

ordre à respecter suivant l'utilisation qu'on se propose de ces chutes. Jusqu'ici on s'en est peu préoccupé; cela tient à ce que les besoins pressants de l'industrie en énergie d'une part, la situation un peu difficile de l'industrie électrométallurgique d'autre part, ont amené les industriels à faire du transport d'énergie avec des chutes dont la destination primitive était tout autre, mais qui avaient sur d'autres chutes mieux placées, l'avantage d'être prêtes à fonctionner. L'emplacement rationnel des usines de transport d'énergie est peut-être faussé actuellement, mais nul doute que, plus tard, lorsque la multiplicité des transports d'énergie créera une lutte industrielle sérieuse, on ne soit amené à faire des études dans le genre de celle que nous proposons.

Ph. GIRARDET,  
Ingénieur I. E. G.

## POTEAUX EN CIMENT ARMÉ

Système BOURGEAT (1)

### CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Depuis que l'utilisation de la houille blanche à grande distance a multiplié les entreprises d'éclairage, de distribution de force motrice et de traction, le rôle de la voie aérienne est devenu comparable à celui de la voie ferrée dans l'industrie des chemins de fer. Tout défaut dans la structure de cette voie peut avoir des conséquences désastreuses, comme le moindre perfectionnement se traduit parfois par des avantages importants.

C'est pourquoi, depuis quelque temps, les supports des lignes aériennes sont l'objet d'études très sérieuses et de recherches qui tendent à perfectionner les différents types et à réaliser le support idéal dont les caractéristiques sont : La durée indéfinie; la suppression de tout entretien; l'incombustibilité; l'élégance unie à la légèreté et à la résistance; la sécurité; enfin un prix aussi réduit que possible.

Les recherches devaient porter naturellement sur les matières diverses qui se disputent le marché : le bois, le fer et le ciment armé. Or toutes les recherches tendent à établir que c'est l'union de ces trois matières qui permet de réaliser dans la plus large mesure possible le but désiré.

\*  
\*\*

*Poteaux en bois.* — Par suite de son bon marché, de sa légèreté et de sa résistance, le bois s'est tout d'abord imposé à peu près exclusivement. Toutes les lignes télégraphiques et téléphoniques, ainsi que les premières lignes électriques industrielles, furent édifiées sur des supports en bois. Mais les inconvénients que son usage a révélés, les interruptions de service inhérentes à ses défauts, le font abandonner de plus en plus, surtout pour les lignes à haute tension et pour celles desservant des services publics. L'économie que l'on réalise dans les frais de premier établissement n'est qu'apparente, et on s'expose aux plus graves mécomptes, la durée moyenne des poteaux en bois n'étant guère que de 5 à 6 ans.

On a bien cherché à remédier à ce défaut en soustrayant la matière ligneuse à cette décomposition rapide; à cet

effet on employa tour à tour la carbonisation, l'immersion dans un bain de paraffine, le goudronnage, etc..., enfin l'injection sous pression en vase clos de créosote, de sulfate de cuivre, de chlorure de zinc, de bichlorure de mercure, etc... Mais aucun de ces moyens n'a donné le résultat attendu, c'est-à-dire une incorruptibilité absolue et la durée indéfinie qui devait en être la conséquence.

Tout au plus certaines maisons sont-elles parvenues à l'aide de travaux d'imprégnation très consciencieux et très soignés, à protéger temporairement les bois soumis à ce traitement et à en prolonger la durée.

Toutefois les résultats n'ont pas été assez complets et satisfaisants pour qu'il soit permis à l'heure actuelle d'en-

