parois ou les cloisons, soit boulonnés sur des ferrures.

Lorsque le poste est cloisonné, les conducteurs traversent ces cloisons soit à travers des lucarnes de dimensions suffisantes pour respecter les distances ci-dessus, soit de préférence dans des isolateurs de traversée.

Ces isolateurs qui constituent une grande sécurité sont cependant souvent rejetés pour les petits postes afin d'en diminuer le prix.

REMARQUE. — C'est après les sectionneurs d'entrée que sont connectés les appareils de protection : para-

foudres, limiteurs, condensateurs, etc., dont le montage sera examiné plus loin (2°).

Autres appareils. — Le montage des autres appareils dépend beaucoup de la disposition du poste et de son importance.

Nous distinguerons deux cas typiques :

1° Le cas de plus simple d'un poste de transformateur n'ayant qu'une arrivée à haute tension et un transformateur.

2° Le cas plus complexe d'un poste de transformation ou de sectionnement comportant plusieurs arrivées ou plusieurs départs à haute tension et plusieurs transformateurs.

PREMIER CAS. — C'est le cas le plus fréquent pour les postes de distribution.

On connecte après les sectionneurs et les protections, quelquefois un interrupteur dans l'huile, puis les coupe-circuits fusibles, les bobines de self et enfin le transformateur.

Les coupe-circuits doivent être placés de telle sorte que l'arc et la flamme conductrice produites par leur fonctionnement ne risquent pas d'atteindre un conducteur ou une partie métallique reliée à la terre. Il doit donc exister au-dessus d'eux une hauteur libre importante.

Les avis sont partagés sur la question de savoir si les bornes haute tension du transformateur doivent être tournées vers le fond de la cellule ou au contraire en avant. C'est la disposition particulière des lieux qui doit décider quelle est la solution à adopter.

Tous les appareils à basse tension sont montés sur un même tableau de marbre. Celui-ci portera donc en général, un interrupteur à coupe-circuits fusibles un ampèremètre, un voltmètre ou plus simplement une lampe de phase, une lampe de terre, un cardew et un parafoudre.

Les conducteurs reliant les bornes basse tension du transformateur à l'interrupteur doivent être soigneusement éloignés des conducteurs à haute tension. Ils doivent être en câble isolé à moins que le courant qui les traverse ne soit très intense (de l'ordre du millier d'ampères) auquel cas il est préférable de les constituer par des barres de cuivre plat, portées par de petits accordéons. Les câbles isolés suivent les cloisons ou bien passent dans le sol en caniveau recouvert de tôle striée ; ils sont portés par des poulies de porcelaine ou bien passent dans des tubes isolants en tôle plombée.

L'interrupteur à coupe-circuit doit être monté de façon que les fusibles soient du côté opposé à l'arrivée de courant (afin qu'on puisse les remplacer sans tension, l'interrupteur étant ouvert) et aussi de façon que les couteaux ne soient pas du côté de l'arrivée de courant.

Les fusibles basse tension doivent être très soigneusement calibrés, pour fondre à une intensité correspondant au maximum de surcharge admissible pour le transformateur. Pour cela, il est bon d'en essayer soi-même un échantillon pris au hasard ; cet essai peut se faire aisément au moyen d'un transformateur d'intensité qu'on alimente par le côté basse intensité ; le fusible à essayer est placé du côté forte intensité.

Les ampèremètres et voltmètres sont peu usités dans les petits postes de réseaux. D'ailleurs, un ampèremètre monté sur une seule phase ne donne que des indications insuffisantes ; trois seraient encombrants et onéreux. Il est préférable lorsqu'on veut se renseigner sur le débit d'un poste d'y brancher d'une façon intermittente un appareil enregistreur, successivement sur les trois phases. De même, on remplace souvent un voltmètre par une lampe dite

de phase. C'est une lampe qui, montée sur un commutateur, peut être mise en circuit entre le neutre et successivement chacune des phases dans les réseaux à 4 fils, entre les phases 1 et 2, 2 et 3, 3 et 1 sur les réseaux à 3 fils. Cette lampe permet de vérifier rapidement qu'il y a de la tension sur chacune des trois phases.

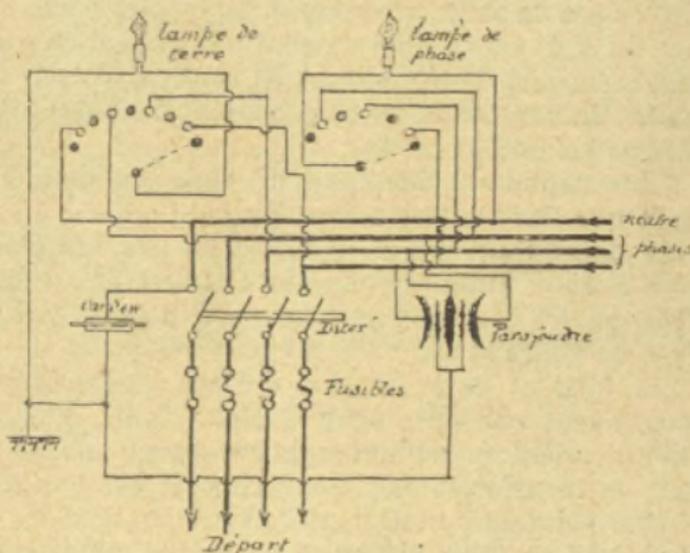


Fig. 95.

Une lampe dite *de terre* est branchée au moyen d'un commutateur entre chaque conducteur et un fil connecté à la plaque de terre. Nous avons vu précédemment (chap. VIII, 3^o) l'usage de cette lampe pour la recherche rapide des défauts par mise à la terre.

Nous avons vu également le rôle des parafoudres et des cardews (chap. VII, 2^o). Ceux-ci doivent se monter dans les distributions à neutre isolé entre neutre et terre; dans les réseaux à neutre à la terre, on peut les supprimer.

La figure 95 donne le schéma d'un tableau basse-tension pour réseau 4 fils à neutre isolé.

Il est avantageux de placer ce tableau dans une cellule entièrement séparée de la haute tension, ou bien d'y donner accès de l'extérieur, par une fenêtre, sans qu'il soit nécessaire d'entrer dans le poste.

REMARQUE. — Lorsque les postes sont de petite puissance (entre 10 et 20 kilowatts), il y a lieu de réduire au minimum l'appareillage. Pour l'entrée, on supprime les isolateurs de traversée; on supprimera également les parafoudres si la ligne n'est pas trop longue; il semble en effet qu'il n'y ait pas lieu de multiplier ces appareils sur une ligne de quelques kilomètres. De même on ne mettra pas d'interrupteur à huile, ni de fusibles sur la haute tension; car on peut couper le courant par les sectionneurs si l'on a soin de couper d'abord la basse tension; d'autre part, les fusibles ne peuvent pas être calibrés d'une manière satisfaisante pour un courant de l'ordre de un ampère et ne donnent par conséquent aucune sécurité. Dans ce cas, les fusibles basse tension doivent être calibrés d'une façon très précise.

Par contre, on doit conserver les bobines de self avant le transformateur afin de le protéger contre les ondes de surtension.

DEUXIÈME CAS. — Les postes principaux de transformateurs servant également de postes de sectionnement pour les lignes à haute tension, comportent plusieurs transformateurs et plusieurs arrivées ou départs de lignes; les postes de sectionnement proprement dits comportent aussi plusieurs arrivées ou départs.

Dans ce cas, on installe des barres collectrices destinées à recevoir les arrivées et les départs des lignes ainsi que les départs des transformateurs.

Si le poste est très important on emploie un double

jeu de barres bouclé aux deux bouts, les lignes sont connectées d'un côté, les transformateurs de l'autre. Chaque arrivée et chaque départ comportent sectionneurs, coupe-circuits, disjoncteurs. Le jeu de barres est protégé par des parafoudres à cornes, des limiteurs à rouleaux, des condensateurs ou des para-

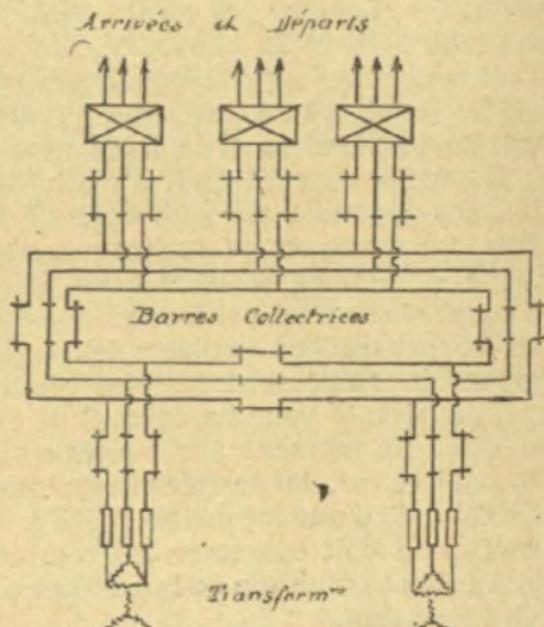


Fig. 96.

foudres électrolytiques. La figure 96 donne le schéma d'un poste de ce genre.

