

soit encore maintenue pendant au moins 10 minutes après l'application de la tension maxima.

Des épaisseurs minima d'isolant devront être imposées, calculées de telle façon que l'isolant ne travaille dans aucune de ses parties à plus de 7500 volts par millimètre lors de l'essai de durée, ni à plus de 10000 volts sous l'essai de tension maxima de durée inférieure à 1 minute. Avant de procéder aux essais des bobines entières, on devra constater que des échantillons de câbles, prélevés sur ces bobines, ne donnent pas lieu à rupture avec une tension supérieure d'au moins 50 pour 100 à la tension maxima prescrite, cette tension étant appliquée graduellement en partant de la tension maxima prescrite et l'augmentant de 10 pour 100 chaque demi-minute jusqu'à ce que la rupture se produise.

Les essais d'isolement seront fait aux usines de fabrication aussitôt après les essais sous tension, et autant que possible dans des conditions de températures similaires pour toutes les bobines d'une même fabrication, de manière à permettre d'apprécier la régularité des résultats obtenus. Les isollements kilométriques les plus favorables nous paraissent ceux compris entre 50 et 500 mégohms par kilomètre ; dans une bonne fabrication bien régulière les isollements à température égale ne devront pas différer de plus de 20 à 25 pour 100 pour les câbles à 50 mégohms, ni de plus de 40 à 50 pour 100 pour ceux à 500 mégohms. Toutefois, aucune prescription ne devra être faite à ce sujet pour les raisons que nous avons déjà exposées.

*Essais après pose.* — Après mise en place, les câbles devront être soumis à une tension d'essai maintenue au moins pendant 1 heure au double de la tension de service. Il ne sera pas mauvais, pour autant que les circonstances le permettront, de ne procéder à ce dernier essai qu'après avoir fait fonctionner les câbles en court-circuit pendant 2 ou 3 heures à un régime de courant égal au régime maximum prévu, de telle sorte que ceux-ci soient, durant l'essai, à la température maxima qu'ils atteindront en service courant.

Les différentes tensions d'essais aux usines, et après pose, indiquées ci-dessus, s'appliquent aux essais entre conducteurs de polarités différentes des câbles à conducteurs multiples. Dans les installations n'ayant pas le point neutre mis à la terre d'une manière permanente, et fonctionnant sous tensions inférieures à 10000 ou 12000 volts, les mêmes essais aux mêmes tensions devront être effectués entre conducteur et enveloppe en plomb.

Pour les voltages supérieurs à 12000 volts, et inférieurs à 20000 volts, ces tensions pourront être réduites de 10 pour 100 pour les essais effectués entre conducteurs et plomb. Au delà de 20000 volts, cette réduction pourra être portée à 20 pour 100. Ces réductions sont justifiables aux très hautes tensions, parce que la capacité du réseau prend alors une telle valeur que le point neutre se trouve toujours à peu près au potentiel de la terre, et aussi parce que le fonctionnement ne devient guère possible avec un défaut d'isolement sur une phase.

D'ailleurs, comme nous l'avons dit, aux très hautes tensions, il sera toujours préférable de mettre franchement le point neutre à la terre. Quand cette mise à la terre sera réalisée sans aucune intercalation de résistance, les tensions prescrites pourront être réduites de 30 pour 100 pour les essais entre conducteurs et plomb. Quand il y aura une résistance intercalée dans la connexion à la terre, la réduction possible pourra varier de 20 à 30 pour 100 suivant l'importance de cette résistance.

*Câbles Varnished Cambric et au caoutchouc.* — Les câbles Varnished Cambric offrent, par leur fabrication même, plus de garantie de régularité que les câbles au papier, et ils sont moins sujets à se détériorer durant la mise en place ; en outre, ils ont plus de tendance à s'échauffer par hystérésis diélectriques sous les très hautes tensions. Pour ces deux raisons il sera préférable de réduire quelque peu pour ces câbles la sévérité des essais en usines. Par exemple, la formule :  $V = 10000 + 2 E$ , pourra avoir son terme constant réduit, et être remplacée par la formule  $V = 5000 + 2 E$ . A part cette modification, toutes les autres conditions d'essai déjà indiquées pour les câbles au papier pourront être conservées sans changement.

