Conditions d’utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- Le Conservatoire numérique communément appelé le Cnum constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d’œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s’inscrit dans le cadre de la loi nº 78-753 du 17 juillet 1978 :

- **la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue (Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr)**
- **la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l’objet d’une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.**

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- **les reproductions de documents protégés par le droit d’auteur, uniquement consultables dans l’enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l’autorisation préalable du titulaire des droits.**

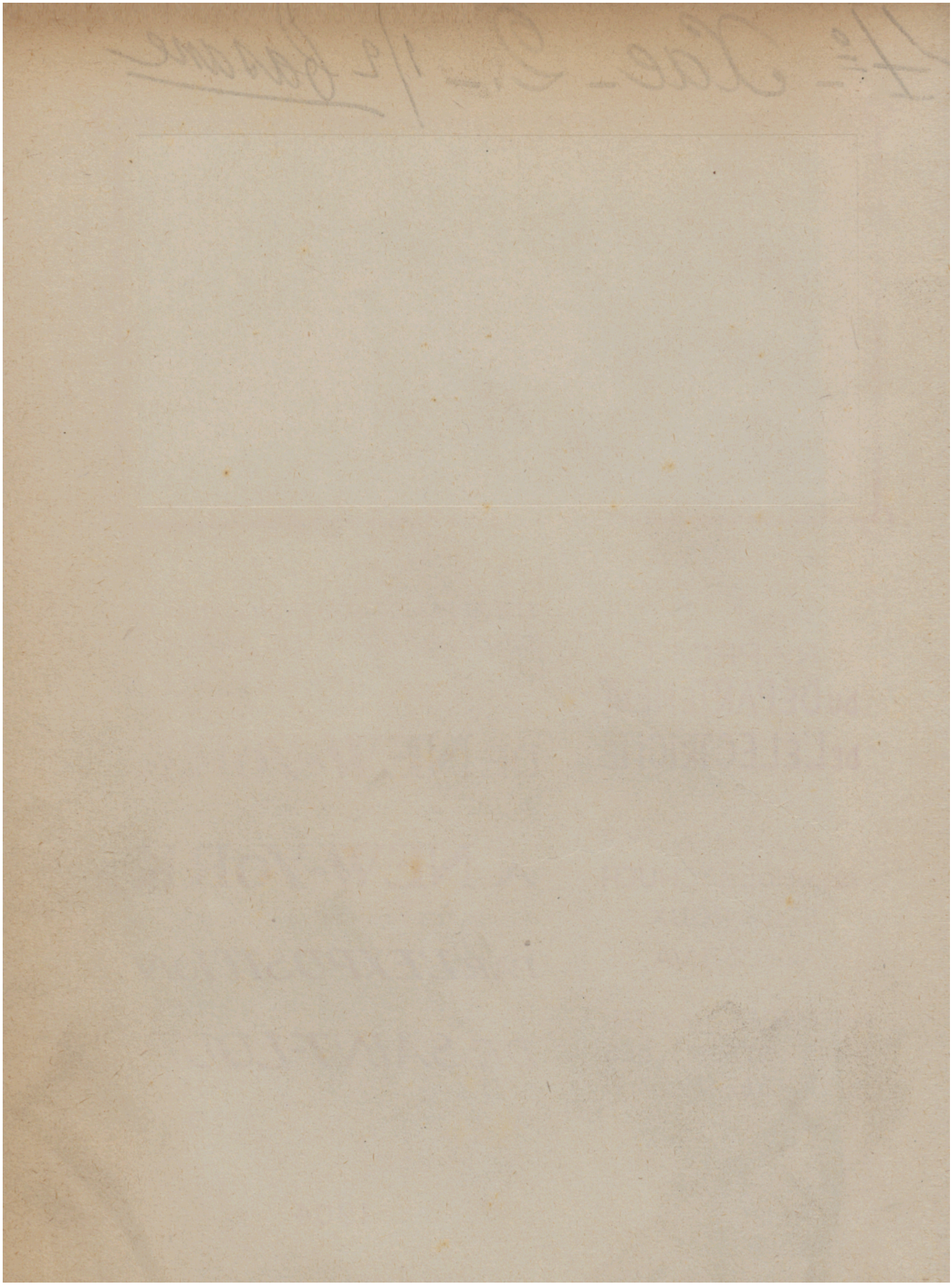
4- Pour obtenir la reproduction numérique d’un document du Cnum en haute définition, contacter cnum(at)cnam.fr

5- L’utilisateur s’engage à respecter les présentes conditions d’utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d’une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d’utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Auteur(s)	**Exposition 1904. Saint-Louis**
Auteur(s) secondaire(s)	**Holzschuch, Jacques (1874-1945) ; Roux, Gaston (1865-19..) ; Silva, André (18..-1936)**
Titre	**Les applications industrielles de l'électricité en Amérique : de New-York à New-York par l'exposition de Saint-Louis : rapport du département de l'Electricité**
Adresse	**Paris : Louis Theuveny, éditeur ; 1904**
Collation	**1 vol. (712 p.) : ill., couv. ill. ; 28 cm**
Nombre de vues	**715**
Cote	**CNAM-BIB 4 Xae 71**
Sujet(s)	**Exposition internationale (1904 ; Saint-Louis) ; Électricité -- États-Unis -- 1870-1914 ; Industries électriques -- États-Unis -- 1870-1914**
Thématique(s)	**Énergie** **Expositions universelles**
Typologie	**Ouvrage**
Langue	**Français**
Date de mise en ligne	**12/03/2025**
Date de génération du PDF	**12/03/2025**
Notice complète	https://www.sudoc.fr/113339038
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?4XAE71



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4° Xae 2. 1/2 Basane
4° 107

RAPPORT
DU DÉPARTEMENT
DE L'ÉLECTRICITÉ

PAR M.M.
JACQUES HOLZSCHUCH
GASTON ROUX
ANDRÉ SILVA.

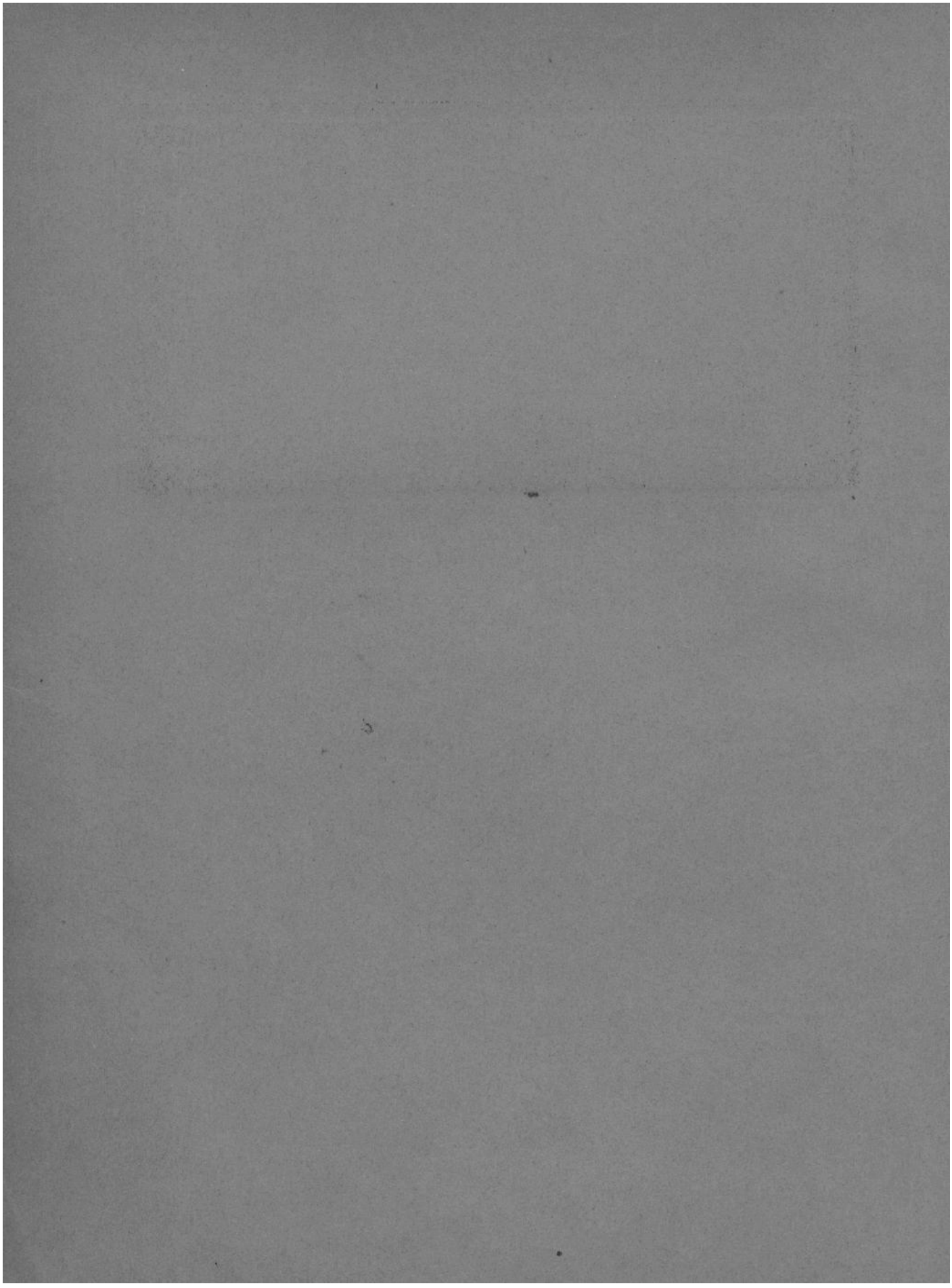
MEMBRES DU JURY
RAPPORTEURS DES
GROUPES 67-68-69-70-71

LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES DE L'ÉLECTRICITÉ EN AMÉRIQUE

DE NEW-YORK A NEW-YORK PAR L'EXPOSITION DE SAINT-LOUIS

1904

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De la part du Président
du groupe de l'Électricité
E. Sartiaux

BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATOIRE NATIONAL
des ARTS & MÉTIERS
N° du Catalogue 4° Xae 2
Prix ou Estimation 10 f
Entré le 16 Juillet 1907.

LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES DE L'ÉLECTRICITÉ EN AMÉRIQUE

DE NEW-YORK A NEW-YORK

PAR L'EXPOSITION DE SAINT-LOUIS

Rapport du Département de l'Électricité

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4° Xae 71

LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES DE L'ÉLECTRICITÉ EN AMÉRIQUE

DE

NEW-YORK A NEW-YORK

PAR L'EXPOSITION DE SAINT-LOUIS

Rapport du Département de l'Électricité

PAR MM.

JACQUES HOLZSCHUCH, GASTON ROUX et ANDRÉ SILVA

Membres du Jury

ET

Rapporteurs des Groupes 67, 68, 69, 70, 71

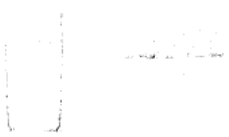
PARIS

LOUIS THEUVENY, ÉDITEUR

80, RUE TAITBOUT, 80

1904

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

INTRODUCTION

Partis de France avec le sentiment précis que nous représentions les intérêts de l'Industrie française électrique, nous avions décidé, en nous mettant en route pour l'Amérique, de faire abstraction complète de nos personnes, de former un groupe étroitement uni, et de nous aider mutuellement afin d'obtenir le plus de bénéfices possibles pour les exposants que nous représentions et dont nous devions défendre les intérêts dans les cinq groupes qui composaient le Département de l'Électricité à l'Exposition de Saint-Louis.

Nous avons quelque fierté à constater que la parfaite entente des trois titulaires du Jury de l'Électricité, rendue facile par la sympathie et l'estime réciproque, a eu la plus heureuse influence et nous a permis d'atteindre notre but dans la mesure des moyens dont nous disposions, c'est-à-dire d'obtenir des Américains tout ce qu'il a été possible d'en attendre au point de vue « récompenses ».

Il s'agissait d'abord de gagner le plus de vice-présidences possible, aux Jurys des Groupes. Cela était naturellement d'une importance capitale pour les exposants, et pour arriver à ce résultat nous pûmes nous rendre compte de ce qu'une discipline volontairement acceptée et l'esprit d'excellente confraternité, régnant entre nous, pouvaient donner d'heureux résultats. D'un commun accord, nous avons présenté les candidats à la vice-présidence, et nous avons été assez heureux que deux d'entre nous fussent nommés — le troisième s'était abstenu de bonne grâce, afin de faciliter la nomination des deux premiers —. On comprendra l'opportunité de cette tactique, qui permettait aux exposants français d'être représentés dans la plus large mesure au Jury de Département, composé exclusivement des présidents et des vice-présidents des cinq groupes et chargé de reviser les décisions de ce Jury.

Il est juste de reconnaître que notre éminent Commissaire général adjoint, M. Gérald, nous avait déjà facilité les voies, en faisant admettre,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

non sans efforts, par l'Administration américaine, le principe que la France aurait au moins un vice-président, et peut-être deux, dans notre Département. Ceci, on le comprend facilement, n'a pas été sans soulever quelques contestations. Les jurés étrangers n'avaient plus, en effet, que trois vice-présidences, sur cinq, à se partager, et nos collègues anglais et allemands, entre autres, trouvaient que leur part était ainsi réduite à sa dernière expression, alors que la France était par trop privilégiée. Le chef du Département de l'Électricité, M. Goldsborough, sujet américain, devait, hélas ! combattre à outrance, les récompenses obtenues au Jury de Groupes et rendre ce privilège presque illusoire.

Il nous est agréable de dire que la sympathie existant entre nous avant le départ se transforma rapidement, dès que nous eûmes quitté le sol de France, en une excellente amitié, qui ne se démentit pas, au cours de notre voyage. Peu à peu, nous avions appris à nous connaître, en vivant de la même vie, en nous préoccupant des mêmes travaux. Cela avait été d'abord à Paris, dans l'organisation du voyage et les travaux préliminaires; puis à bord, où déjà, en se sentant loin de la vie familiale, on éprouve, malgré soi, un besoin de se rapprocher de ses semblables ; enfin sur la terre d'Amérique, où la sensation d'isolement ne peut être combattue que par une évidente solidarité d'esprit et d'âme. Et nous conclûmes simplement que nous pouvions compter les uns sur les autres, et, qu'à l'appel de l'un de nous, les autres devraient répondre spontanément et de tout cœur. Ainsi fut fait.

Aussi, dès notre retour en France, nous remémorant nos courses à travers l'Exposition, cette ville fantastique et superbe, issue du cerveau des deux mondes, nous rappelant nos luttes courtoises, mais serrées, avec les jurés étrangers, ayant encore dans nos yeux, éblouis comme par un flamboiement électrique, la vision merveilleuse du prodigieux étalage de richesses de toutes sortes, formulant nos critiques et nos admirations communes, nos impressions sur des mœurs et des coutumes caractéristiques d'une race, nous en vînmes tout naturellement à déduire que nous pourrions continuer ce que nous avions si bien commencé, c'est-à-dire notre collaboration, et que nous devions écrire ensemble ce rapport de l'Électricité, chacun de nous devant y apporter son contingent de remarques et d'observations personnelles. Nous avons pensé que tous ceux, que les progrès de l'industrie électrique trouvent attentifs, prendraient intérêt à ce rapport, conçu selon une formule assez moderne, très documenté, très étudié, embelli de nombreuses

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

illustrations et présenté typographiquement sous une forme, sinon luxueuse, du moins agréable à l'œil et de lecture facile.

En faisant d'un commun accord le résumé de nos impressions, et en versant à la communauté les fruits de nos expériences et de nos travaux solidaires, nous évitions les redites et les conclusions semblables que le lecteur n'aurait pas manqué de retrouver, dans des rapports séparés, pour chaque classe.

Si nous ne suivons pas à la lettre les procédés des rapports officiels qui nous ont précédés ; si nous nous permettons de mettre dans ces pages, ou plutôt dans la première partie de cet ouvrage, un peu de cette liberté d'esprit qui, après tout, est un apanage bien français, qu'on ne nous accuse pas d'avoir goûté, nous aussi, au fameux poison de la littérature..... Mais, pour être membres du jury, cesse-t-on d'être accessibles aux sensations du tourisme et d'une vie si totalement différente de celle dont on a l'accoutumance, et devions-nous passer sous silence tout ce que nous avions vu dans les villes d'Amérique, au cours de notre voyage, concernant l'électricité, en dehors du cadre de l'Exposition. Sans porter le moindre ombrage aux écrivains de mérite et de profession qui soulevèrent quelque coin de l'immense voile aux trois couleurs, semé d'étoiles, qui abrite le peuple américain, qu'il nous soit permis de nous échapper des limites étroites d'un rapport et d'excursionner sur des terrains qui ne touchent parfois que de loin à l'électricité, mais où l'on trouvera peut-être à glaner quelque gerbe féconde. Du moment qu'un fil, si ténu soit-il, pourra nous relier au centre qui nous intéresse, forts de nos droits et de nos habitudes professionnelles, nous ferons un circuit, qui nous permettra de courir l'école buissonnière. Si le circuit lui-même n'est pas possible, eh bien ! nous nous en passerons, étant assurés que les ondes n'ont pas toujours besoin d'un conducteur, ainsi que le démontre merveilleusement la télégraphie sans fil. Il nous semble que nous devons donner tous ces détails de notre voyage, que nos compatriotes pourront ainsi refaire avec nous et après nous.

Avant d'entreprendre le récit de nos visites aux nombreux stands de l'Exposition de Saint-Louis, nous nous complairons à rappeler tout d'abord les noms des hommes éminents qui ont participé de près ou de loin au succès de l'Exposition d'Électricité à Saint-Louis, et qui, en France et en Amérique, ont travaillé à faire reconnaître la suprématie de notre industrie et la grandeur commerciale et industrielle de notre pays. Ce sera de notre part un respectueux hommage rendu à leur effort

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fécond. C'est sous le patronage de ces grands noms que débutera notre rapport. Il pourra plus tard servir de document à ceux qui rechercheront les noms de ces hommes qui donnèrent à cette superbe manifestation mondiale l'appui de leur talent, de leur expérience et de leur intelligente activité. En nous choisissant entre tous nos collègues pour représenter et défendre les prérogatives de la France électrique, ils nous ont fait un grand honneur dont nous les remercions. Loin de nous l'idée d'être plus qualifiés que d'autres pour remplir cette mission délicate ; nous reconnaissons, au contraire, que nombre d'entre eux avaient peut-être plus de titres pour faire partie du Jury de l'Électricité ; mais ce que nous pouvons assurer sans témérité, c'est que notre légitime orgueil d'être les représentants de l'industrie électrique française, nous a soutenus à la hauteur de la tâche que nous avions à accomplir.