Départs des lignes à basse tension. — Les départs en basse tension ne présentent aucune particularité lorsqu'ils sont souterrains. Lorsqu'ils sont aériens, les fils traversent les murs dans des pipes; en général, les sorties aériennes sont identiques aux entrées de bâtiment décrites à propos des branchements (chap. VIII, 4°).

Lorsque les sorties des postes sont sur la voie publique elles doivent se faire à une hauteur d'au moins six mètres au-dessus du sol. Les kiosques en tôle sont toujours munis d'un lanterneau facilitant cette sortie élevée.

2^o Montage des appareils de protection.

1^o **Parafoudres à cornes.** — Les parafoudres à cornes, par suite de la manière même dont ils fonctionnent, nécessitent un espace libre assez considérable au-dessus d'eux et entre eux afin d'éviter des amorçages d'arc avec les parois ou les parafoudres voisins.

Lorsque le poste est à 2 étages, on loge les parafoudres à l'étage supérieur.

Voici les distances entre parafoudres d'une même ligne et les hauteurs libres à conserver pour les différentes tensions.

Tension entre phases.	Distance entre parafoudres.	Hauteur libre au-dessus des cornes.
10.000	100	140
20.000	130	160
30.000	150	200
40.000	170	220
50.000	200	240
60.000	220	280
80.000	260	320
110.000	300	360
150.000	350	450

S'il s'agit d'un poste avec ligne aérienne, on devra monter les parafoudres suivant le schéma de la figure 97.

La distance entre cornes et la valeur de la résistance liquide sont données par les tableaux suivants :

1° Neutre à la terre.

Tension de ligne en volts.	Distance des cornes en millimètres.	Résistance liquide, en ohms.
4.400	3	450
7.000	5	900
13.000	7	1.900
22.000	14	3.200

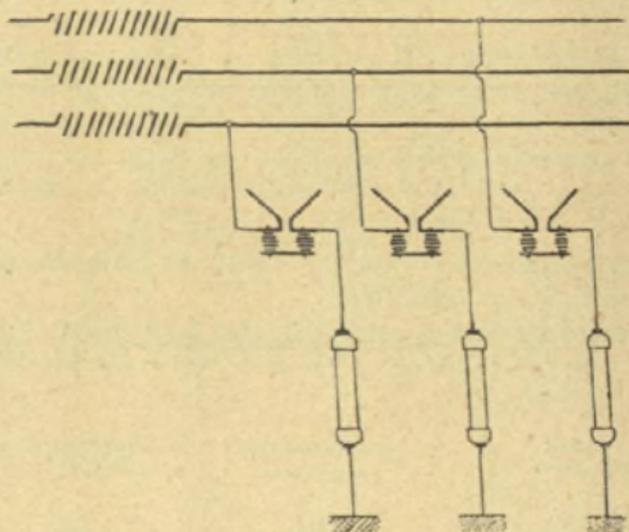


Fig. 97.

2° Neutre isolé.

Tension de ligne en volts.	Distance des cornes en millimètres.	Résistance liquide, en ohms.
4.400	3	750
7.000	6	1.550
13.000	13	3.250
22.000	35	5.500

S'il s'agit d'un poste de coupure reliant une ligne souterraine à une ligne aérienne, le schéma est celui de la figure 98.

Les distances explosives et les résistances auront des valeurs voisines des précédentes.

S'il s'agit d'un poste n'ayant que des arrivées souterraines, le montage est celui de la figure 99 jusqu'à 13.000 volts et celui de la figure 100 au-dessus de 13.000 volts.

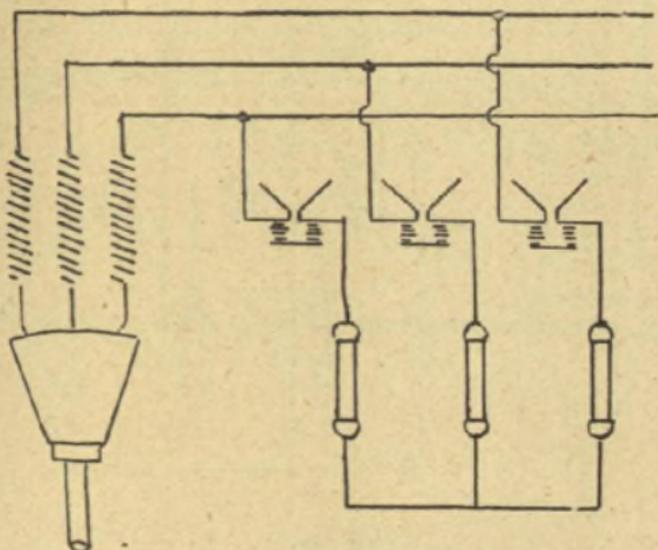


Fig. 98.

REMPLISSAGE DES RÉSISTANCES LIQUIDES. — Nous avons indiqué plus haut quelques chiffres à adopter comme valeur des résistances liquides. Voici comment on doit s'y prendre pour les ajuster à cette valeur.

Mesure. — Tout d'abord il faut disposer d'un matériel de mesure des résistances, soit un pont de Wheatstone, soit un ampèremètre et un voltmètre ; dans ce dernier cas, l'ampèremètre doit être susceptible de mesurer des courants très faibles (milliampèremètre).

La mesure doit toujours se faire en courant alternatif, sinon le résultat est faussé par les effets d'électrolyse.

On branche alors la résistance à mesurer sur la basse tension dont on dispose (par exemple, 220 volts)

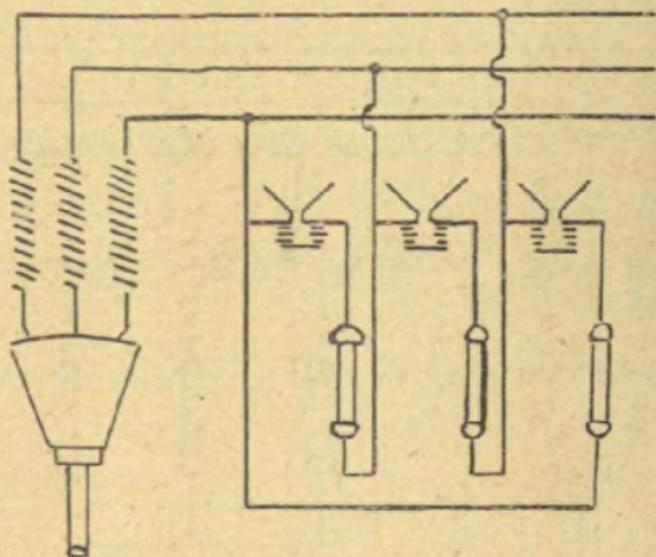


Fig. 99.

avec le milliampèremètre en série, puis on branche le voltmètre aux bornes de la résistance.

Supposons que celle-ci doive avoir une valeur de 6.000 ohms, le courant qui devra passer sera — le voltmètre marquant 220 volts —

$$\frac{6.000}{220} = 0,035 \text{ ampères.}$$

ou 35 milliampères.

On ajuste donc la résistance comme nous allons l'expliquer jusqu'à ce que le milliampèremètre indique cette valeur.

Liquide. — Pour cela, on commence par faire un mélange à poids égaux de glycérine et d'eau (s'il n'y a que peu ou pas de risques de gelée, on diminue ou on supprime la quantité de glycérine) et on en remplit le tube de grès.

On ajoute ensuite 1 centigramme par litre de bichlorure de mercure à ce mélange ; puis on pré-

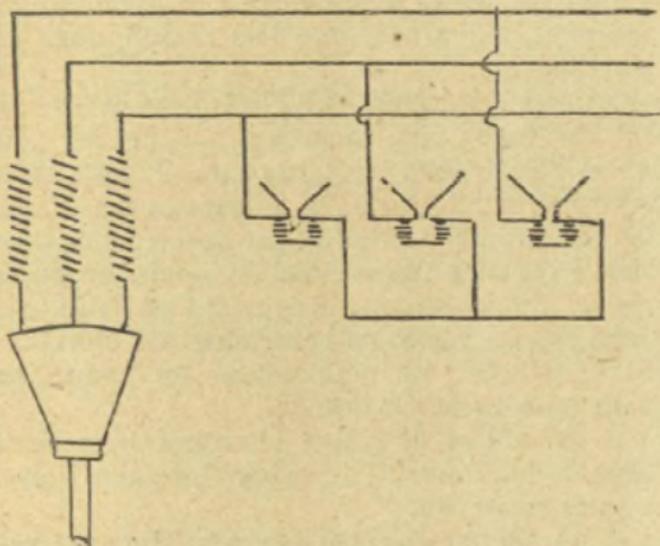


Fig. 100.

pare à part une solution concentrée de bicarbonate de soude. On met alors la résistance en circuit comme il est dit plus haut et on ajoute goutte à goutte le bicarbonate de soude jusqu'à ce que l'ampèremètre indique la valeur désirée.