Pour des motifs similaires, les tensions d'essais des câbles au caoutchouc pourront être un peu moindres que celles conseillées pour les câbles au papier, surtout quand les essais seront prescrits après immersion dans l'eau : ces tensions pourront être les mêmes que celles indiquées pour les câbles Cambric.

*Épaisseurs minima d'isolant.* — Nous terminerons ce chapitre en indiquant ci-après les épaisseurs minima d'isolants entre deux

conducteurs et entre conducteurs et plomb au-dessous desquelles nous conseillons de ne pas descendre pour les câbles de sections comprises entre 30 et 150 mm. par conducteurs, devant fonctionner à tensions de 5000 volts et au-dessus, et être soumis aux essais prescrits ci-dessus. Ces indications sont valables aussi bien pour les câbles au caoutchouc et les câbles Cambric que pour les câbles au papier.

Tension de service en volts . . . . .	5000	10000	15000	20000
Épaisseur de l'isolant en mm	Entre deux conducteurs . . . . .	5	7,5	10
	Entre conducteur et plomb . . . . .	3,5	5	7

(A suivre).

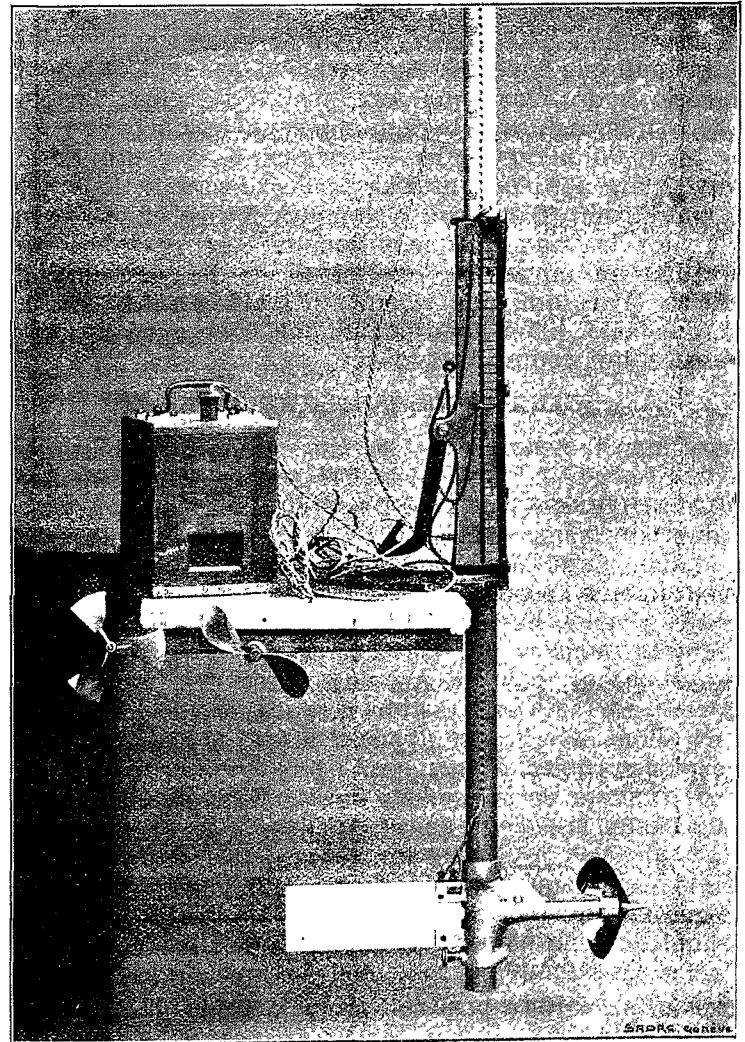
## EXPOSITION DE MARSEILLE

(Suite)

### MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

La Direction de l'Hydraulique et des Améliorations agricoles avait organisé deux sections très intéressantes. La première de ces sections était consacrée au Service d'Etude des grandes forces hydrauliques, la seconde au service des Améliorations agricoles.