Ce qui est certain, c'est qu'aucun de nos collègues n'aurait pu mettre plus de cœur, plus de dévouement et de désintéressement au service des exposants.

Nous ferons suivre cet hommage — qui sera comme l'exergue protecteur de nos rapports détaillés sur chaque groupe de l'Électricité — de nos impressions personnelles de voyageurs improvisés abandonnant, pour de longs jours, pays, occupations, famille.....

Ce sera, à proprement parler, la préface de notre rapport technique, abondamment fourni de documents, qui lui, contiendra, consciencieusement étudié et exposé, tout ce qui concerne la classification officielle du Département de l'Électricité, c'est-à-dire les machines génératrices, le groupe de l'électro-chimie, celui de la lumière électrique proprement dite, le groupe de la télégraphie et de la téléphonie et enfin le groupe des applications variées de l'électricité.

En un mot, en dehors de notre rapport purement technique, nous avons voulu atteindre le but suivant : intéresser et renseigner sur l'industrie électrique, en général, en Amérique. L'atteindrons-nous ? De tout cœur, nous nous y efforcerons. Et nous serons tout à fait satisfaits si la lecture de ces pages peut inciter nos compatriotes à aller, à leur tour, respirer l'air libre de l'Amérique, cette atmosphère où se développent les grandes idées, qui incite aux hardiesses et conseille la confiance même dans les plus folles entreprises, d'où sortent des merveilles, et qui font avancer les hommes, à grands pas, dans la voie du progrès.

Nous dirons, après M. Hanotaux, que le grand mal, en France, c'est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'esprit casanier. Le Français ne sort pas de chez lui, s'effarouche d'un départ, l'ajourne, et en fin de compte ne part pas. Il faut partir ! Il faut s'emplir les yeux et l'esprit de visions de choses nouvelles, de mœurs et d'inventions ignorées : c'est la bonne façon d'élargir notre concept personnel, et, moralement et socialement, le voyage qui forme la jeunesse, élève et campe l'homme mûr.

Il faut partir ! et surtout partir en Amérique. Rien ne saurait assez stimuler la belle énergie de notre race endormie dans les délices de sa vie. Il est d'intérêt primordial que le vieux monde entre en relations avec le nouveau ; l'un et l'autre gagneront à se connaître, et la vieille France, lourde de noblesse et de gloire, a le devoir de fraterniser avec l'audace aventureuse de la jeune Amérique.

Il importe que nos ingénieurs électriciens, nos administrateurs, nos hommes politiques mêmes visitent ces villes prodigieuses des États-Unis, où un peuple nouveau, dont l'esprit n'est imbu que d'idées et de principes modernes, sans atavisme ni routine, prendrait infailliblement sur l'ancien monde une supériorité industrielle qui, avant vingt ans, constituerait un réel danger, si nous restions inactifs et si nous laissions s'enlizer notre vigueur et notre génie national.

A l'heure de notre départ, quelques-uns de nos compatriotes qui connaissent l'Amérique, nous ont félicités de notre décision, en nous prédisant que nous serions enchantés d'avoir accompli ce voyage. A notre tour, nous féliciterons tous ceux de nos compatriotes qui l'entreprendront, et ceux surtout qu'intéresse le mouvement immense de l'industrie électrique, sûrs des découvertes éducatrices et des *émerveillements* profitables qu'ils y recueilleront.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DE NEW-YORK A NEW-YORK
PAR L'EXPOSITION DE SAINT-LOUIS

DE PARIS A NEW-YORK

Les hommes de l'Exposition de Saint-Louis. — Avant le départ. — A bord de la « Bretagne ». — Les services électriques. — La télégraphie sans fil. — En mer. — La journée d'un membre du jury à bord. — Transmission à distance de la musique, système Crosby. — Les machines de la « Bretagne ». — Le Gulf Stream. — Les brouillards de Terre-Neuve. — En vue de New-York. — La douane. — La fête de Coney Island. — De New-York à Saint-Louis. — Les trains Pullmann.

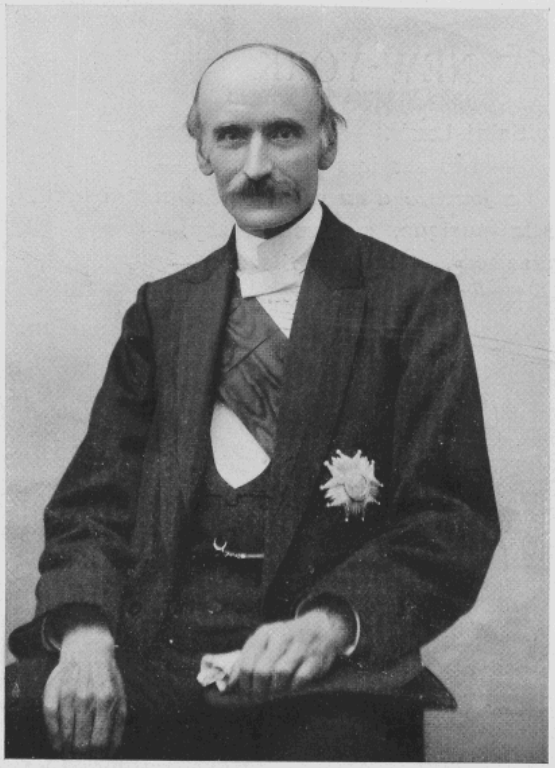
Sans qu'il puisse nous être fait le reproche d'empiéter sur les attributions de M. le Rapporteur général, nous voulons, en premier lieu, rendre hommage aux hommes dévoués, hommes politiques, ingénieurs ou industriels, qui ont consacré leur temps, leur intelligence et leur activité à édifier le monument de l'Industrie et du Commerce français à l'Exposition de Saint-Louis, soit en préparant l'exécution en France, soit en défendant ou en facilitant, par leur présence active en Amérique, par leur talent et leurs connaissances, les efforts de l'Industrie électrique.

M. Trouillot, Ministre du Commerce et de l'Industrie

Nommés au mois d'août membres du Jury, nous eûmes l'honneur d'entrer aussitôt en relations avec ces hautes personnalités en tête desquelles nous saluerons M. Trouillot, l'éminent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ministre du Commerce et de l'Industrie, dont le nom restera associé à la grande manifestation industrielle française de Saint-Louis. Est-il nécessaire de retracer ici la physionomie et la carrière brillante de M. Trouillot? Ce n'est point un inconnu pour le Barreau et il est à la Chambre, où son talent oratoire est très apprécié, un des députés les plus écoutés. Au physique, M. Trouillot commande la sympathie et la confiance par l'impression d'énergie que donne sa physionomie, son regard bien ouvert, dont un binocle abrite l'imperceptible ironie. Homme d'action, M. Trouillot a dépensé dans cette circonstance une étonnante activité, servie par sa grande intelligence et le sens très précis qu'il a des intérêts de l'Industrie et du Commerce français.



M. le Président Alfred Picard, Délégué du Gouvernement de la République Française.

Le trait saillant de son caractère est une bienveillance extrême. Nous avons eu plaisir à l'éprouver lorsque nous nous sommes trouvés en contact avec lui, dans un banquet dont nous aurons l'occasion de parler tout à l'heure. Nous nous sommes sentis très à l'aise auprès de lui; tout, dans son attitude et ses paroles, était d'accord avec la loyauté bienveillante de la physionomie. Nous l'avons vu se prêter avec la meilleure grâce du monde à l'indiscrétiondes inévitables appareils photographiques, dont la seule excuse a été de grouper tous les membres du Jury en une grande famille, dont M. Trouillot était le chef respecté.

Nous ne rappellerons pas la silhouette très connue, très populaire, de M. le Président Alfred Picard, Grand Croix de la Légion d'Honneur. Nous lui apporterons seulement l'hommage de notre admiration. M. le Président Alfred Picard, délégué à Saint-Louis, en qualité de Commissaire Général de l'Exposition, avec le titre de Délégué extraordinaire du Gouvernement de la République Française, n'hésita pas, en dépit des fatigues certaines, à passer la mer, et à nous donner l'exemple du devoir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Personne n'a oublié le remarquable rapport général de l'Exposition de 1889, qui le fit désigner par son camarade de Polytechnique et ami M. Carnot, Président de la République Française, pour remplir les hautes fonctions de Commissaire général à l'Exposition de 1900.

Cette Exposition à peine close, M. le Président Picard assuma encore la lourde responsabilité du Rapport général.

Malgré nous, nous songeons, par comparaison, à notre modeste travail de collaboration, auquel nous avons cependant consacré de longs mois, et que nous nous sommes efforcés de rendre intéressant et instructif : il est cependant bien peu de chose en regard du travail formidable d'un Rapport général tel que celui de M. Alfred Picard. Aussi, sans nous permettre de porter une appréciation sur cet homme éminent, juriste et économiste à la fois, qui employa toute une vie de noble labeur et de dévouement au service de notre pays, pouvons-nous au moins rendre hommage à l'autorité et à la haute valeur de l'administrateur et de l'ingénieur, que nous avons été assez heureux de voir à l'œuvre à l'Exposition.