Enfin il ne reste plus qu'à verser une légère couche d'huile pour éviter l'évaporation.

On monte le chapeau avec l'électrode qui plonge dans le liquide ; on met le tube en place et on connecte au fil de terre et au parafoudre.

2° **Parafoudres électrolytiques.** — Les cônes, qui sont fournis montés, sont déballés et époussetés soigneusement au moyen d'un jet d'air chaud ; en les manipulant, il faut les tenir par le bord et éviter de toucher les pellicules.

Lorsque l'installation est près d'être terminée, et *quelques heures au plus* avant la mise en service, on remplit les cônes d'électrolyte ; le parafoudre ne peut en effet, séjourner, une fois rempli, sans être mis sous tension.

PRÉCAUTIONS A PRENDRE. — L'électrolyte et les cônes doivent être tenus bien propres et à l'abri des poussières ; si l'électrolyte n'est pas pur, il peut en résulter de graves détériorations au parafoudre : l'impureté de l'électrolyte se traduit par la formation d'arcs excessifs à l'éclateur au moment de la mise en charge.

Dans les manipulations, il convient de faire usage de récipients en verre, en porcelaine, en aluminium ou en caoutchouc ; on nettoie tous les instruments avant de faire passer le liquide.

Si l'on est obligé de laisser les cônes hors circuit on a soin de les couvrir ; de même, les cuves doivent être tenues couvertes.

Les cônes ne doivent être que partiellement remplis de liquide ; la quantité à employer est de 1/8 de litre environ.

Le chargement est fait sous une légère pression en plaçant le récipient contenant le liquide au-dessus de la colonne de cônes. On opère avec un siphon de caoutchouc terminé par un bout de tube en verre et serré par une pince permettant de régler l'écoulement.

Il faut veiller à ce que la quantité de liquide soit la même dans chaque cône pour que la chute de tension se répartisse également sur les divers éléments ; on doit avoir soin aussi de remplir réguliè-

rement tous les cônes et de n'en remplir aucun deux fois; l'ouvrier chargé de cette opération procédera donc avec beaucoup de méthode.

Il prendra garde de ne pas mouiller les pièces en bois ou en fibre du parafoudre et d'introduire à fond, le tube de remplissage en le poussant à égale distance des tiges de support.

ESSAI. — Lorsque la colonne est prête, il est bon de soumettre chaque élément à un essai, afin de s'assurer que le remplissage a été convenablement effectué et de donner aux éléments une charge préliminaire.

L'essai est fait en reliant successivement chaque élément à une canalisation à courant alternatif sous 250 à 300 volts, en série avec un groupe de lampes à incandescence.

On emploie un nombre de lampes tel que l'intensité qui y passerait sans le parafoudre ne dépasse pas 2 ampères.

CHARGE. — Le parafoudre étant mis en charge dans ces conditions, il se produit pendant quelques instants une intensité assez forte qui fait briller les lampes; on la maintient, tout en veillant à ce que le parafoudre ne s'échauffe pas; peu à peu l'intensité diminue et les lampes finissent par s'éteindre; la charge est alors pratiquement terminée.

Si, dès la fermeture du circuit, les lampes restent éteintes, c'est ou bien que la pellicule est dissoute, ou bien que le cône n'est pas rempli; dans ce dernier cas, on n'observera pas, au moment de la fermeture, l'étincelle qui se produit lorsque l'élément est en état de marche.

Lorsqu'on ne dispose que de courant à 500 volts, il faut charger 2 éléments à la fois.

Lorsque le courant dont on dispose est à 125 volts, l'essai permet de reconnaître si l'élément est rempli

ou non, mais la charge est incomplète et il faut prendre de grandes précautions au moment de la mise en circuit. L'essai et la charge demandent habituellement une dizaine de secondes.

MISE EN PLACE. — Lorsque les éléments sont chargés et formés, on les empile et on les introduit dans la cuve en veillant à ce qu'il y ait un bon contact entre la colonne et le fond.

Les éléments étant en place, on remplit la cuve d'huile. Cette opération doit être effectuée avec précaution ; l'électrolyte n'est que légèrement plus dense que l'huile de sorte que si on envoyait le jet d'huile de côté sur la colonne, il pourrait rejeter l'électrolyte ; pour éviter cet inconvénient, on opère de préférence en siphonnant ou en pompant l'huile dans la cuve, ou bien en la versant lentement et attentivement.

Il est impossible de formuler des règles générales au sujet de l'écartement à fixer entre les cornes ; on peut se servir comme indication, des chiffres donnés par les constructeurs ; en pratique on choisit un écartement moyen et on observe pendant quelques semaines le fonctionnement du parafoudre en corrigeant l'écartement s'il est trop fort ou trop faible.

MISE EN LIGNE. — La mise en ligne de l'appareil demande certaines précautions. Si les éléments ont subi une formation convenable et si la mise en ligne s'effectue quelques heures seulement après cette formation, le courant n'est pas dangereux et l'on peut opérer en mettant l'éclateur en court-circuit pour former l'élément. Si la formation n'a pas été complète ou si on a attendu trop longtemps depuis la formation, on doit procéder par étapes en soumettant d'abord l'appareil à la moitié de la tension, puis aux trois quarts, puis à la totalité ; chaque fois, on ferme et on ouvre rapidement le circuit à plusieurs reprises

en laissant apparaître un arc à l'éclateur. Le courant de charge qui se produit alors peut être très intense (arcs crépitants blancs, tenant jusqu'au milieu des cornes).

Normalement, la décharge est bleuâtre et ne s'élève que très peu sur les cornes.

Pour entretenir la pellicule, on doit soumettre journallement le parafoudre à une opération de charge qui s'effectue comme suit :

1° *Neutre à la terre.* — On ferme momentanément les éclateurs et on les rouvre immédiatement après; s'il se produit un arc épanoui, on renouvelle cette opération à intervalles de 3 minutes; aussitôt que la charge momentanée cesse de donner un arc épanoui, on ferme les éclateurs et on les maintient fermés pendant 5 secondes.

2° *Neutre isolé.* — On opère comme ci-dessus; mais en outre, les éclateurs se trouvant dans la position normale, on manœuvre le commutateur de manière à interchanger les liaisons et à relier à la ligne la colonne de cônes de mise à la terre.

On renouvelle la première opération afin de recharger cette colonne.

Lorsqu'on met un parafoudre en service pour la première fois ou lorsqu'il s'agit d'un appareil qui a chômé quelque temps, il est bon de recharger l'appareil 7 ou 8 fois le premier jour, et 2 ou 3 fois les jours suivants pendant une semaine; après quoi, la charge journalière suffit à entretenir la pellicule. La charge doit toujours durer 5 secondes au moins; il est bon de la faire à l'heure où la tension est le plus élevé.

Si le parafoudre est dans un local où il fait chaud, il faut refaire la charge 2 fois par jour.

MISE HORS SERVICE. — Lorsqu'un parafoudre doit rester un certain temps hors service, il faut retirer

les cônes de la cuve et vider l'huile et l'électrolyte; sans quoi, la pellicule est détruite.

Si l'on est amené à démonter une colonne, on lave les cônes dans l'huile ou la gasoline. Il faut rejeter tout cône présentant des piqûres; puis filtrer l'huile.

On doit remplacer l'électrolyte lorsque le courant de charge augmente, même en rapprochant les charges. Normalement, l'électrolyte doit durer 3 à 4 ans.

Autres appareils. — Le montage des autres appareils de protection : limiteurs à rouleaux ou hydrauliques, condensateurs, etc., ne présente aucune difficulté spéciale.

Notons pour finir que tous les appareils de protection doivent être précédés de sectionneurs permettant de les remplacer, de les régler et de les nettoyer.

Les condensateurs doivent être précédés en outre par des fusibles.

Appareils de mesure; montage. — Le montage des appareils de mesure dans les postes à haute tension présente un certain nombre de difficultés spéciales qu'il est nécessaire d'indiquer ici.

Actuellement, on ne rencontre qu'exceptionnellement des appareils de mesure industriels branchés directement sur les conducteurs à haute tension et encore n'est-ce que pour des tensions inférieures à 3.000 volts.