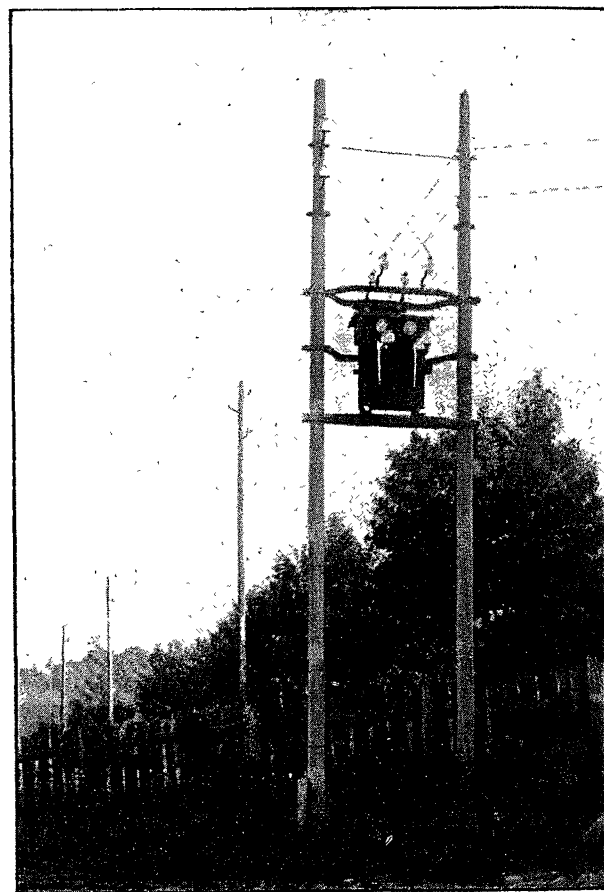


Fig. 1. — Transformateur de la Compagnie d'Énergie électrique de Grenoble et Voiron monté sur poteaux en ciment armé.

visager une concession de quelque durée sans prévoir plusieurs remplacements en cours, parfois même dès la première année, parce que la matière antiseptique ne tarde pas à disparaître, soit par délavage ou évaporation, soit par chute au pied du poteau à cause de sa densité.

Dans les meilleures conditions l'éventualité du remplacement des supports en bois se présente tous les 12 ou 15 ans. Peut-on envisager sans crainte une telle éventualité pour un réseau à haute tension, très développé, chargé d'assurer un service public? Assurément non, car le changement des poteaux d'une ligne aérienne en fonctionnement est non seulement long et coûteux, mais il est encore d'une exécution des plus dangereuses et de nature à créer de sérieuses difficultés administratives à l'exploitant, et à lui occasionner le paiement d'indemnités considérables à ses abonnés, par les interruptions obligatoires du service qu'il entraîne.

L'altération des poteaux en bois présente un autre inconvénient des plus graves. Comme on le sait, c'est surtout au contact avec le sol que la décomposition est la plus rapide,

(1) Note présentée le mercredi 10 juillet à l'Association Française pour l'Avancement des Sciences, par M. DROUIN, ingénieur, ancien directeur de la Société Electrochimique de la Romanche.

sous l'influence des alternatives de sécheresse et d'humidité. Or, c'est précisément en cet endroit que l'effort est maximum, on conçoit donc que vers la fin de leur existence les renversements de poteaux en bois sous des surcharges accidentelles (orages, chocs) soient nombreux, et il n'est pas besoin d'insister sur les dangers de ces chutes qui ont provoqué déjà de terribles accidents, le simple croisement des lignes pouvant occasionner de véritables désastres.

Pendant l'hiver 1903-1904, tout le réseau télégraphique de l'Aude a été renversé et détruit par une bourrasque de neige. Le 14 février 1904, un ouragan dévasta les environs de Grenoble, et les lignes édifiées sur poteaux de bois eurent particulièrement à en souffrir.

N'a-t-on pas vu aussi les jours d'orage des files entières de poteaux de bois flamber comme des torches sous des lignes à haute tension, et tous les services interrompus de ce fait ? Aussi pour ne pas encourir de lourdes responsabilités, les sociétés sérieuses renoncent-elles de plus en plus à l'usage du bois, comme supports de lignes, parce qu'il présente trop d'aléas défavorables et qu'il les exposerait à trop de dangers.

Dans nos colonies on l'a abandonné d'une façon absolue, et il est à présumer qu'en France l'administration arrivera à le proscrire pour les lignes à haute tension, quand elle sera suffisamment édifiée sur les avantages d'autres systèmes qui viennent supprimer les dangers du bois, sans grever les frais de premier établissement.

\*  
\* \*

*Supports métalliques.* — A défaut du bois on devait naturellement recourir au fer qui présente l'avantage d'une durée à peu près indéfinie, si l'on a soin de le protéger contre les effets de l'oxydation.