Nous nous souviendrons toujours de la visite qu'il fit au Palais de l'Électricité de Saint-Louis. Nous fûmes chargés de l'accompagner. Cet honneur devint un plaisir, tant il nous fut donné de constater l'extraordinaire compétence que M. le Président Picard apportait aux choses de notre profession ; il nous émerveilla par ses connaissances techniques, par la sûreté de sa mémoire, par la puissance de son intelligence alerte. Du reste nous ne fûmes pas les seuls à être subjugués et les Membres du Jury Étranger ne furent pas moins impressionnés que nous-mêmes de son savoir, et nous fûmes ainsi témoins de l'énorme crédit dont jouit M. le Président Picard tant en France qu'à l'étranger : nous en avons personnellement ressenti l'impression profonde et aussi quelque fierté.

M. le Président Alfred Picard avait pour secrétaires particuliers M. Heurteau, ingénieur des Mines, et M. Delaunay-Belleville, ingénieur des Arts et Manufactures.

M. Géo Gérald avait le titre de Commissaire général adjoint à l'Exposition de Saint-Louis : il fut appelé à ces fonctions délicates auxquelles le destinaient ses qualités spéciales d'organisateur, pour remplacer M. Michel Lagrave, qui engagea les premiers pourparlers et stimula avec beaucoup d'énergie les industriels français à prendre part à l'Exposition de Saint-Louis. M. Géo Gérald, député des Charentes, nous a conquis par l'activité débordante qu'il a mise au service des exposants. Doué d'une mémoire prodigieuse, parlant l'anglais aussi purement que le français, il apporta à la défense des intérêts français une sollicitude que nous avons pu constater maintes fois et que nous avons mise nous-mêmes a contribution fréquemment. Son abord était facile, son accueil

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des plus aimables, et nous étions sûrs, en venant lui demander de nous consacrer quelques instants, d'être toujours les bienvenus. En dépit de ses nombreux travaux, sa porte nous était toujours ouverte et son aide, ainsi que ses conseils, nous étaient acquis. D'une distinction et d'une élégance parfaite, d'un esprit très fin, un tel homme est de ceux que l'on aime à suivre, car ils sont toujours prêts à aller de l'avant et à entraîner leurs collaborateurs.

M. Géo Gérald, Député, Commissaire général-adjoint à l'Exposition de Saint-Louis.

Nos rapports avec M. E. Sartiaux furent immédiats et directs, en sa qualité de Président du Département F (Électricité) à l'Exposition de Saint-Louis.

Il se recommandait à cette haute fonction par les titres divers d'une carrière entièrement consacrée, depuis 30 ans, au service de la Science et de l'Industrie Électrique.

Ingénieur en Chef des Services Électriques à la Compagnie du Chemin de fer du Nord, M. Eugène-Henri Sartiaux, a participé depuis 1881 à toutes les Expositions, soit comme Délégué officiel, soit comme Membre des Comités d'organisation ou d'installation, et des Jurys.

Il a été en outre Rapporteur aux Congrès internationaux des Chemins de fer, à Paris (1889); à Saint-Pétersbourg (1892); à Londres (1894); à Paris (1900), et à Washington (1905).

Membre des Comités Supérieurs des Installations Électriques, depuis 1881, M. E. Sartiaux assuma en outre, à l'Exposition universelle de 1900, des charges multiples et considérables, où il exerça avec succès son activité et sa grande compétence : Secrétaire de la Commission d'Organisation du Congrès International de l'Électricité, il fut, en outre, chargé de l'installation du Musée Centennal d'Électricité, où l'on put voir, pour la première fois, des collections

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

remarquables d'appareils originaux, de livres, gravures, etc... C'est grâce à lui qu'en grande partie ces collections ont servi à constituer le premier Musée de l'Électricité, à l'École Supérieure de la rue de Staël.

Membre et Secrétaire du Jury, il a rempli, d'autre part, les fonctions de Vice-Président de la Commission d'Organisation du Congrès de l'Automobilisme.

M. E. Sartiaux, on peut le dire, vit à l'Électricité, par l'Électricité et pour l'Électricité. Rien de ce qui touche à notre industrie ne lui est indifférent : Président depuis six ans de l'Association Amicale des Ingénieurs Électriciens et, depuis cinq ans, du Syndicat Professionnel des Industries Électriques, il s'est occupé, avec non moins d'activité, de la création d'une École Professionnelle d'Apprentis électriciens, destinée à fournir aux industries, des ouvriers connaissant bien leur métier.

M. E. Sartiaux,
Président du Département de l'Électricité
à l'Exposition de Saint-Louis.

Il a été également Président du Jury de la Classe 12 (Électricité), et Vice-Président du Jury supérieur, à l'Exposition régionale de Lille et d'Arras, et a été nommé Président du Groupe V à l'Exposition universelle et internationale de Liège.

Entre temps, il a été désigné comme Membre du Comité de Direction de l'Office National du Commerce Extérieur, et de la Commission du Musée Préventif des Accidents du Travail au Conservatoire National des Arts et Métiers.

Officier de la Légion d'Honneur depuis 1900, Chevalier de la Couronne d'Autriche, etc., M. E. Sartiaux a publié un certain nombre d'ouvrages traitant des applications de l'Électricité ; il est, en outre, l'inventeur de divers appareils électriques appliqués dans l'exploitation des Chemins de fer.

Au cours de nos nombreuses visites chez lui, nous avons pu constater que cet Ingénieur était aussi modeste qu'accueillant, et nous lui devons des indications précises et des renseignements autorisés qui nous ont permis, étant mieux éclairés, de mieux remplir notre mission et de servir efficacement à notre tour, la cause de l'Électricité.

Nous ne devons pas oublier la participation prise à l'organisation de cette Exposition par M. Chapsal, maître des Requêtes au Conseil d'État et directeur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du Personnel au Ministère du Commerce, qui employa tout son zèle au succès de la grande entreprise et seconda avec une haute intelligence les idées du Ministre. Il a été nommé depuis Commissaire général pour l'Exposition Internationale de Liège.

Rappelons encore, les efforts courageux de ce groupe d'hommes, intéressants à tant de titres, représentant le Comité français des Expositions à l'Étranger. Son Président M. Ancelot, le distingué membre de la Chambre de Commerce, a rendu et rend chaque jour au Commerce français des services trop signalés pour qu'il soit besoin d'insister ici sur ses mérites professionnels. Nous nous plaisons seulement à rappeler le dévouement et la haute compétence qu'il mit au service des Exposants français à l'Exposition de Saint-Louis et à rendre hommage à ses intelligents efforts. Nous associerons, dans notre souvenir reconnaissant, les noms de M. Louis Dupont, le brillant industriel, Président de la Section Française, dont nous avons apprécié la courtoisie et la cordialité; de M. Kester, président du Jury des récompenses à l'Exposition de Saint-Louis, trésorier du Comité français des Expositions à l'étranger; de M. Henri Hamelle, qui nous accompagna à Saint-Louis, en qualité de Rapporteur général; cette lourde tâche ne pouvait être confiée à un grand industriel plus compétent et plus autorisé (1).

M. Ancelot, Président du Comité français des Expositions à l'étranger.

Autour d'eux, avec eux, commençaient déjà nos devoirs de jurés. Pénétrés de nos responsabilités initiales nous n'avions garde de nous y soustraire. Nous eûmes d'abord de fréquentes réunions chez notre aimable Président de l'Installation du Département de l'Électricité, M. Eug. Sartiaux, et de longues discussions préliminaires. Il importait en effet de nous renseigner tout d'abord sur les maisons exposantes. Aussi avons-nous débuté par l'étude approfondie des

(1) M. Henri Hamelle a pris la succession de M. Paul Bourgeois que des raisons de santé ont obligé à se démettre de ses hautes fonctions. Cependant en raison de sa grande compétence le Comité l'a prié de vouloir bien apporter à M. Henri Hamelle sa plus large collaboration.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

questionnaires, que nous avions préalablement demandés à chacune d'elles, questionnaires portant sur des points spéciaux : applications de leur industrie, progrès acquis, importance de l'industrie, catalogues, récompenses déjà obtenues aux autres Expositions, etc...

De plus, il y avait pour nous une grave question, c'était celle de la langue anglaise, que l'on parle en Territoire américain. Il était bien entendu que chacun de nous parlait l'anglais, mais n'existait-il pas dans nos connaissances linguistiques quelques lacunes? — Nous n'hésitâmes pas à refeuilleter la vieille grammaire et les livres de conversation que nous avions laissés tomber dans l'oubli. Nous eûmes à nous remémorer surtout les termes techniques indispensables à l'électricien. La difficulté d'ailleurs se compliquait. Certes on parle l'anglais en Amérique, mais on y parle aussi l'américain. Les personnes sont rares qui n'ont pas eu, entre les mains, un ou plusieurs journaux de caricature américains, où l'humour de l'Oncle Sam s'en donne à cœur joie.

Le plus souvent l'esprit qui s'en dégage est obtenu au moyen de jeux de mots d'anglais, déformés par les lèvres et les gosiers américains. Il fallait donc étendre un peu nos connaissances grammaticales et linguistiques, afin de ne pas risquer de tomber sous le coup de mauvaises et faciles plaisanteries.

Et puis, il y avait aussi l'émotion inséparable d'un premier début dans le Nouveau Monde, qui nous tenaillait en dépit de nous-mêmes, et nous rendaient hésitants, car nous n'ignorions pas les grandes difficultés, créées aux Membres du Jury, dans les Expositions américaines antérieures.