Tous les appareils de mesure pour circuits à haute tension sont alimentés indirectement par des transformateurs dits de mesure.

La mise en place de ces transformateurs dépend essentiellement de leur forme. Certains sont destinés à être montés sur des tableaux de marbre, et dans ce cas, leur montage est tout indiqué. Le plus souvent, ils sont munis d'oreilles permettant de les fixer par

des boulons : on les monte alors sur des cornières faisant partie de la charpente métallique des cellules, en ayant soin de respecter les distances minima entre les bornes du primaire et les parois (voir 1^o).

Les transformateurs d'intensité sont quelquefois constitués par une seule bobine formant secondaire, le primaire étant simplement constitué par la barre collectrice ou le conducteur traversant la bobine dans une gaine isolante.

Les transformateurs de potentiel sont le plus souvent à bain d'huile. On les dispose sur des chaises appropriées ou bien on les place sur le sol. Ils sont branchés en dérivation sur la ligne au moyen de conducteurs de faible diamètre, assez gros seulement pour assurer leur rigidité et éviter les effluves si la tension est élevée.

Les transformateurs d'intensité dont le primaire est parcouru par le courant d'utilisation lui-même ne peuvent être protégés par des fusibles. Il suffit de les choisir pour l'intensité maximum qui pourra les traverser.

Au contraire, les transformateurs de tension doivent toujours être protégés par des fusibles à haute tension (fil d'argent de quelques centièmes de millimètre de diamètre dans un tube de verre, d'amiante ou dans une cartouche de talc).

Les secondaires des transformateurs de tension et d'intensité sont susceptibles, vu leur voisinage avec la haute tension, de prendre des tensions élevées par rapport à la terre, soit par contact accidentel, soit par effluves, soit par induction. Il en résulte soit la destruction des appareils qui y sont branchés, soit danger de mort pour l'agent qui manipule ces appareils. L'intérêt de ces transformateurs serait alors considérablement réduit.

C'est pourquoi on doit obligatoirement relier à la

terre une des bornes de chaque transformateur ainsi que sa masse métallique. Pour cela on se sert d'un fil de cuivre nu, d'un diamètre suffisant, serré dans une des bornes, pris ensuite sous un écrou quelconque de la carcasse métallique (lorsqu'il n'en existe pas un spécialement prévu) et relié au fil de terre général conduisant à la plaque de terre.

Enfin les secondaires des transformateurs de

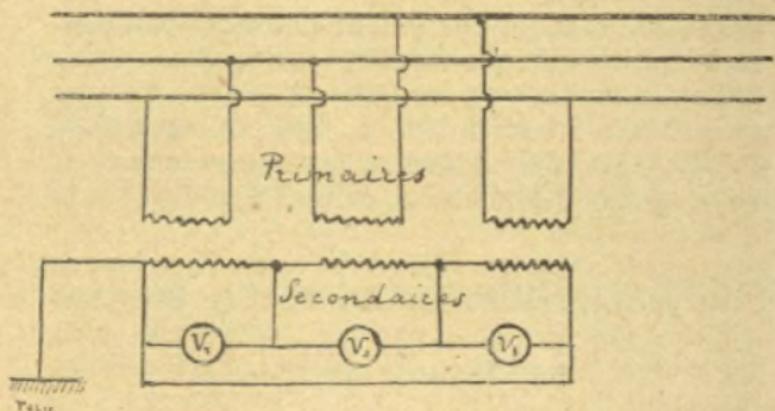


Fig. 101.

potentiel doivent être protégés par des fusibles situés le plus près possible des transformateurs. On évite ainsi en cas de court-circuit dans les circuits secondaires la fusion des fusibles sur la haute tension, celle-ci ne se produisant plus qu'en cas d'avarie aux transformateurs eux-mêmes.

Les appareils les plus fréquemment employés dans les postes sont : les voltmètres, les ampèremètres, les wattmètres, phasemètres et compteurs.

VOLTMÈTRES. -- Le montage des voltmètres sur transformateurs est évident lorsqu'il s'agit d'une ligne monophasée ou d'un voltmètre branché sur une seule phase d'un circuit polyphasé.

Lorsqu'il s'agit de connaître la tension sur les trois phases d'un réseau triphasé, on peut adopter l'une des trois solutions suivantes :

1° Emploi d'un seul transformateur triphasé, bobiné en étoile — étoile ou en triangle — triangle.

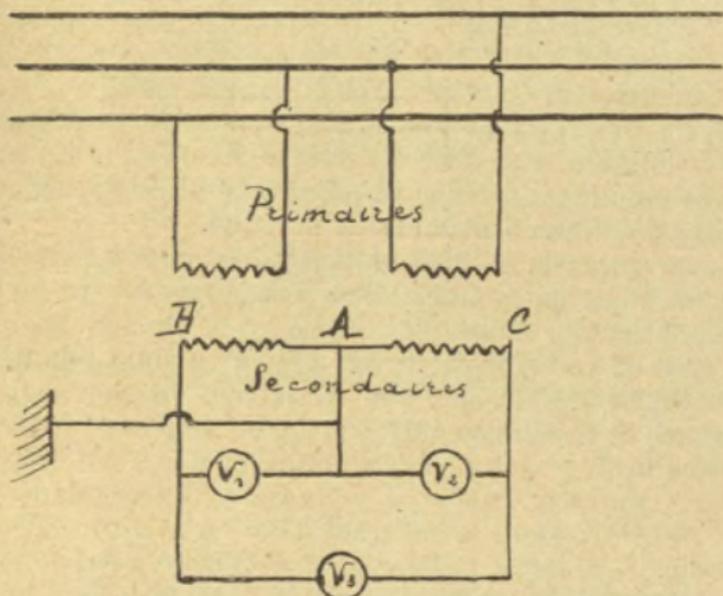


Fig. 102.

2° Emploi de trois transformateur de tension monophasés montés en triangle (fig. 101).

3° Emploi de deux transformateurs monophasés en V (fig. 102). Ce montage dérive du précédent en supprimant le troisième transformateur. Il faut bien observer avec ce montage que pour avoir la troisième tension entre les bornes B et C, il est absolument nécessaire que les deux transformateurs soient bobinés dans le même sens, c'est-à-dire que le sens relatif des enroulements primaire et secondaire soit le

même pour les deux, sinon la vraie valeur est multipliée par $\sqrt{3}$, soit 1,73. (Dans ce montage, c'est la borne commune qui est reliée à la terre).

D'une manière générale signalons, que tous les transformateurs de potentiel destinés à alimenter des voltmètres de couplage doivent être de construction identique sans quoi ils introduisent des erreurs de tension et surtout de phases pouvant provoquer des manœuvres intempestives et dangereuses.

Il est bien évident que si l'on veut n'avoir qu'un seul voltmètre pour les trois phases, il suffit d'utiliser un commutateur de type usuel, monté sur les secondaires des transformateurs de potentiel.

AMPÈREMÈTRES. — Rien de particulier n'est à signaler au sujet du montage d'un ampèremètre sur un transformateur d'intensité. Signalons seulement que ce type de transformateur est destiné à fonctionner en court-circuit sur une résistance négligeable (comme la résistance intérieure d'un ampèremètre). Par suite si, pour une raison ou pour une autre, on veut supprimer l'appareil de mesure, le secondaire du transformateur de courant devra être fermé sur lui-même. Si cette précaution n'est pas observée, la tension aux bornes du secondaire peut s'élever de façon notable lorsque l'intensité dans le primaire est importante.

WATTMÈTRES ET COMPTEURS. — Ces deux genres d'appareils présentent une grande analogie au point de vue du montage. Ils comprennent en effet les uns et les autres :

1° Des enroulements dits série, alimentés par des transformateurs d'intensité.

2° Des enroulements à fil fin alimentés par des transformateurs de tension.

Ces deux sortes d'enroulements ne doivent jamais avoir un point électriquement commun.

Le montage de ces appareils ne présente aucune particularité lorsqu'il s'agit de wattmètres ou de compteurs monophasés. Il suffit alors de faire les connexions de telle sorte que l'appareil marque à l'endroit (s'il s'agit d'un wattmètre) ou tourne dans le bon sens (s'il s'agit d'un compteur).

Il n'en est pas de même pour les appareils polyphasés, c'est-à-dire généralement, triphasés.

Le constructeur fournit alors un schéma de montage de l'appareil, ses bornes et celles des transformateurs étant soigneusement repérées.

Nous n'entrerons pas ici dans le détail de ces montages qui sont du ressort de l'étude des appareils de mesure et sortent de notre sujet.

De même le montage des phasemètres dépend essentiellement du genre de ces appareils et il est impossible de poser des règles générales à ce sujet.