Plusieurs maisons de construction se sont spécialisées dans ce genre et ont créé des types très étudiés mais qui coûtent très cher.

Pour obvier à ce dernier inconvénient des plus sérieux, on a poussé à l'économie en réduisant de plus en plus le poids du fer et en créant des poteaux en tôle mince qui auraient solutionné le problème, s'ils pouvaient braver impunément les effets de l'humidité.

Malheureusement quelques soins que l'on prenne, et malgré le renouvellement constant de la peinture extérieure de protection, l'oxydation envahit rapidement le pied du poteau à la section d'encastrement et détruit le support, même avant le délai assigné aux poteaux de bois injectés.

C'est pour cette raison que les ingénieurs suisses rejettent maintenant les poteaux métalliques à bon marché, plus dangereux que le bois, disent-ils, parce qu'ils cèdent inopinément, rongés par la rouille que masque la peinture extérieure.

On reproche aux poteaux en treillis leur encombrement, leur défaut d'esthétique, leur prix relativement élevé et l'accès trop facile qu'ils offrent aux entreprises des imprudents et des malveillants.

Tous les autres types (poteaux à prisme, poteaux à frettes) étant plus onéreux que le précédent sont moins employés.

Enfin, quel que soit le support métallique adopté, les frais d'entretien sont considérables.

Le fer présente, en outre, un danger réel pour le public, lorsqu'il supporte des lignes à haute tension et qu'on ne prend pas des précautions spéciales pour y obvier.

Il crée par sa conductibilité des difficultés à l'exploitant, à la moindre fissure d'isolateur.

En définitive, c'est le prix de revient du poteau métallique et l'entretien constant qu'il exige qui ont poussé les recherches d'un autre côté.

\*  
\* \*

### POTEAUX EN CIMENT ARMÉ

Depuis que par nombre de travaux concluants, on a montré tout le parti que l'on pouvait tirer du ciment allié convenablement au fer, on a cherché à étendre cette décou-

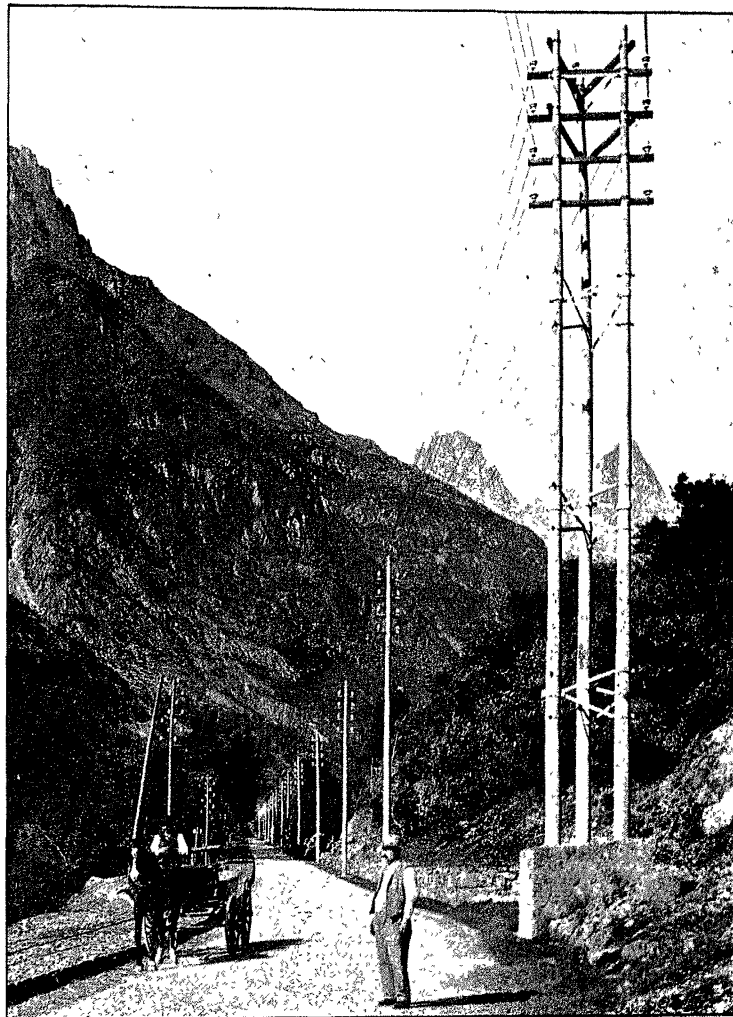


Fig. 2. — Poteaux en ciment armé de la ligne Livet-Grenoble. Vue prise dans la gorge de Livet.