L'exposition du Service d'Etude des grandes forces hydrauliques, organisée par M. de La Brosse, ingénieur



Moulmet électrique Ott à tige ovalisée, avec son support, la pile de sonnerie et ses hélices de rechange.

en chef des Ponts et Chaussées, chef de ce service d'étude pour la région des Alpes, était des plus remarquables, et comportait 58 pièces, réparties en 4 groupes.

1° Le groupe des modèles comprenait un relief au 1/400 de la station de jaugeage du Pont de la Beaume, sur la Durance, à Sisteron ; un relief au 1/500 de la station de

jaugage de Ponsonnas, sur le Drac; une réduction au 1/20 des barques employées pour les jaugeages; et une réduction au 1/10 du manège de tarage des moulins, installé sur le fossé d'enceinte de la ville de Grenoble, à la porte Mallifaud.

2° Le groupe des *appareils et instruments* comprenait un limnigraphe et un hydromètre, tous deux enregistreurs, de la maison Richard, des échelles d'étiage; des moulins de Wolmann, de Richard, de Ott; un tube jaugeur Pitot-Darcy, avec échelle graduée en vitesse, du type de M. de La Brosse; un hydrotachymètre Ritter; et divers accessoires.

3° Le groupe des *Cartes, photographies et dessins*, comprenait une carte au 1/200 000 des usines hydrauliques de la région des Alpes; une carte au 1/500 000 des stations de jaugeages de cette même région, et une carte au 1/500 000 des usines hydrauliques de la région pyrénéenne. Ce groupe comprenait aussi des profils en long, graphiques de régime, courbes de débit, courbes de tarages, et photographies diverses.

4° Le groupe des *brochures et publications* comprenait 22 ouvrages imprimés, parmi lesquels nous citerons les comptes rendus du Service d'Etude des grandes forces hydrauliques de la région des Alpes, par MM. de La Brosse et Tavernier (1905), et l'Etat statistique des irrigations et des usines existant sur les cours d'eau de la région pyrénéenne, par M. De Thelin (1908).

L'Exposition du Service des Améliorations agricoles ne comprenait que 9 pièces: Photographie des applications de l'énergie hydro-électrique aux usages agricoles; Carte et notice sur les usines de la région normande; Carte et notice sur les installations hydro-électriques de la commune de Neuve-Maison (Aisne), sur l'Oise, et de la ferme du Courtillet, à Saint-Firmin (Oise), sur la Nonette; Notice et photographies des travaux d'alimentation en eau potable, avec élévation au moyen de l'électricité, de la commune de Cadière (Var) qui, auparavant, n'avait d'autre eau, en été, que celle qu'on apportait de fort loin avec des tonneaux, et qui coûtait très cher.

#### CANALISATIONS ÉLECTRIQUES

Les importantes maisons de fabrication de câbles électriques: Société industrielle des Téléphones (Paris), Geoffroy et Delore, (Paris), Berthoud-Borel et Cie (Lyon), La Canalisation Electrique (Anciens Etablissements G et H -B. de la Malhe, Saint-Maurice (Seine), Société Alsacienne de Constructions mécaniques (Belfort), Etablissements Aubert-Grenier (Paris), exposaient divers échantillons de leurs différents modèles de câbles et de fils électriques. Nous ne donnerons pas la nomenclature des échantillons exposés, car ce serait fastidieux pour nos lecteurs, mais nous allons décrire un appareil assez original, destiné à l'essai des câbles à très haute tension, qui fonctionnait dans le stand de la maison Berthoud-Borel, et qui est dû à M. DELON, ingénieur de cette maison.

Cet appareil est basé sur le principe suivant: Deux points A et B sont soumis à une différence de potentiel alternative, de valeur efficace  $E$ . Si l'un des points, A par exemple, est maintenu à un potentiel fixe, en le mettant à la terre par exemple, le potentiel du point B, par rapport au point A, variera pendant chaque période, de  $+E\sqrt{2}$  à  $-E\sqrt{2}$ . Si maintenant, au moyen d'un contact instantané, l'on charge l'une des armatures d'un condensateur lorsque la tension est égale à  $+E\sqrt{2}$ , et l'autre armature lorsque la tension est égale à  $-E\sqrt{2}$ , la différence de potentiel entre les deux armatures atteindra la valeur  $2E\sqrt{2}$ , et se maintiendra fixe si les déperditions d'électricité à travers le diélectrique sont négligeables devant la quantité d'électricité qui vient affluer sur chaque armature à chaque nouvelle charge.