MONTAGE DE PLUSIEURS APPAREILS SUR LES MÊMES TRANSFORMATEURS DE MESURE. — En principe, chaque appareil doit être alimenté par un jeu spécial de transformateurs.

En particulier, les compteurs, qui sont des appareils de qui on doit attendre une grande exactitude doivent être montés sur des transformateurs spécialement construits pour eux.

Pour les appareils de tableau qui ne servent qu'à donner des indications et non à fournir des mesures de précision, on a l'habitude, par mesure d'économie, et souvent faute de place, d'employer un seul transformateur de mesure pour plusieurs appareils. On doit dans ce cas se conformer aux règles suivantes qui, pour être évidentes, n'en sont pas moins souvent oubliées :

1° Les ampèremètres et les bobines-série des wattmètres sont montés *en série* sur les transformateurs d'intensité.

2° Les voltmètres et les bobines à fil fin des wattmètres sont branchés *en parallèle* aux bornes des transformateurs de tension.

En tous cas, il faut toujours limiter à un très petit nombre les appareils à monter sur transformateurs communs, car on arrive rapidement à des erreurs considérables du fait :

1° Sur les transformateurs de tension, de la chute de tension résultant d'un débit exagéré (à ce point de vue, signalons qu'on ne doit jamais brancher une lampe témoin sur un transformateur de tension).

2° Sur les transformateurs d'intensité, de la variation du rapport de transformation avec la résistance du circuit secondaire (à ce point de vue, éviter l'emploi de conducteurs de trop faible section sur ces circuits).

RÉALISATION DES CIRCUITS SECONDAIRES. — Les conducteurs constituant les circuits secondaires alimentant les appareils de mesure doivent être facilement accessibles afin de pouvoir les suivre en cas de dérangement. Dans le cas de montages compliqués, il est bon d'employer des fils de couleurs différentes afin de pouvoir les reconnaître aisément.

Si l'on veut monter ces conducteurs dans des tubes, il est évidemment préférable d'employer un tube par fil. Si on ne peut pas le faire, il faut au moins éviter de faire passer dans le même tube des fils présentant entre eux des tensions élevées (de l'ordre de 100 volts).

La pratique qui doit être préférée, c'est de monter tous ces conducteurs sur poulies; de cette façon, ils sont toujours accessibles et un dérangement est immédiatement découvert.

3° *Entretien des transformateurs.*

Huile. — Les transformateurs dans l'huile exigent un entretien sérieux. L'huile doit en être fréquemment filtrée dans des filtres à huile, et séchée. Pour ce faire on utilise des cuves de tôle de grand diamètre et de faible hauteur dans lesquelles l'huile est chauffée.

Si l'huile est sèche, elle doit chauffer sans bruit ; si elle contient de l'humidité, elle crépite plus ou moins violemment suivant sa teneur en eau. Il est prudent, pour ne pas modifier la composition de l'huile, de ne pas la chauffer à une température supérieure à 90°.

Lorsque les transformateurs ont été sortis de leur huile et exposés assez longtemps à l'air, il faut sécher les enroulements pour en chasser l'humidité avant de le remettre en service. Les constructeurs disposent pour cela de grandes cuves spéciales dans lesquelles on fait le vide et qui sont chauffées par circulation d'huile chaude.

Mais voici comment on peut effectuer un assez bon séchage avec des moyens de fortune :

On met en court-circuit les bornes basse tension (les trois phases seulement pour les transformateurs en étoile), en utilisant des conducteurs d'une section suffisante pour supporter le courant de pleine charge du transformateur.

Puis on alimente les enroulements *haute tension* à un voltage voisin du voltage normal de la *basse tension*. On obtient alors un courant généralement inférieur au courant de pleine charge (on peut le régler à cette valeur en montant peu à peu la tension, si l'on dispose d'une source à tension variable ; on placera alors un ampèremètre sur une des phases de la basse tension).

On laisse passer ce courant pendant quelques heures puis on plonge le transformateur dans sa cuve.

Bornes. — Les bornes en porcelaine des transformateurs doivent être surveillées de près, car elles sont une source d'avaries fréquentes.

Vérifier que les porcelaines sont intactes et bien scellées; sinon, les remplacer ou les resceller, par exemple avec un des mastics à la litharge indiqués au chapitre VIII (2^o).

Claquages. — Une autre source d'avaries des transformateurs réside dans les surtensions de mise en circuit.

La mise en circuit d'un transformateur produit en effet un appel brusque de courant qui peut atteindre plusieurs fois le courant de pleine charge. On observe ainsi souvent des bobines grillées, le plus souvent la galette d'entrée d'une ou plusieurs phases.

Ces galettes, dites bobines de choc, bien que généralement d'un isolement extrêmement renforcé, sont en effet les plus vulnérables, et c'est de leur côté, qu'il faut tout d'abord chercher l'origine des claquages.

Dès qu'un défaut sérieux est reconnu on doit faire réparer le transformateur par le constructeur lui-même et non pas tenter des réparations de fortune. On serait ainsi conduit à de continuelles déboires; le seul fait de ne pas pouvoir effectuer un séchage dans le vide montre que l'exploitant ne doit pas chercher à se substituer dans cette voie au constructeur.

TABLE DES MATIÈRES

DISTRIBUTION. -- RÈGLEMENTS

CHAPITRE PREMIER. — Différents genres de distribution	1
1 ^o Généralités	1
2 ^o Distributions directes et indirectes, haute et basse tension, 1 ^{re} et 2 ^e catégories	8
CHAPITRE II. — Distribution directe.	11
1 ^o Courant continu et courant alternatif.	11
2 ^o Courant continu, réseaux à 2, 3, 5 fils.	13
CHAPITRE III. — Distribution indirecte	21
1 ^o Courant alternatif monophasé et diphasé.	21
2 ^o Courant alternatif triphasé.	22
3 ^o Courant alternatif haute tension.	26
4 ^o Postes de transformation. — Sous-stations.	29
CHAPITRE IV. — Règlements relatifs à la construction des réseaux d'énergie.	35
<i>Règlements.</i>	35
I. — Lois et arrêtés.	35
II. — Organisation administrative des réseaux de distribution	44

MATÉRIEL ET APPAREILLAGE

CHAPITRE PREMIER. — Lignes aériennes	45
1° Conducteurs	45
2° Isolateurs	50
3° Ferrures d'isolateurs.	67
4° Supports.	72
Poteaux, 73. — Consoles et Potelets, 86. —	
Pylônes pour lignes à haute tension, 88.	
— Pylônes en béton armé, 91. — Lignes	
caténaïres.	92
5° Appareils de coupure des lignes à haute tension	94
6° Essais des isolateurs	100
CHAPITRE II. — Canalisations souterraines	107
1° Câbles armés.	107
2° Boîtes et accessoires.	124
CHAPITRE III. — Postes de transformation et section-	
nement.	142
Généralités	143
1° Appareils de coupure.	145
2° Appareils de protection et appareils de mesure.	155
3° Transformateurs	167

MONTAGE ET ENTRETIEN

CHAPITRE PREMIER. — Montage et entretien des	
lignes aériennes	172
1° Montage des supports.	172
2° Montage et remplacement des isolateurs.	184
3° Montage des fils et des câbles.	191
4° Branchements d'abonnés	209

CHAPITRE II. — Montage et entretien des canalisations souterraines.	222
1° Pose et entretien des câbles armés	222
2° Exécution des boîtes souterraines et branchements d'abonnés	233
Boîtes d'extrémité et boîtes aériennes, 238.	
— Boîtes de coupure et coffrets d'abonnés.	240
CHAPITRE III. — Montage et entretien des postes.	244
1° Entrées de postes, appareils de coupure et de contrôle	244
2° Montage des appareils de protection.	255
3° Entretien des transformateurs.	271

Librairie J.-B. Baillière & Fils, 19, Rue Hautefeuille, à Paris

Précis de Chimie Industrielle

Par **Pierre CARRÉ**

Docteur ès sciences,
Professeur à l'École des Hautes Études commerciales.

3^e édition, 1920, 2 vol. in-8 de 1.009 pages, avec 220 figures. 30 fr.

PRÉCIS D'ÉLECTRICITÉ et de Physique Industrielles

Par **PÉCHEUX**

Sous-directeur de l'École des Arts et Métiers de Lille.

2^e édition, 1922, 1 vol. in-18 de 550 pages, avec 396 figures. 45 fr.

COURS DE MARCHANDISES

TECHNOLOGIE A L'USAGE DE L'ENSEIGNEMENT COMMERCIAL

Par **A.-L. GIRARD**

Directeur de l'École pratique d'industrie de Narbonne.

4^e édition, 1920, 1 vol. in-16 de 422 pages, avec 282 figures. 40 fr.