verte aux supports de lignes aériennes, parce que le ciment armé évite les inconvénients du bois et ceux du fer, et qu'il présente des avantages supérieurs à ceux du métal seul, en ce sens qu'il n'exige aucun entretien et n'a pas de conductibilité dangereuse.

Des brevets divers, pour poteaux pleins ou tubulaires en ciment armé, ont été pris soit en France, soit à l'étranger. Leurs applications ne se sont pas développées, par suite du prix de revient, du poids et de l'impossibilité de manier ces poteaux avant plusieurs mois, pour donner au ciment le temps de faire sa prise.

Un industriel du Dauphiné, M. A. BOURGEAT, de Voiron (Isère), a eu l'idée, pour obvier aux inconvénients cités plus haut, d'insérer dans le ciment armé une âme en bois capable de résister à tous les efforts que doit supporter le

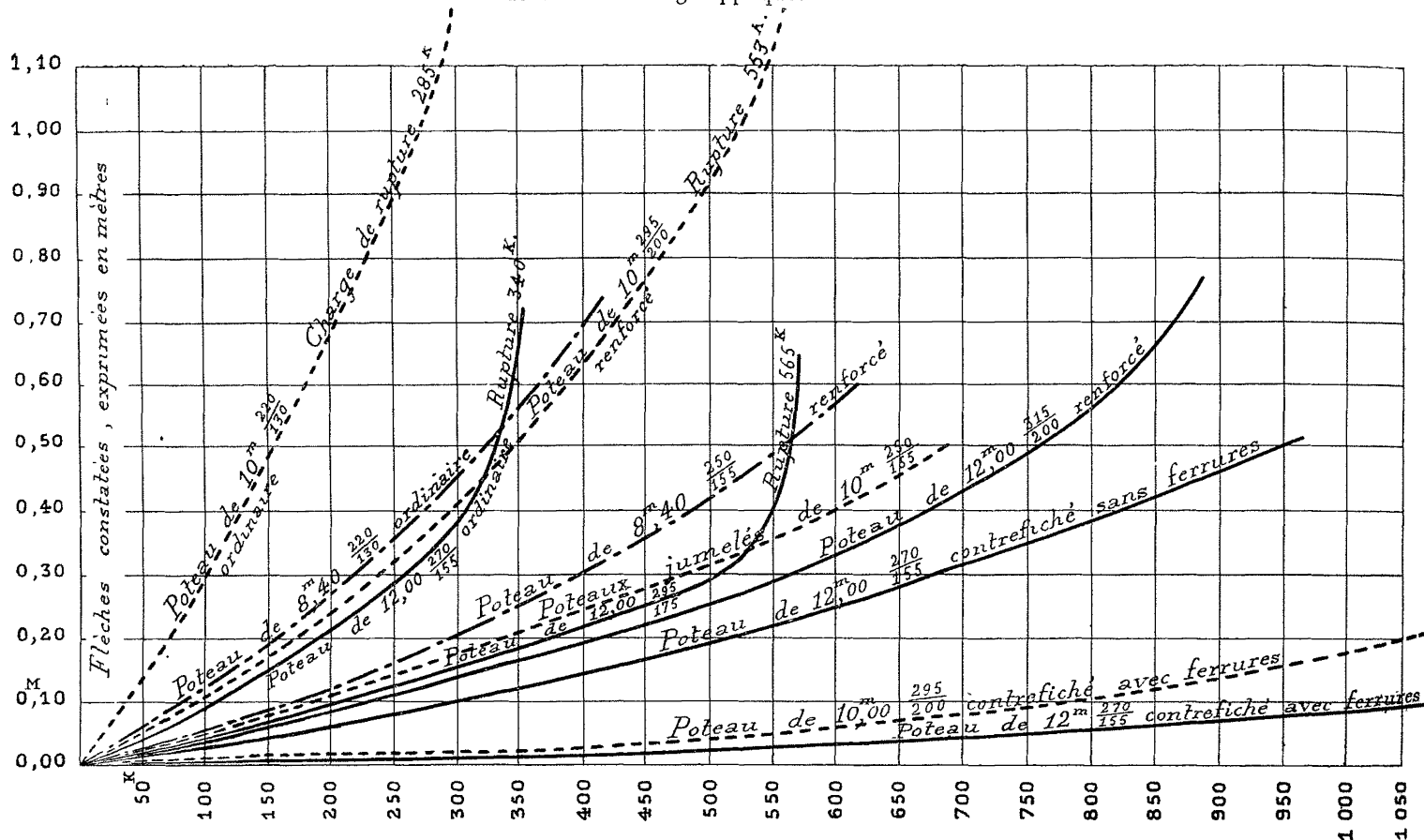
poteau avant que la prise du ciment soit faite, de réduire le poids de l'ensemble, de faciliter le montage et le tirage de la carcasse métallique en servant d'appui et de moule intérieur.