Cet appareil est comme on le voit fort simple. Il se compose essentiellement d'un cylindre en ébonite qui tourne à la moitié de la vitesse de pulsation du courant, et qui porte des bras métalliques permettant d'envoyer au moment voulu le courant sur chacune des armatures du condensateur, ces armatures étant ici constituées par les conducteurs d'un câble figurant un câble en essai. Ces bras viennent en contact avec 4 bornes fixées sur un cercle également en ébonite. Deux de ces bornes, à 90° l'une de l'autre, sont reliées à l'un des pôles d'un transformateur, qui constitue le point B précité; l'autre pôle, constituant le point A, est à la terre. Les deux autres bornes, diamétralement opposées aux précédentes, sont reliées chacune à l'un des conducteurs du câble à essayer. Les bras métalliques étant radiaux, et dans le prolongement l'un de l'autre, établissent deux fois par tour le contact entre les bornes diamétrales.

Le cylindre est entraîné par un moteur synchrone, alimenté par la même source de courant que le transformateur, de sorte que le réglage une fois fait se maintient indéfiniment. Ce réglage s'effectue par tâtonnement, en déplaçant le cercle qui porte les bornes. Pratiquement, on dispose deux éclateurs à une distance déterminée et, la tension aux bornes primaires du transformateur ayant amenée à la valeur fixée, on déplace le cercle en ébonite jusqu'à ce que la décharge se produise.

A Marseille, la tension était élevée de 190 volts à 110 000 volts par le transformateur statique, de sorte que l'on réalisait, entre les conducteurs du câble à essayer, une différence de potentiel d'un peu plus de 300 000 volts, ce qui permettait d'obtenir entre les éclateurs des étincelles de trente centimètres. Ces étincelles, en éclatant, provoquaient un bruit assourdissant qui s'entendait, non seulement d'un bout à l'autre du Palais de l'Energie, mais même de l'extérieur.

M. P.

## SUR LA COMPARAISON DES DIFFÉRENTS MODES DE TRANSPORT DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Communication faite au Congrès d'Electricité de Marseille par M. BOISSONNAS, ingénieur, directeur général de la Société Franco-Suisse pour l'Industrie Electrique.

La supériorité des courants triphasés pour le transport de l'énergie électrique n'a fait que s'affirmer depuis que fut réalisé le premier transport, il y a à peine un quart de siècle. Il est même surprenant, lorsque nous constatons les progrès les plus divers et les plus décisifs réalisés dans tous les domaines de l'électricité, qu'il n'ait pas surgi un fait nouveau, laissant entrevoir à l'esprit fébrile des inventeurs un autre mode de transmission susceptible d'une application aussi générale.

Ne nous arrêtons pas aux transports d'énergie à faible distance et à leurs applications à l'éclairage.

Que la distribution se fasse par courant continu ou par courant alternatif, les méthodes se sont précisées dans de multiples exemples qui ont donné des règles unanimement reconnues et appliquées. La tension toujours plus élevée, réalisée grâce aux perfectionnements apportés aux lampes, pourra encore apporter quelques facilités, mais les dispositions employées sont assez parfaites pour résoudre d'une manière satisfaisante tous les problèmes qui se posent dans les distributions les plus complexes.

Le courant continu, avec ses batteries d'accumulateurs et ses survolteurs conserve ses défenseurs, et le courant alternatif triphasé ou monophasé a donné la preuve qu'avec des installations puissantes un service parfait peut être réalisé.

Dans chaque cas spécial, c'est affaire de calcul, et les conditions particulières déterminent le choix des systèmes, suivant des lois parfaitement définies, qui ne laissent plus espoir à d'importantes améliorations tant que la production de la lumière se fera avec les méthodes actuellement employées.