Cependant le banquet du Dimanche 7 août, ne fut pas sans nous donner quelque courage. Ce Banquet, que nous dirons amical, était offert, sous la Présidence de M. Trouillot, Ministre du Commerce, par le Conseil de Direction du Comité français des Expositions à l'Étranger, à l'occasion du départ, pour les États-Unis, de M. le Président Alfred Picard, Délégué du Gouvernement français, de M. Géo Gérald, Commissaire général adjoint et les Membres du Jury de l'Exposition de Saint-Louis; M. Chapsal, Directeur au Ministère du Commerce, M. Ancelot, Président du Comité des Expositions à l'Étranger, M. Henri Hamelle, etc..., y avaient été conviés. Nous y assistâmes. Il eut lieu chez Ledoyen, aux Champs-Élysées, et, en dépit de l'accablante chaleur de cette journée, les heures consacrées à ce déjeuner passèrent rapides et agréables.

A l'heure des toasts, M. Ancelot, Président du Comité français des Expositions à l'Étranger, parla le premier, en se défendant de faire un discours, ne voulant qu'exprimer sa gratitude et ses souhaits. Nous sommes heureux de transcrire ici le toast aimable qu'il porta; il y trouve tout naturellement sa place. De même que les toasts qui l'ont suivi, il nous prépara au voyage que nous allions entreprendre, tout en nous permettant de recueillir des indications et des observations qui nous furent profitables par la suite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Monsieur le Ministre,

« Messieurs,

« Par suite des chaleurs tropicales que nous subissons depuis quelques jours, il a « été convenu que ce déjeuner se terminerait sans discours.

« Mais en tous temps les toasts me paraissent avoir été autorisés, et le mien, très « court, du reste, ne saurait vous fatiguer longtemps.

« Il s'adresse tout d'abord à vous, Monsieur le Ministre, qui jouissiez hier encore « de la douceur d'être dans votre pays natal et qui n'avez pas hésité à venir dans cette « fournaise parisienne pour nous consacrer la seule matinée dont il vous était permis de « disposer.

« Vous avez tenu, Monsieur le Ministre, à venir vous-même présider cette réunion « et présenter à M. le Délégué du Gouvernement français et à M. le Commissaire général « adjoint, les membres du Jury français qui se préparent à partir pour Saint-Louis.

« Cette nouvelle marque d'estime que vous voulez bien donner à notre Comité nous « touche profondément, et je me fais l'interprète des sentiments de reconnaissance que « chacun de nous ici vous adresse.

« Messieurs, je lève mon verre en l'honneur de Monsieur le Ministre du Commerce.

« Que M. Alfred Picard me permette maintenant de lui souhaiter une heureuse « bienvenue parmi nous, ainsi qu'à son distingué collaborateur, M. le Député Gérald ; « et qu'ils reçoivent tous deux l'assurance de notre entier dévouement.

« La grande Exposition de 1900, à laquelle vous avez attaché votre nom, Monsieur « le Président, nous a permis de marcher sous vos ordres et d'apprécier votre grande et « belle intelligence. C'est pourquoi vous pouvez compter sans limites sur le Comité « français des Expositions à l'Étranger, qui est fier de vous avoir parmi ses Présidents « d'honneur.

« Monsieur le Ministre, en désignant M. Gérald, député, comme Commissaire « général adjoint, a su placer à vos côtés un homme digne de vous. Nous sommes heureux « de penser qu'il sera ce collaborateur infatigable et intelligent tel qu'il le faut pour « marcher avec vous.

« Nous saluons enfin en M. Gérald, le nouveau membre du Comité, et nous l'aiderons « avec vous de notre sincère et dévoué concours.

« Messieurs, je vous demande de porter la santé de M. Alfred Picard, Délégué du « Gouvernement, et de M. Gérald, Commissaire général adjoint à l'Exposition de « Saint-Louis.

« Je ne puis terminer ce toast sans adresser tous nos remerciement aux membres du « Jury qui ont bien voulu, avec tant d'empressement, se rendre à notre invitation.

« Nous sommes heureux de les saluer avant leur départ pour l'Amérique, où ils vont « avoir une lourde et difficile mission à remplir. Je me contenterai de leur dire qu'ils « partent avec toute notre confiance, car nous sommes certains que, grâce à leur énergie, « ils obtiendront dans le Jury international les hautes et justes récompenses sur lesquelles « ont le droit de compter l'Industrie et le Commerce français.

« Messieurs les Jurés, je bois à votre bonne santé ; je bois à votre bon et heureux « voyage : je bois à la France. » (*Applaudissements prolongés.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Monsieur Trouillot, Ministre du Commerce, prit à son tour la parole, en ces termes :

« Messieurs,

« J'attachais un très grand intérêt à présider, avant l'embarquement pour Saint-Louis « des membres du Jury dont j'ai été heureux de ratifier la nomination, cette réunion « nécessaire qui devait permettre de se mieux connaître, à des hommes qui vont collaborer « ensemble à une très grande tâche nationale.

« Une Exposition a deux points culminants : l'un, c'est l'organisation même. Cette « partie de la tâche est terminée ; l'Exposition de Saint-Louis bat son plein, et la France « y place sous les yeux des nations les trésors de son industrie et de son commerce dans « les conditions qu'exigeaient à la fois son intérêt et son honneur.

« La seconde tâche commence ; c'est celle qui consiste dans les travaux du Jury des « récompenses, et c'est là une décisive bataille. Pour la livrer, vous avez à votre tête le « chef qui, par ses éminentes qualités de l'esprit, par ses hauts services, et en outre (je ne « fais ici qu'une constatation, Monsieur le Président, ce n'est pas un éloge que je vous fais) « par une autorité que l'on peut dire universelle (*Bravos*), était certainement le mieux « placé pour vous conduire à la victoire.

« J'ajoute que M. Picard n'est pas seulement, devant l'Administration américaine, « le représentant du Ministre du Commerce ; il est le représentant du Gouvernement « tout entier ; il est, vis-à-vis de la République américaine, l'envoyé extraordinaire de la « République française. (*Applaudissements.*)

« Le Gouvernement lui a adjoint mon collègue et ami, M. Gérald, qui, en dehors « de toutes les qualités si sûres, si précieuses qui le recommandaient à notre choix et qui « lui rendront plus facile l'accomplissement de sa mission, possède une connaissance « approfondie de la langue anglaise.

« A tous ces titres, Messieurs, vous êtes bien armés, et je ne doute pas de la victoire.

« Je donnerai tout à l'heure la parole à M. Picard qui, au point de vue de votre « mission technique, a des explications à vous fournir et qui se tiendra à votre disposition « pour répondre aux questions que vous aurez à lui poser.

« Il est seulement quelques points sur lesquels je dois appeler spécialement votre « attention.

« Une chose est essentielle tout d'abord, c'est que nos commerçants et industriels « ne sortent pas de l'Exposition de Saint-Louis avec des récompenses inférieures à celles « qu'ils ont obtenues en 1900. (*Applaudissements.*)

« Un autre point est tout à fait important, et je parle pour vous seulement, c'est que « le commerce français ne puisse être la dupe d'aucune usurpation de marques. Il est « certain que le bordeaux français, que le bourgogne français ne peuvent livrer bataille « avec des bordeaux et des bourgognes portant l'étiquette d'un autre pays ; il est certain « que, de même que cela s'est passé à Amsterdam, où l'on n'a pas admis que le « cognac « hollandais », qui n'est pas du cognac, luttât avec le cognac français, nous ne pouvons « admettre que l'on méconnaisse, au détriment de la France, au détriment même du bon « sens et de la signification élémentaire des mots, ce qui est une partie de notre propriété « nationale. (*Applaudissements.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Enfin, il faut que la proportion même des récompenses soit mesurée sur l'impor-
« tance et sur le nombre des productions et des exposants. C'est encore un point qui devra
« retenir votre attention.

« Messieurs, nous suivrons vos travaux avec l'attention que comporte l'importance
« des intérêts engagés dans la question. Vous les défendrez utilement, vous travaillerez
« à donner au commerce français une activité plus grande, à votre pays une plus grande
« prospérité. (*Appplaudissements.*)

« Je bois, Messieurs, à ces résultats, et comme une bonne santé vous est nécessaire
« pour le voyage que vous allez entreprendre, je bois à votre santé qui sera encore un
« gage de la victoire. » (*Applaudissements prolongés.*)

Monsieur Picard, Délégué du Gouvernement français à l'Exposition de Saint-Louis, se leva et répondit à la belle allocution de notre Ministre.

« Messieurs,

« Loin de moi la pensée de rompre le pacte conclu pour bannir les longs discours de
« cette réunion intime et presque familiale. Je veux simplement vous dire en deux mots,
« au nom de M. le Député Gérald, Commissaire général adjoint, comme au mien, com-
« bien nous nous félicitons d'entrer ainsi en contact immédiat avec les frères d'armes qui
« vont aller au delà des mers défendre l'honneur du drapeau national. Nous le devons à
« la haute bienveillance de M. Trouillot, Ministre du Commerce; nous le devons aussi
« à l'initiative toujours en éveil du Comité français des Expositions à l'Étranger, et en
« particulier de son Président, mon ami, M. Axcelot. Qu'il me soit permis de leur
« témoigner notre reconnaissance. (*Très bien.*)

« Messieurs les Jurés, vous avez été tous, ou presque tous, à divers titres, des arti-
« sans de la grande œuvre par laquelle le Gouvernement de la République française a
« clos le dix-neuvième siècle. Vous savez le fardeau écrasant qui pesait alors sur les orga-
« nisateurs. Après ce dur labeur, mon unique désir, mon meilleur espoir était de trouver
« quelque repos. Quand, il y a peu de jours, le Gouvernement m'a fait le très grand
« honneur de penser au vétéran de 1889 et 1900, les objections se sont pressées en foule
« sur mes lèvres, M. le Ministre pourrait l'attester. Néanmoins, j'ai obéi comme le soldat
« qui doit marcher, qui marche tant que ses forces ne le trahissent pas. (*Applaudis-
sements.*)

« Aussi bien, n'allais-je pas trouver un ample réconfort dans le plaisir inappréciable
« de servir avec vous la cause de l'Industrie et du Commerce français? De même que
« naguère, je me dévouerai corps et âme à cette noble cause. Laissez-moi escompter en
« échange les sympathies qui seules pourront me conduire au terme de ma mission.