LA PRATIQUE des Essais Commerciaux et Industriels

Par **G. HALPHEN, QUILLARD et PARIS**

5^e édition, 1921, 2 vol. in-16 de 762 pages, avec 136 figures. 20 fr.

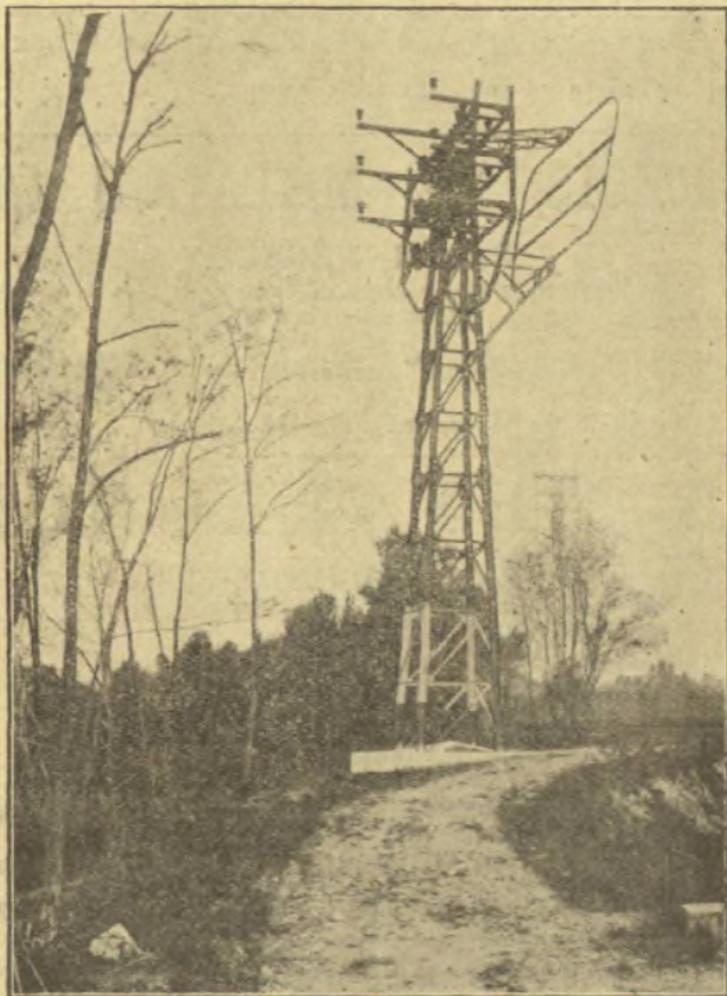
Ajouter 10 p. 100 pour port et frais d'emballage.

La Librairie J.-B. BAILLIÈRE et Fils envoie franco, sur demande, sa
Bibliographie spéciale d'ouvrages industriels.

ÉTABLISSEMENTS
BOUCHAYER & VIALLET

155, Cours Berriat, GRENOBLE

PYLONES DE TOUS GENRES



Librairie J.-B. Baillière & Fils, 19, Rue Hautefeuille, à Paris

TRAITÉ DE MANIPULATIONS

et de

Mesures électriques et magnétiques

Par H. PÉCHEUX

Sous-directeur de l'École Nationale d'Arts et Métiers de Lille.

1907, 1 vol. in-16 de 536 pages avec 189 figures 40 fr.

PRÉCIS DE MÉTALLURGIE

Par H. PÉCHEUX

Sous-directeur de l'École Nationale d'Arts et Métiers de Lille,
Lauréat de l'Institut.

3^e Édition.

1915, 1 vol. in-18 de 484 pages, avec 138 figures. 40 fr.

LA MÉTALLURGIE

Par E. D'HUBERT

Professeur à l'École supérieure de Commerce de Paris.

1 vol. in-16 de 400 pages, avec figures. 40 fr.

Séparément :

1. — Les Minerais, les Métaux, les Alliages.
2. — Les Fers, Fontes et Aciers.
3. — Les Métaux usuels (cuivre, zinc, étain, plomb, nickel, aluminium).
4. — Les Métaux précieux (mercure, argent, or, platine).

4 vol. in-16 de 100 pages, avec figures. Chaque. 2 fr. 50

Ajouter 10 p. 100 pour port et frais d'emballage.

La Librairie J.-B. BAILLIÈRE et Fils envoie franco, sur demande, sa
Bibliographie spéciale d'ouvrages industriels.

Librairie J.-B. Baillière & Fils, 19, Rue Hautefeuille, à Paris

LES MOTEURS

Par L. LETOMBE

Nouvelle édition par M. LACOIN

Professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures.

1920, 1 vol. in-16 de 428 pages, avec 135 figures. 15 fr.

LA MACHINE A VAPEUR

Par A. WITZ

Doyen honoraire de la Faculté libre des Sciences de Lille,
Correspondant de l'Institut.

3^e Édition.

1913, 1 vol. in-16 de 432 pages, avec 144 figures. 10 fr.

LES GAZOGÈNES

et

L'ÉCONOMIE DE COMBUSTIBLE

Par A. WITZ

Correspondant de l'Institut.

1921, 1 vol. in-16 de 384 pages, avec 100 figures. 15 fr.

Ajouter 10 p. 100 pour port et frais d'emballage.

*La Librairie J.-B. BAILLIÈRE et Fils envoie franco, sur demande, sa
Bibliographie spéciale d'ouvrages industriels.*

Librairie J.-B. Baillière & Fils, 19, Rue Hautefeuille, à Paris

Dictionnaire de l'Industrie

Matières premières. - Machines et Appareils. - Méthodes de Fabrication. Procédés Mécaniques. - Opérations chimiques. - Produits manufacturés.

Par **Julien LEFÈVRE**

Agrégé des Sciences Physiques,
Professeur au Lycée et à l'École des Sciences de Nantes.

1899, 1 vol. gr. in-8 de 924 pages à 2 colonnes, avec 817 figures.
Broché 30 fr.
Relié 45 fr.

Dictionnaire d'Électricité

comprenant les Applications aux Sciences, aux Arts et à l'Industrie.

Par **Julien LEFÈVRE**

Introduction par **M. BOUTY**
Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

2^e édition, 1896, 1 vol. gr. in-8 de 1.160 pages à 2 colonnes, avec
1.285 figures. Broché. 30 fr.
Relié 45 fr.

Hydraulique Générale et Appliquée

Par **D. EYDOUX**

Professeur à l'École Nationale des Ponts et Chaussées.

1921, 1 vol. in-8 de 510 pages, avec 212 fig. Broché 40 fr.
Relié 50 fr.

Hydraulique Industrielle et Usines Hydrauliques

Par **D. EYDOUX**

Professeur à l'École Nationale des Ponts et Chaussées.

1921, 1 vol. in-8 de 540 pages, avec 312 figures. Broché. . . 40 fr.
Relié 50 fr.

Ajouter 10 p. 100 pour port et frais d'emballage.

La Librairie J.-B. BAILLIÈRE et Fils envoie franco, sur demande, sa
Bibliographie spéciale d'ouvrages industriels.

BIBLIOTHÈQUE PROFESSIONNELLE

LIBRAIRIE

J.-B. BAILLIÈRE et FILS

19, rue Hautefeuille

PARIS

1922

Bibliothèque Professionnelle

Publiée sous la direction de M. RENÉ DHOMMÉE

INSPECTEUR GÉNÉRAL ADJ^t 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^o 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-maîtres, 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 vieilliss 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^é 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, CORCHOD, 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 Ecoles prof. de Chartres, de Maribande 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. — ANGE, 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.
Épicerie.*

*Industrie et comptabilité hôteliers.
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.
Madelage, plafond, stuc.*

*Pavage, carrelage, mosaïque.
Peinture en bâtim., vitrerie, pap. peints.
Travaux publics (2 vol.).
Peinture en décors, flags, lettres.
Plomberie, installations hygiéniques,
zinguerie, couvertures.
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.
Passenterie, 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 et plumes.
Mercerie.
Pellaterie, fourrures.*

IV. — MANUELS DES INDUSTRIES D'ART

*Bijouterie, joaillerie, orfèvrerie.
Boutonnerie, peignes.
Bronzes d'art.
Dessin d'ornement, composition décorative.
Dessin industriel.
Décoration du cuir, peinture sur étoffes.*

*Pyrogravure, enluminure. Peinture au
pochoir, Cuières et étain repoussés.
Gravure, ciselure, décor. des métaux.
Lutherie, pianos, orgues, accord.
Lunetterie, instruments d'optique.
Jouets.*

BIBLIOTHÈQUE PROFESSIONNELLE

V. — MANUELS DES INDUSTRIES DU PAPIER ET DU LIVRE

<p><i>Cartonnage.</i> <i>Commiss 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, charbon, peint. voil.</i> <i>t. bûnerie, dorure, laque, marqueterie.</i> <i>Industrie du liège.</i></p>	<p><i>Moufures. Encadrements.</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, CERAMIQUE, etc.