Ce nouveau système présente l'avantage sur le poteau

plein en ciment armé d'être plus économique, plus résistant, moins lourd, et maniable dès après le démoulage.

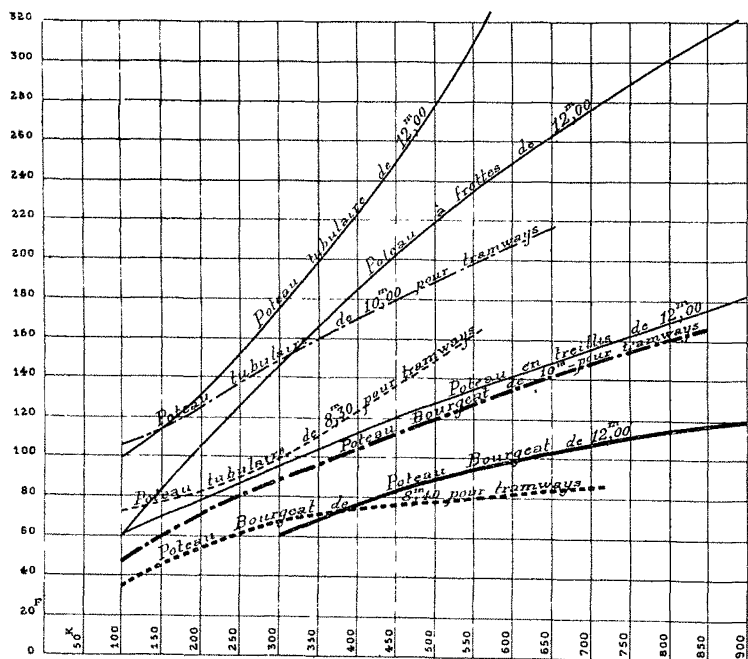
Sur le poteau tubulaire il a l'avantage de présenter dès le début tout le surcroît de résistance dû à l'apport du bois, sans augmenter sensiblement le poids du support. D'un

Fig. 3. — Graphique des flèches constatées sur les types divers de poteaux mixtes pour des efforts variant de 50 à 1050 kgs appliqués au sommet.



Sur ce diagramme les efforts appliqués au sommet des poteaux sont portés en abscisses; les ordonnées représentent les flèches correspondantes qui ont été observées.

Fig. 4. — Graphique des prix comparés des poteaux métalliques les plus économiques et des poteaux mixtes du système Bourgeat de même résistance.