« M. le Député Gérald a la bonne fortune d'être jeune. Cela ne l'empêche pas d'être,
« veuillez excuser le néologisme, un expositionniste consommé et d'avoir précisément
« abordé la carrière sur la terre américaine, à Chicago. Son dévouement à la tâche com-
« mune sera le même que le mien; il y apportera en plus les ardeurs et les facultés de
« la jeunesse. Nous travaillerons ensemble, la main dans la main; sa part sera la plus
« active, et quand ensuite vous jetterez un regard vers le passé, votre souvenir reconnais-
« sant ira, je n'en doute pas, vers celui qui vous aura prodigué à Saint-Louis les réserves
« de son énergie et de son talent. (*Applaudissements.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Messieurs, avant de vous fournir les quelques explications que j'ai à vous donner « sur le règlement, je vous demande la permission de lever respectueusement mon verre « en l'honneur de M. Trouillot, Ministre du Commerce, et amicalement à M. Axcelot ; « je tiens également, Messieurs les Jurés, à vous souhaiter, après Monsieur le Ministre et « M. Axcelot, une heureuse traversée et de beaux succès, car ces succès sont ceux de la « France. » (*Applaudissements.*)

Continuant à parler, non plus sur le ton d'un discours officiel, mais comme dans une amicale causerie, le distingué Délégué du Gouvernement français, commente les dispositions essentielles du règlement sur l'organisation du Jury et son fonctionnement. Il nous donne des indications indispensables et des conseils pratiques sur la meilleure façon de défendre les intérêts de la Section française, au moment où les mérites de chacun devront être discutés, pour l'attribution des récompenses. C'étaient une série de conseils dont nous avons utilement profité.

Mais mille et une préoccupations nous sollicitaient par ailleurs. On pourrait décrire les inquiétudes d'un Juré parisien! Une mission officielle pèse sur qui a la prétention de la remplir fidèlement et avec tout le sérieux qu'elle comporte. Cela ajoutait encore à la légitime fièvre du départ, faite de tous les riens qui prennent, à cause du mirage de l'expédition lointaine, des proportions gigantesques. C'est extraordinaire ce que des détails infimes peuvent gagner soudain d'importance! On est sur le point de faire sa malle et voilà qu'on ne sait plus quelle malle il convient de préparer. Cela à l'air d'une plaisanterie, pas du tout. On suppute le temps qu'on a à passer en Amérique, la température — fait-il chaud, fait-il froid — les obligations professionnelles qui imposeront, à tel jour, le port de tel ou tel vêtement. Prendrons-nous une malle plate, allongée, haute? *That is the question*. Y enfermerons-nous l'habit ou le smoking? tous les deux? Cruelle énigme! Petits problèmes qui feraient hausser les épaules, s'il ne fallait pas quand même les résoudre. Cela rappelle les opérations des quatre règles, embarrassant un algébriste expert à résoudre les équations de n'importe quel degré! Il nous fallut appeler à la rescousse tout notre sang-froid d'électriciens habitués à la pondération, et les leçons de la bonne et saine logique pour conclure que la malle plate, celle qui est, dans les cabines, d'une installation facile, qu'on place sous la couchette, et que l'habit qui remplace le smoking, tandis que le smoking ne remplace pas l'habit, étaient, au point de vue pratique, de beaucoup préférables. Bien nous en prit.

Et c'est d'un pied léger, non sans une nouvelle émotion cependant, que nous nous mîmes enfin en route pour le Havre par le train Transatlantique, qui nous déposa, quelques heures après, au bassin de l'Eure, à l'embarcadère du Paquebot *La Bretagne*, notre paquebot.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Et, tandis que se déroulait le paysage et que le train filait à toute vitesse, à travers la campagne normande, nous restions silencieux et, dans notre souvenir nous repassions toutes les heures qui avaient précédé notre départ; un peu de tristesse et d'angoisse nous étreignaient, car nous savions que nous allions vers l'inconnu, et, malgré l'attrait irrésistible du pays neuf, qu'après Christophe Colomb, nous allions découvrir, nous ne pouvions échapper au regret de ce que nous quittions, au courant de la vie quotidienne brusquement interrompu par le grand départ. « Partir c'est mourir un peu », a dit Haraucourt, et un peu de nostalgie noyait de brume nos esprits à l'heure où le train entrait en gare, nous obligeant, en dépit de nous-mêmes, à secouer notre torpeur. Son sifflet strident nous réveilla tout à fait, et il nous sembla qu'il était vraiment symbolique et nous avertissait que l'heure n'était pas aux rêves mais à l'activité.

Du reste, dès ce moment, nous devons l'avouer, nous n'avons plus le loisir de nous laisser aller à des pensées moroses.

Et d'abord, nous commençâmes à visiter *La Bretagne*, paquebot de la Compagnie Transatlantique : c'était à son bord que nous devions traverser l'Océan; n'était-il pas bien naturel que nous liions connaissance avec lui? Nous le visitâmes donc de fond en comble, vite intéressés. Et puis, du moment où, bon gré mal gré, il fallait vivre là huit jours, le mieux était de prendre patience, de découvrir les avantages de la situation et de s'en arranger le mieux du monde. Évidemment, il y aurait quelque exagération à affirmer que nous y eûmes toutes nos aises; nous n'étions pas les seuls passagers à bord, et comme au Théâtre, un jour de pièce à succès, on refusait du monde, nous affirma le Commandant Poncelet, dont la sympathique physionomie nous inspira immédiatement une confiance sans bornes, au sujet de notre traversée. Et certes nous conclûmes que sous le commandement de cet homme, énergique et toujours souriant, *La Bretagne* pouvait défier la destinée. Ce raisonnement n'est peut-être pas d'une incomparable logique, mais tous ceux qui ont voyagé nous accorderont qu'il est essentiellement humain.

Nous ne pouvons pas donner une idée de l'affluence des voyageurs à bord. L'embarquement s'opéra dans une véritable cohue. Les cabines étaient archi-combles. D'autre part les parents et les amis, qui ne voulaient quitter les leurs qu'à la dernière minute, avaient obtenu de les accompagner en mer jusqu'à deux milles de la côte; de sorte que, sur le pont, c'était un encombrement et un brouhaha de fête publique. Le *Titan* remorqua le grand transatlantique aux grosses cheminées rouges à travers les passes du port. C'était lui qui devait ramener au Havre les amis de la dernière minute.

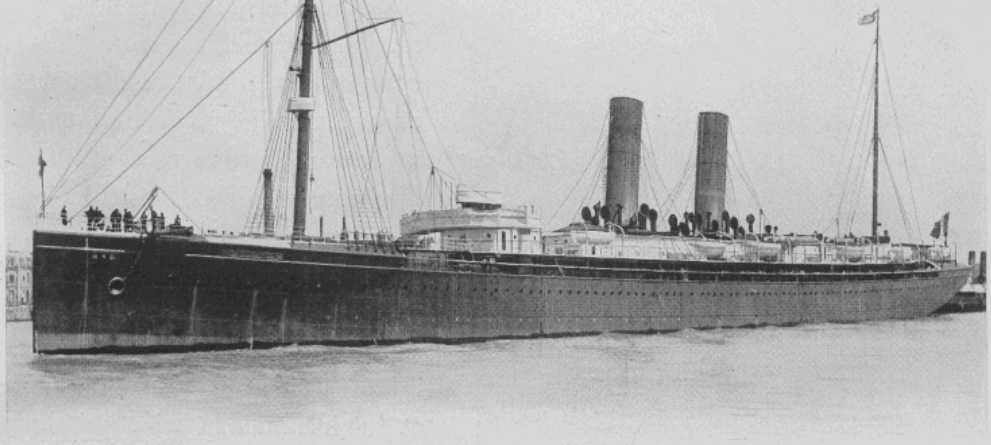
Par un soleil splendide et un ciel sans nuages, *La Bretagne* partit douce-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment à 5 heures du soir sur une mer bleue et sans vagues. C'était un glissement imperceptible, sans roulis, ni tangage...

Laissant derrière elle, dans un sillage lumineux, une poussée formidable de lames, *La Bretagne*, majestueuse et noble, semblait voguer sur un lac. Nous ne cacherons pas que ce fut pour nous une minute d'intense émotion à voir doucement s'éloigner la terre de France, et du même coup passèrent devant nos yeux tous les souvenirs que nous y laissions. Mais on perçoit encore sur le quai les gestes d'adieu, les mouvements de la foule et du port; puis, peu à peu tout s'estompe, se fond, devient imprécis, s'embrume devant les yeux que voilent peut-être quelques larmes. *A Dieu Vat!*

Le *Titan* ayant fait son devoir de remorqueur et ayant atteint le point terminus où son secours devenait inutile, se rangea près du bord et ce fut alors le signal des derniers adieux.