<p><i>Porcelaine. Briques, tuiles, produits réfractaires. Poteries (3 vol.)</i> <i>Couleurs et vernis.</i> <i>Encres, cirages, colles.</i> <i>Parfumerie, herbolarie.</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 verre.</i> <i>Poudres et explosifs.</i></p>
---	---

VIII. — MANUELS DES CUIRS ET PEAUX, DU CAOUTCHOUC

<p><i>Bourellerie, sellerie.</i> <i>Caoutchouc, gutta-percha, gomme factice.</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) conduite, 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>Instrument de chirurgie, orthopédis.</i> <i>Mécanisme frigorifique.</i> <i>Mécanique et tournage de précision.</i></p>
---	--

X. — MANUELS D'ELECTRICITÉ

<p><i>Electrolyse, galvanoplastie, jans 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>Acieries.</i> <i>Carrières, ardoisières, piâtrières.</i> <i>Coutellerie, taillanderie.</i> <i>Fabrique d'aiguilles, épingles, plumes.</i> <i>Ferblanterie, lampisterie, poterie.</i> <i>Orgeron.</i> <i>Inspection.</i></p>	<p><i>Forges.</i> <i>Hauts fourneaux et fonderies. —</i> <i>Maréchalerie, machines agricoles.</i> <i>Mineur.</i> <i>Modèlerie.</i> <i>Quincaillerie, clouterie, tréflerie.</i></p>
---	---

XII. — MANUELS DES PROFESSIONS COMMERCIALES

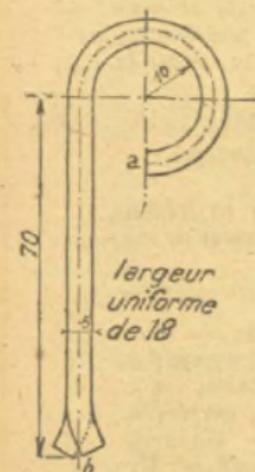
<p><i>Assurances.</i> <i>Administration commerciale moderne.</i> <i>Banque.</i> <i>Commission exportation.</i></p>	<p><i>Vente et représentation commerciale.</i> <i>Publicité commerciale.</i> <i>Transports (voies de terre, fer, eau, air).</i></p>
---	---

Spécimen du texte et des gravures
du Manuel du Forgeron

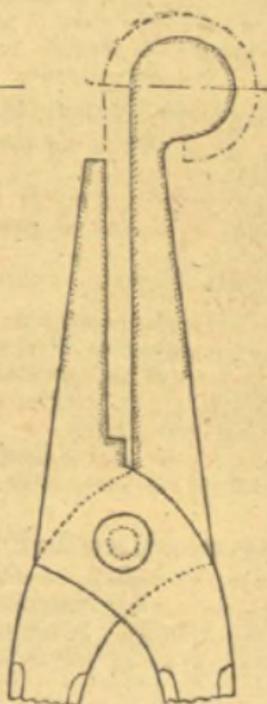
TRAVAUX DEMANDÉS AU FORGERON. 57

sions appropriées et par pression *rabat* la partie *c* (fig. D).

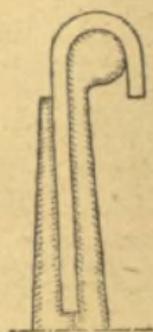
4° Tous les crampons étant ainsi préparés, il ne



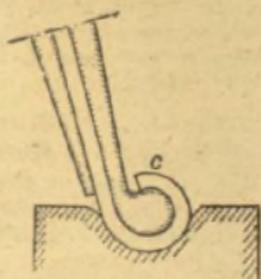
A. Crampon à exécuter.



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.

But. — 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 chassage; — 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 et à froid sur les fers et aciers.

Spécimen du texte et des gravures
du Manuel de Menuiserie

ASSEMBLAGES EN BOIS DE TRAVERS. 141

8^o 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, environ les deux tiers de 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.

Outilage à main. — Outils de maintien ; — à débiter ; — à corroyer ; — à profiler ; — à creuser ; — à percer ; — à mesurer et à tracer.

Outilage 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 debout : portes, volets, claire-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.

Epures : — Principaux types : Balancement. — Plafonds d'escaliers.

Arêtiers cintrés : Portes et persiennes cintrées en plan et élévation, — Voitures 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.

Systèmes 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. — Échauffement. — 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 cloches. — *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 montages.* — *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 techniques auxquelles 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 catenaires. — 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 affûter 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. n-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'oultremer, 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. **Gommes 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.)

1 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, lithopone, 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 ; — anti-rouille ; — 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. — Siccatifs solides. — Teintures. — Tripoli. — Wood-biller.

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'hé-
lices 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 ; — Re-
nault à refroidissement par eau ; — Salmson ; — rotatifs ; —
Le Rhône.

CHAPITRE VIII. — Dispositifs de commande.

Commandes Blériot ; — Deperdussin ; — A. O. F. ; —
Bréguet, etc.

MANUEL DE L'AUTOMOBILE

CONSTRUCTION. — DIFFÉRENTS TYPES

Par M. DUBOUEF, 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. — Equilibrage 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. — Etablissement 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. — Etablissement 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. — Chai-nage. — 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. **Condi-tions générales des tracés.** — Diverses phases de la construction. — Etudes préliminaires. — Conditions d'établisse-ment. — IV. **Études définitives.** — Etude sur carte ; — sur le terrain ; — au bureau. — Piquetage et levé des profils. — V. **Rédaction des projets.** — Nomenclature et disposi-tion des pièces. — Calcul des profils en travers. — Cubature des terrains. — Calcul approximatif des terrassements sup-posant le terrain horizontal dans les profils en travers ; — Du mouvement des terres. — Mètre 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. **Ou-vrages d'art.** — Ouvrages d'art destinés à assurer l'écou-lement des eaux ; — destinés au rétablissement des com-munications ; — exceptionnels. — Construction des ouvrages d'art. — IV. **Fondations.** — Classification de terrains. — Terrains compressibles ; — incompressibles ; — compressible superposé à un terrain incompressible ; — indé-finement compressible. — Précautions à prendre dans les terrains affouillables. — V. **Maçonnerie.** — Matériaux. — Composition des mortiers et bétons. — Fabrication. — Exé-cution 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 ; — de superstructure.

MANUEL DE VANNERIE

(Technologie vannière)

PAR

Eug. LEROUX

R. DUCHESNE

Ingénieur-agronome,
Directeur,

Chef de fabrication,
Professeur,

A l'École nationale d'Osiéiculture et de Vannerie de Fayl-Billot.

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-Laqués. — 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). — Éclaircissement 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 de 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 CONSTITU- TION DU PIED ET A LA CHAUSSURE.

I. Le pied. — Morphologie. — Mesures. — II. Forme. —
— Étude de la forme. — Proportion. — III. Matières pre-
mières 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 ration-
nelle. — Chaussures sur mesure ; — fabriquées mécani-
quement. — 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 fabri-
cation 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 D'APPRENTISSAGE.

MANUEL DE PARFUMERIE

PAR M. LAZENNEC,

Préparateur à l'Institut de Chimie appliquée
de la Faculté des Sciences.

1 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 enflourage ; — 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. — Néroli. — 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'Œillet, 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 la Rose ; — à l'Héliotrope ; — à la Verveine, etc... — Savons à l'iris, à la rose, à la bergamotte, à la lavande, etc...

MANUEL DE SUCRERIE

TECHNOLOGIE SUCRIÈRE

PAR M. ROUBERTY,

Ancien chimiste aux raffineries Say et Lebaudy,
Professeur de Chimie industrielle aux laboratoires Bourbouze.

1 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 matières minérales.