Les abscisses représentent les efforts (exprimés en mètres) au sommet des poteaux. Les ordonnées donnent les prix en francs des poteaux sur wagon à l'usine.

moulage plus facile, il est aussi plus économique. Enfin, tandis qu'on ne peut manipuler le poteau plein ni le poteau tubulaire avant que le ciment ait fait sa prise, le poteau du système Bourgeat peut être bardé et levé quelques heures après le démoulage. En admettant même, ce qui est contraire aux constatations déjà faites, que le bois se pourrisse et vienne par la suite à faire défaut, le ciment ayant eu le temps de faire une prise complète obvie à cet inconvénient, et il subsiste en somme un tout complet analogue au poteau tubulaire en ciment armé. Comme on n'a jamais constaté dans la construction en général, que les bois scellés dans un mortier de ciment se laissassent attaquer par la pourriture, il n'y a pas lieu de supposer davantage que l'âme en bois du poteau mixte périsse. Cela se produirait-il que rien ne serait compromis, puisque le constructeur néglige dans ses calculs l'appoint de résistance que lui apporte le bois, destiné uniquement à pourvoir aux efforts du début, alors que le ciment exige de longs mois pour faire sa prise.

En résumé, le poteau mixte offre sur tous les autres systèmes employés jusqu'à ce jour les avantages suivants : Durée indéfinie; entretien nul; incombustibilité absolue; mise à la terre facile et sans danger par l'armature intérieure; il forme paratonnerre, si on prolonge à la partie supérieure une des tiges de l'armature; moment de rupture élevé : 3 000 kgs pour le poteau ordinaire, 5 000 pour le renforcé; résistance supérieure au bois à égalité de volume,

supérieure au ciment armé seul; bel aspect susceptible d'être rehaussé économiquement suivant les exigences de l'esthétique; il est moins encombrant, plus beau, et moins cher que les poteaux en treillis, accessible seulement avec l'étrier, il expose moins les lignes aux entreprises imprudentes ou malveillantes; il est facile à exécuter sur le lieu d'emploi à raison de 800 à 1 000 poteaux par mois. Enfin, son prix de revient est très réduit.

Le poteau breveté A. Bourgeat est constitué comme suit: Autour d'un poteau de bois ordinaire, dont les dimensions sont indiquées par les conditions de fonctionnement,

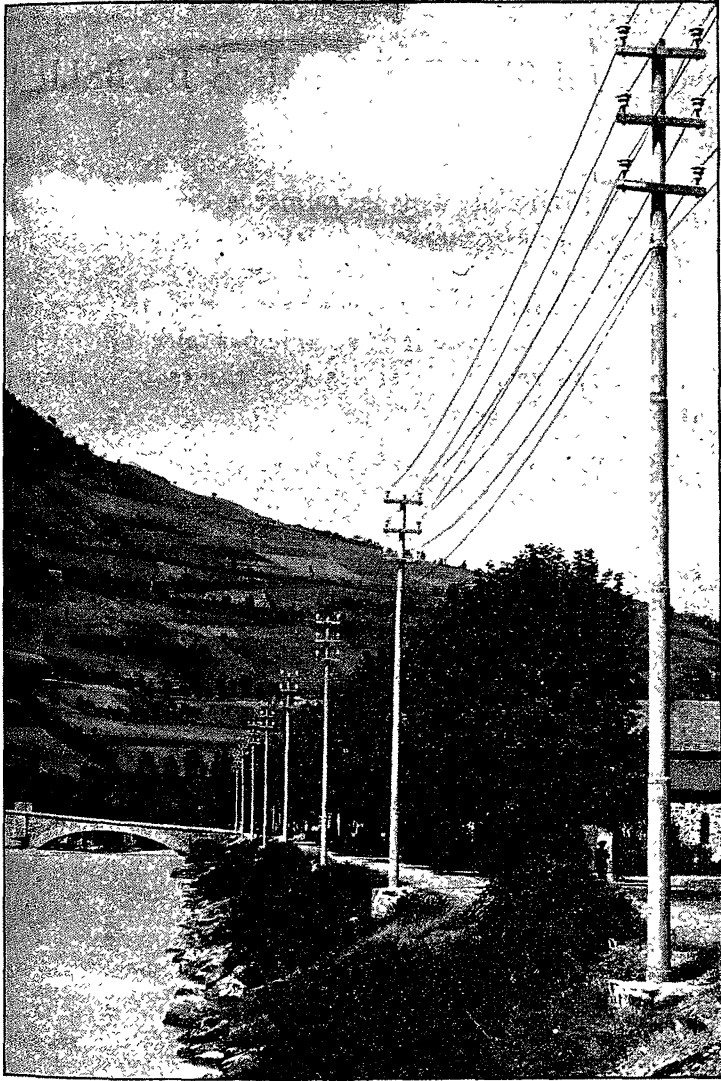


Fig. 5. — Poteaux en ciment armé de la ligne Livet-Grenoble. Vue prise au Péage de Vizille.

on enroule en hélice un câble de 7 à 10 millim. de diamètre destiné à supporter et à isoler du bois l'armature métallique pour assurer son enrobement complet dans le mortier de ciment.