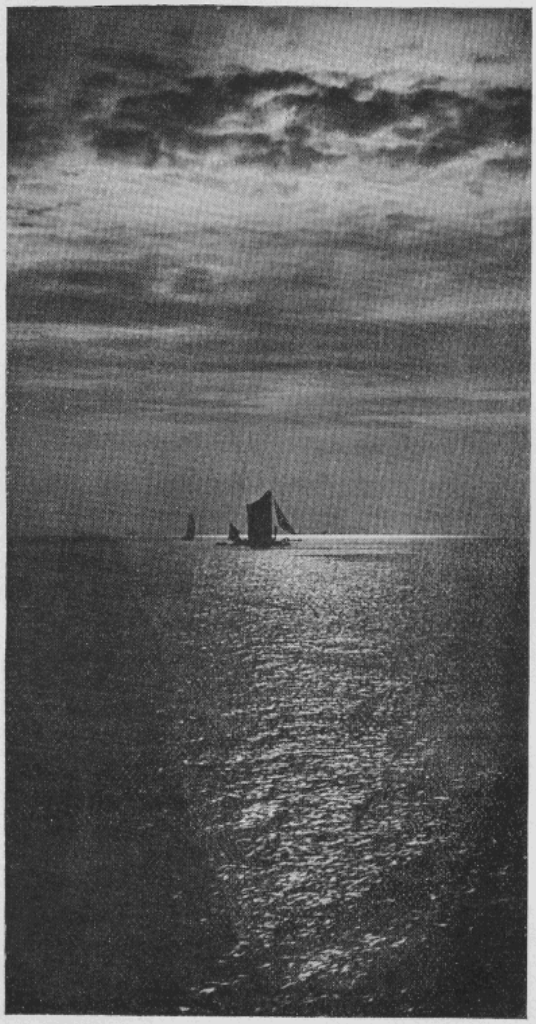
Paquebot « La Bretagne », de la Compagnie Générale Transatlantique.

Qui n'en a pas éprouvé la tristesse infinie? L'heure est venue et les larmes, peu à peu, à mesure que le *Titan* s'éloigne rapidement vers le port, s'adoucissent et s'éteignent, murmure imperceptible dans le grand murmure des vagues.

Maintenant, *La Bretagne* gagne à belle allure la haute mer, le crépuscule charge l'horizon bas de ses nuages de cuivre et d'or, lourds de toute la splendeur du soleil déchu et qui, insensiblement, s'enfonce dans la mer. L'air bleu s'estompe d'une fine lumière grise qui donne aux arêtes du port, que nous apercevons encore, une couleur et un charme indéfinissables. Nous allons!....

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La lune maintenant, comme un merveilleux globe électrique, inonde le ciel de clartés éblouissantes, dont le phosphorescent reflet se balance au miroir des vagues. Plus blanche dans cette lumière lunaire, l'écume aux sommets mouvants ressemble à des flots de dentelles immaculées en bordure d'une somptueuse robe verte. L'heure est sereine et nous en conserverons la majestueuse et inoubliable impression. Cependant les phares de Cherbourg, de la Côte de Bretagne, et les phares des îles Scilly projettent dans le fond du ciel, où des ombres s'accumulent, leurs feux clairs et vibrants, c'est le dernier souvenir de la terre française que nous recueillons. C'est le dernier regard du pays natal qui étend sa protection sur ceux qui volontairement s'en sont exilés, et qui, tout en indiquant la route qu'il faut suivre, semble nous dire « au revoir! » C'est le dernier sourire de la France!



En mer.

Nous restons immobiles, suivant de l'œil le sillage lumineux de ces projections électriques sur l'immensité mystérieuse de la mer et du ciel! Mais la brise qui chante et qui est douce à respirer, disperse les derniers rayons accrochés à notre vision; spontanément nous rentrons dans le salon des premières, par le grand escalier éclairé comme pour une fête; dans le salon c'est un ruissellement de lumière électrique, qui a tôt fait de chasser toute idée de spleen ou de tristesse, et comme nous sommes Français et que nos impressions sont nettes et rapides, nous goûtons vivement cette gaîté communicative des lumières, cette débauche de clartés.

D'ailleurs, c'est partout sur *La Bretagne* la même féerie : tout y est agencé selon la formule moderne, ou à peu près, dans son application la plus ration-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nelle et la plus confortable. Partout, l'électricité déverse ses torrents de lumière. Il suffit de tourner un interrupteur pour faire le plein jour dans nos cabines.

Mais nous subissons déjà la nostalgie du pont. Il est des spectacles dont on ne se lasse pas et nous ne craignons pas d'en épuiser le soir même de notre embarquement le charme infini. Tout d'ailleurs nous était prétexte à surprises, aussi bien les cherchions-nous!

En nous promenant sur notre ville flottante, nous aperçûmes une sorte de petite cabane dans laquelle évidemment il se passait quelque chose. La curiosité est la plus essentielle des qualités. En nous approchant, nous entendîmes un bruit très léger de marteaux, rappelant un peu le mouvement irrégulier de la machine à écrire. Une lucarne éclairait la cabane : c'est par là qu'en regardant, nous pûmes nous rendre compte que la personne assise là manipulait un appareil télégraphique. C'est le télégraphe Marconi sans fil, grâce auquel il nous est encore permis de répéter l'au revoir que nous avions cru définitif et d'annoncer à ceux qui sont restés sur le sol de France, que « la mer est belle » et que « nous sommes en parfaite santé ». Et ceci a soudain en nous un retentissement de joie.

Nous pensions avoir rompu tout lien avec le continent, nous avions eu sans nous l'être communiquée, la pensée que nous étions désormais à la merci de l'élément mystérieux et terrible, l'Eau, isolés et perdus, et voici que nous nous sentons encore en communication avec la terre et que nous pouvons donner de nos nouvelles aux êtres chers que nous avons quittés : nous correspondons avec des bateaux français et étrangers, voguant comme nous sur l'infini bleu, qui ne nous voient pas plus que nous ne les voyons, qui sont à cent milles de nous, mais qui savent notre vie, et à qui nous pouvons transmettre des nouvelles. Et voilà que soudain sur l'Océan, boulevard maritime où l'on se rencontre rarement, où l'on se voit microscopique au bout de la lorgnette, on n'a plus cette angoissante obsession de l'isolement absolu : on en vient à penser que, dans un avenir prochain, grâce à la puissance d'émission des appareils perfectionnés et à leur délicatesse de réception, les distances gigantesques de l'Atlantique seront relativement supprimées et qu'il sera possible d'être toujours relié à quelque chose et à quelqu'un par les ondes électriques. Et nous avons béni notre curiosité et la petite cabane Marconienne où s'accomplit la besogne mystérieuse. Le *Titan* est parti, battant pavillon, tremblant de tous les mouchoirs réunis et flottants à la bise... Ce n'était pas le dernier adieu : il nous reste le télégraphe sans fil.

Nous avons étudié l'installation sur place : la station de *La Bretagne* est montée avec transmetteur et enregistreur Mors. L'antenne se compose de 3 fils, reliés au sommet du mât arrière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il y a un transformateur Jigger Marconi entre l'antenne et sa prise de terre (masse arrière du bateau) et un cohéreur Branly... Les signes, à la réception, sont parfaitement nets, toutefois, pour éviter toute erreur provenant de perturbations extérieures, les dépêches sont répétées par le poste récepteur au poste transmetteur.

Un graphique, représentant la marche de tous les steamers porteurs du même système, donne les heures où théoriquement *La Bretagne* doit se trouver assez proche d'autres paquebots pour pouvoir correspondre avec eux.

La distance de transmission possible est de 130 kilomètres environ ; on entre en communication avec la terre au Cap Lizard (pointe ouest de l'Angleterre) et au Pautucket (côte de l'Amérique).

D'après le graphique, on croise tous les jours un ou plusieurs paquebots, de sorte que, allant vers l'Amérique, si l'on est trop éloigné pour correspondre avec le Cap Lizard, on envoie la dépêche à un bateau venant vers l'Europe, lequel à son tour l'envoie au Cap Lizard dès qu'il peut entrer en communication avec lui.

La station du paquebot reçoit ou transmet des dépêches officielles relatives à l'état de la mer dans les régions que vient de traverser le bateau. Les passagers obtiennent quelques nouvelles des continents et peuvent envoyer toutes dépêches qu'ils désirent.

Pendant la traversée à l'aller, nous n'avons pu correspondre avec aucun steamer avant 5 jours de mer et nous n'avons correspondu au retour qu'avec 2 paquebots seulement. Il faut dire que le temps a toujours été brumeux et l'expérience démontre qu'il n'est guère possible, dans ces conditions, de transmettre des messages à plus de 75 kilomètres, distance faible comparée au champ de parcours des paquebots.

Mais le rôle de l'électricité à bord est loin d'être fini ; c'est elle qui fait le luxe flamboyant du navire, c'est encore elle qui en assure la bonne marche en transmettant les ordres de la dunette où veille le commandant, à la salle des machines, à la timonerie. Ce sont d'ingénieux systèmes que nous avons salués en passant. C'est encore, la lumière électrique, qui triomphe dans les signaux et, par suite, devient la gardienne protectrice du transatlantique, puisqu'elle sauvegarde la sécurité des passagers, en avertissant du danger.

Son feu clair et scintillant nous avertit aussi que l'heure est tardive et que nous avons bien gagné un repos de quelques heures, que va bercer le roulis de la mer clémente, douce comme le balancement d'un berceau.