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 au caoutchouc. — 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.*
Auseher. *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.*
Blanchon. *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.*
Brunel. *Aide-Mémoire de l'Agriculteur.*
Capus. *Guide du naturaliste.*
Champetier. *Les maladies du cheval.*
Clerc. *Aide-Mém. de photographie.*
Coppin (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.*
Locard. *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.*
Piesse. *Histoire des parfums.*
Poncins (de). *Motoculture pratique.*
Relier. *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.*
Vilmorin. *Manuel de floriculture.*

Encyclopédie Industrielle

Collection de volumes in-18 de 400 à 500 pages, illustrés

1^{re} série à 10 fr. le volume broché :

- | | |
|--|--|
| <p>Auseher et Quillard. <i>Céramique</i>, 2 vol.</p> <p>Bailly. <i>L'Industrie du Blanchissage</i>.</p> <p>Barral. <i>Analyse chimique qualitative</i>.</p> <p>— <i>Analyse chimique quantitative</i>, 2 vol.</p> <p>— <i>Analyse chimique biologique</i>, 2 vol.</p> <p>Biège. <i>Industrie du gaz</i>.</p> <p>Bouaot. <i>Le tabac</i>.</p> <p>Boutroux. <i>Le Pain et la Panification</i>.</p> <p>Brochet. <i>La Galvanoplastie</i>.</p> <p>Chercheffshy. <i>Analyse des corps gras</i>, 2 vol.</p> <p>Coffignal. <i>Verres et émaux</i>.</p> <p>Convert. <i>L'Industrie agricole</i>.</p> <p>Coreil. <i>L'Eau potable</i>.</p> <p>Ducharne et Violettes. <i>Manuel de l'Orfèvre</i>.</p> <p>Dupont. <i>L'Industrie des Matières colorantes</i>.</p> <p>Fabrègue. <i>Chauffage central</i>.</p> <p>Gautier. <i>Sophistication et analyse des vins</i>.</p> <p>Girard. <i>Cours de Marchandises</i>.</p> <p>Gondy. <i>Horlogerie</i>.</p> <p>Guichard. <i>L'Eau dans l'Industrie</i>.</p> <p>Guichard. <i>La Distillerie</i>, 3 vol.</p> <p>Guillet. <i>L'Electrochimie et l'Electrometallurgie</i>.</p> <p>Haller. <i>L'Industrie chimique</i>.</p> <p>Halphen. <i>La Soude</i>.</p> | <p>Halphen et Arnould. <i>Essais commerciaux</i>, 2 vol.</p> <p>Joulin. <i>L'Industrie des Tissus</i>.</p> <p>Keghel (de). <i>Conservation des bois</i>.</p> <p>Lallié. <i>Le Froid industriel</i>.</p> <p>Knab. <i>Les Minéraux utiles</i>.</p> <p>Launay (A. de). <i>L'Argent</i>.</p> <p>Leduc. <i>Chaux et Ciments</i>.</p> <p>Lefèvre. <i>L'Acétylène</i>.</p> <p>Lejeal. <i>L'Aluminium</i>.</p> <p>Leroux et Revel. <i>La traction mécanique</i>.</p> <p>Montpellier. <i>Les Accumulateurs</i>.</p> <p>Pêcheux. <i>Précis de Métallurgie</i>.</p> <p>— <i>Manipulations et mesures électriques industrielles</i>.</p> <p>Poutiers. <i>La Menuiserie</i>.</p> <p>Puget. <i>Cuir et Peaux</i>.</p> <p>Puget. <i>Savons et Bougies</i>.</p> <p>Puget. <i>Fabrication du papier</i>.</p> <p>Riche et Forest. <i>L'Art de l'Es-sayeur</i>.</p> <p>Schœller. <i>Les Chemins de fer</i>.</p> <p>Sidersky. <i>Usages industriels de l'alcool</i>.</p> <p>Sidersky. <i>Sucrierie</i>.</p> <p>Trillat. <i>L'Industrie en Allemagne</i>.</p> <p>Trillat. <i>Les Produits chimiques</i>.</p> <p>Vignon. <i>La Soie</i>.</p> <p>Vivier. <i>Essais des Matières agricoles</i>.</p> <p>Weil. <i>L'Or</i>.</p> <p>Weiss. <i>Le Cuivre</i>.</p> <p>Witz. <i>La Machine à vapeur</i>.</p> |
|--|--|

2^e série à 15 fr. le volume broché :

- | | |
|--|--|
| <p>Barni, Montpellier et Marec. <i>Le Monteur électricien</i>.</p> <p>Delsalme et Pierron. <i>Couleurs et Vernis</i>.</p> <p>Jumelle. <i>Huiles végétales</i>.</p> | <p>Letombe et Lacoïn. <i>Moteurs</i>.</p> <p>Pêcheux. <i>Physique et Electricité industrielles</i>.</p> <p>Piessé. <i>Chimie des Parfums</i>.</p> <p>Witz. <i>Les Gazogènes</i>.</p> |
|--|--|

Ajouter 10 0/0 pour frais d'envoi.

MANUEL DU FABRICANT DE JOUETS

Par M. BROQUELET, 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.
 - Collre-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..... 40 fr.

I. — Eléments.

Outillage.

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..... 10 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..... 40 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 colorants, 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 cellulose, 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, vinaigre, alcools, liqueurs)..... | 2 fr. 50 |
| 24. — Les sucres, le cacao, le café, le thé..... | 2 fr. 50 |

PETITE BIBLIOTHÈQUE AGRICOLE

Collection de volumes in-16 de 100 à 120 pages à 2 fr. 50 le volume:

- Ereton-Bonnard.** *Le peuplier, sa plantation rationnelle.*
- Brunet.** *Les maladies du vin.*
- Chenevard.** *L'Elevage 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.*
- Deipériar.** — *Manuel du maréchal-ferrant.*
- Diffloth.** *Les nouvelles Méthodes de Culture.*
- *La Conservation des Récoltes.*
- *Anes et Mulets.*
- Ducloix.** — *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 Fiquier, 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.*
- Sellensperger.** — *Agriculture générale.*
- *Cultures spéciales, Céréales, Plantes fourragères.*
- *Viticulture, Vinification, Arboriculture, Horticulture.*
- *Zootechnie, Elevage, Basse-Cour, Apiculture.*
- *Economie rurale, Legislation, Comptabilité.*

DEMANDER LE CATALOGUE DE

L'ENCYCLOPÉDIE AGRICOLE WERY 90 VOLUMES

ET DES OUVRAGES D'AGRICULTURE

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 MINIÈRE 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* ».

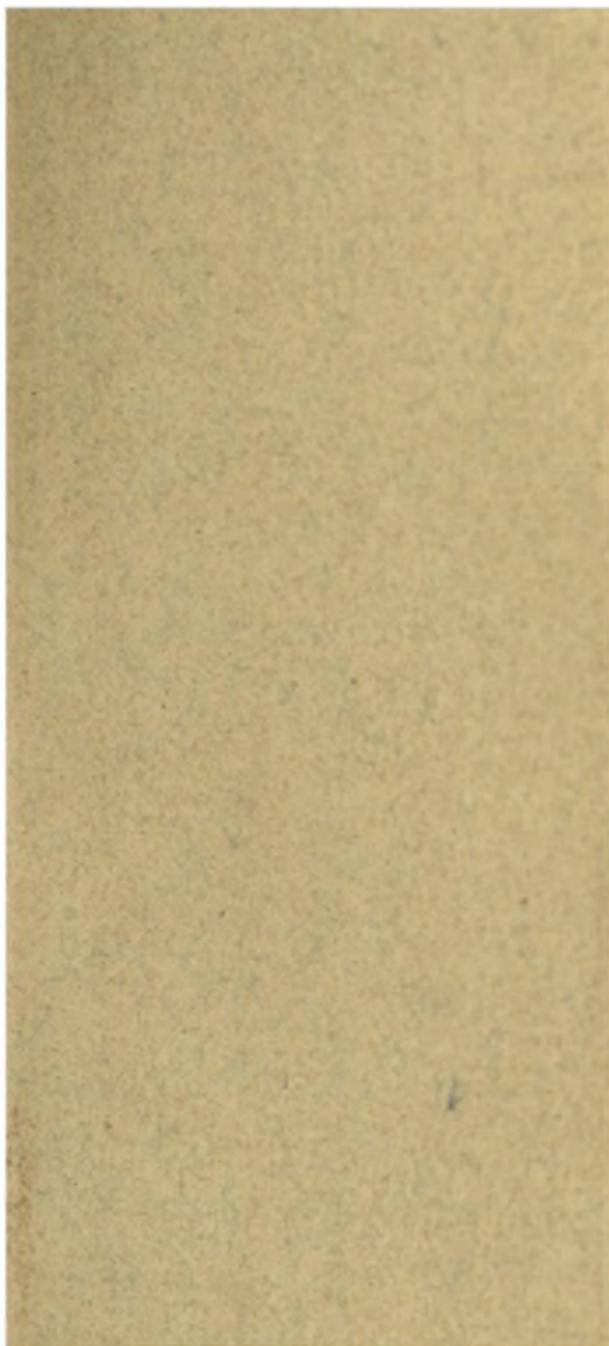
Le nom, la compétence, les titres de leurs directeurs sont les meilleurs garants de leur excellence. Les collaborateurs en ont été choisis parmi les *spécialistes* les plus éminents.

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 Electriciens*, — *Société de Chimie Industrielle*, — *Société Hydrotechnique de France*.

DEMANDER LE CATALOGUE DÉTAILLÉ

DES GRANDES ENCYCLOPÉDIES INDUSTRIELLES J.-B. BAILLIÈRE



IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