On allonge sur cette hélice des tiges d'acier rond d'une résistance toute spéciale, en nombre et d'un diamètre en rapport avec les efforts que doit supporter le poteau. On relie ces tiges entre elles aux extrémités de l'âme en bois, et on les crampillonne sur le bois et sur l'hélice pour donner plus de fixité au système.

Enfin on enveloppe le tout dans un grillage de toile métallique à maille de 20 à 30 millim. relié à toutes les tiges, qui assure l'invariabilité de l'ensemble.

On noie le tout dans un mortier de ciment qui recouvre

le métal en entier, afin de le soustraire aux effets de l'oxydation.

La surface extérieure a l'aspect télescopique, les divers cylindres ayant deux mètres de longueur chacun et variant de 0,02 de diamètre de l'un à l'autre. De sorte qu'avec un moule assez long il est facile d'exécuter tous les types de poteaux, aussi bien celui de 6 mètres que celui de 16. Il suffit simplement de placer la carcasse dans les sections convenables du moule et de couler le ciment en obturant le moule aux extrémités de l'armature.

On peut adapter à ces poteaux des traverses en ciment armé, faisant corps avec eux et percées de trous aux distances indiquées par le client pour recevoir les tiges d'isolateurs. On fait de même tous les genres d'arcs-boutants pour angles, courbes avec ou sans ferrures.

Les diagrammes ci-joints fixent les résultats d'expériences pratiques faites sur divers types de poteaux mixtes. Un diagramme comparatif spécial indique aussi les prix des supports de ce système, comparés aux poteaux de fer du type le plus économique, pour des efforts donnés.

Le graphique (fig. 3) démontre avec quelle facilité on peut réduire la flèche et augmenter la résistance à la rupture d'un poteau, au moyen d'un renforcement qui grève peu le prix de revient.

Les poteaux Bourgeat en ciment armé ont été employés dans de nombreuses installations, notamment:

Pour le transport d'énergie par la Société électrochimique de la Romanche dans son transport de Livet à Grenoble, dont la ligne a une longueur de 36 kilomètres et porte 9 et 6 câbles de 8 millimètres sous 32 500 volts (1); par la Société d'Énergie électrique de Grenoble et Voiron pour amener à sa station du Rondeau le courant nécessaire aux tramways de Grenoble, et pour éclairer la ville de Voiron; sur la ligne de Saillant à Brives (Corrèze), longue de 22 kilomètres et portant 3 fils de 6 millimètres sous 8 000 volts.

Pour l'éclairage électrique d'un certain nombre de villes comme à Aix-en-Provence, à Zurich en Suisse et à Milan en Italie.

Pour les tramways électriques comme à Varese-Robareto en Italie.

DROUHIN,  
Ingénieur.

## La Houille blanche et l'armature végétale du Sol

Analyse d'une note présentée à l'Association Française pour l'Avancement des Sciences, Congrès de Grenoble 1904. 7<sup>e</sup> section: Météorologie et Physique du Globe. Séance du mercredi matin 10 août 1904.

La houille blanche est de l'eau en travail (E.-F. Côte). Au cours de cette étude, limitée au travail des eaux continentales, on s'est appliqué à faire valoir le rôle de la végétation spontanée et principalement de la forêt, dans la recherche et la réserve des eaux atmosphériques et dans leur restitution à la circulation aérienne.

Le développement spontané de la végétation par les eaux continentales, est un corollaire de l'attaque mécanique et chimique du sol par ces mêmes eaux.

La stabilité de tout versant est indéfiniment acquise, dans la limite de nos investigations, dès que la végétation s'y est installée.

(1) Voir *La Houille Blanche*, juin 1903.