Dans notre désir de retracer par le détail, notre vie nouvelle, nous raconterons la journée d'un Juré parisien à bord de *La Bretagne*. Remarquez qu'il n'est pas dans l'exercice de ses fonctions : il a encore le droit d'être sybarite.

Réveil à 6 heures du matin, à 7 heures au plus tard, par les soins d'un garçon de service, auquel on ne résiste pas lorsqu'il nous annonce que « le bain

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est prêt ». On fait sa toilette et, en hâte, on monte sur le pont. Tout le monde s'y retrouve et ce sont les salutations, les souhaits d'usage, de groupe à groupe. A huit heures la salle à manger nous accueille et nous faisons un premier déjeuner substantiel et parfait. On remonte sur le pont. N'était le décor merveilleux de la mer et du soleil splendide, on se croirait sur le boulevard. On cause au hasard des sympathies vite nées, on se groupe et les mêmes sujets de conversation significatifs des préoccupations de chacun viennent aux lèvres : Quel temps fera-t-il? D'aucuns pronostiquent, fiers de prendre ainsi une soudaine importance. C'est qu'en ces parages, il est difficile de savoir la durée du beau temps. On traverse en effet les dépressions venant de l'Ouest à l'Est et l'on est toujours à la merci d'un changement de température; très rapidement, sans transition appréciable, la pluie succède au soleil. Juste le temps de se désespérer de l'ondée, qu'on suppose persistante, et, de nouveau le soleil resplendit à l'horizon dans un ciel idéalement pur. Cela intéresse tous les passagers et il ne faut pas longtemps pour se découvrir sinon un pied marin, du moins une âme maritime.

Pendant la traversée lavage du pont de *La Bretagne*.

Au balancement rythmique des rocking-chairs d'autres passagers, autour desquels on fait cercle, et qui maintes fois firent le voyage, qui connaissent l'Amérique de fond en comble, nous écrasent de leur supériorité en nous initiant aux arcanes de ce peuple jeune et fort, et dont la civilisation est une des plus hardies et des plus vivaces du monde occidental. *En dilettanti*, ils sèment de fantaisie leur conversation et piquent, par-ci, par-là, comme une fleur électrique dans la mousse d'une corbeille, une anecdote caractéristique de mœurs.

Mais de violents coups de cloche interrompent les orateurs improvisés : il est 11 heures et cette fanfare prévient les passagers que bientôt viendra l'heure de descendre à la salle à manger. De nouveau on prend place à table et l'on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

constate, non sans plaisir mais avec étonnement, que l'on a une faim vigoureuse. Les groupes de tout à l'heure se resserrent dans la vaste salle où sont disposées de grandes et de petites tables plus intimes qui sont bientôt envahies et où l'on se réunit au hasard des sympathies. On se crée ainsi, dans le caravansérail, des intimités exquises qui s'agrémentent d'un luxe rare et d'une chère savoureuse, ne laissant en rien regretter les restaurants fameux de Paris. C'est même une surprise qui se renouvellera plusieurs fois par jour, à chaque heure de repas, de constater les ressources infinies de la ville flottante. La fraîcheur des mets, la finesse des primeurs, la succulence des entremets, des crèmes et des glaces, dont nos gourmandises ne se rassasient point. Décidément la vie d'un Juré à table ne prête à aucune critique sérieuse.

Après le café et les liqueurs, des jeux variés attirent à nouveau les voyageurs sur le pont : l'ancestral jeu de tonneau qui a toujours des fervents; la fameuse « poule », sorte de jeu de marelle qu'on désigne sous le nom de « shufel board », où l'on cherche à gagner des points que le roulis ironique vous fait perdre; etc.

On rit, et toute glace est rompue entre les passagers; on se présente et on se complimente, et, quelques minutes après, il semble qu'on soit les plus vieux amis du monde. La conversation devient facile et agréable, se fait générale et gaie, restant dans le meilleur ton d'une courtoisie parfaite, avivée et stimulée par la présence de quelques dames, qui ont eu le crâne courage et l'heureuse idée d'accompagner leurs maris; elles apportent, dans notre cercle, le charme de leur sourire et de leur grâce féminine.

Mais voici que viennent les garçons du restaurant. Il y avait longtemps! Il est 3 heures. Ils présentent des sandwichs variés, des tasses de bouillon et de thé qui, chose invraisemblable, sont les très bien venues. Un peu plus tard circulent des glaces et des petits gâteaux. Anxieux, nous nous interrogeons : Pourrons-nous dîner?

Cependant, nous continuons les excursions à bord, facilitées par l'extrême prévenance du commandant Poncelet et de ses officiers qui sont allés au-devant de tous nos désirs avec la plus parfaite bonne grâce. L'aimable commandant de *La Bretagne* voulut bien nous faire lui-même les honneurs de son bâtiment; on ne peut imaginer un guide plus courtois, plus affable et plus intéressant. Il nous fit visiter son navire minutieusement, et nous pûmes ainsi, sans trop d'indiscrétion, grâce à l'habileté de notre ami, M. Paul Boyer, prendre le cliché de sa cabine que nous reproduisons dans cette page. Nos relations avec le commandant Poncelet, commencées avec urbanité, se continuèrent amicalement, et, chaque jour, en sa compagnie, nous explorions *La Bretagne* et consignions nos observations. C'est ainsi que nous pûmes constater, à l'arrière, que les passagers de seconde classe, bien que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

confortablement installés, étaient beaucoup moins bien que nous. Nous descendîmes aussi à l'entrepont, où s'imposa à nous, brutalement, l'étreignant spectacle de mille émigrants gardant dans leurs yeux l'indifférence et la tristesse de bêtes de somme, qui transportent leur misère en Amérique et la changent de ciel, comme si, à l'horizon, ils devaient voir poindre une lueur d'espoir. Puis ce fut l'attrayante visite des machines, qui intéressent toujours un ingénieur et un électricien : nous nous arrêtâmes longtemps devant la salle de

Cabine de M. Poncelet, commandant de *La Bretagne*.

chauffe, où une armée de démons assure à *La Bretagne* une marche de 400 milles par jour. Devant nous, c'était le grouillement aux gestes précis et pour ainsi dire cadencés de toute une population anonyme, qui vit dans les flancs du monstre. Le bruit sourd des machines en travail, le grondement des petits trains qui circulent, venant des trois soutes à charbon, au centre du navire, portant les 160 tonnes de charbon que les nombreux foyers ardents engloutissent chaque jour ; tandis que les machines, obéissant au mécanisme minutieux qui les réglemente, activent les mouvements puissants de l'hélice formidable et délicate, soumise au premier ordre du commandant et transmettant l'impulsion à la masse flottante qui nous abrite. On nous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dit que la provision de charbon embarquée est de 1600 tonnes pour chaque voyage, soit une provision de dix jours. Un officier mécanicien nous fait remarquer les deux machines-pilons, actionnant deux dynamos type Edison : elles fournissent le courant continu à 110 volts, et donnent à *La Bretagne* la lumière.

Nous sortîmes de cet antre un peu étourdis, et il ne fallut rien moins que l'air frais et parfumé d'aromes salins pour nous remettre. Nous allâmes vers l'avant : un autre spectacle, tout de grandeur et de majesté, s'offrit à nos yeux. Rien plus des mâts, ni des cheminées, ni des bastingages ne voile l'immensité nue. C'est la mer magnifique avec laquelle on communie intimement puisqu'il semble qu'on marche sur son tapis d'azur et d'hermine. Loin des bruits du bord et des voix, loin des conversations, nous nous sommes tenus souvent près de la proue, désertée à cause de l'audace des embruns, dont on suit le geste brutal dans la mer inviolée. Les vagues s'écartent comme à regret devant le dominateur plus puissant, et leur colère s'exaspère aussitôt en rejaillissement d'écume, en montées agressives et folles, en assauts hardis vers l'ennemi qui les brave. Là, souvent, nous sommes venus endormir, au vent berceur qui semble garder dans ses chansons mélodieuses l'haleine grisante des sirènes mythologiques, notre rêverie de Latins, que l'activité séduit et emporte, mais qui ne se refuseront jamais à la joie subtile de goûter les belles heures qui volent sous les cieux cléments.....

Un peu plus loin, ce sont les sonneries qui annoncent que le quart est accompli, la relève des hommes là-haut en observation, à 20 mètres environ, dans la cahute perchée sur le mât d'avant, comme une touffe de gui sur la branche d'un chêne, et qui regardent la mer. Ils annoncent les voiles à l'horizon sur un ton de voix plaintif et psalmodique qui rappelle les chants monotones des Basques ou l'avertissement des veilleurs de nuit de l'ancienne France. Parfois un coup de cornet, sortant de la cahute d'observation, annonce un bateau vu de là-haut, sans doute, et qu'en vain nous cherchons nous-mêmes à apercevoir. Et, le plus souvent, ces navires signalés à l'horizon, dont les guetteurs ont aperçu les ondoyantes fumées, restent pour nous un mythe ou mieux un article de foi ; il faut y croire, mais on ne les voit jamais.....

Le jour s'estompe d'une poussière diaphane qui n'est pas du brouillard et qui ressemble à un immense voile de gaze jeté sur la nudité des cieux..... C'est l'heure exquise..... chantée par les poètes..... Les dames qui sont à bord en éprouvent la voluptueuse sensation et la douceur heureuse à peine teintée de tristesse. Ce n'est que d'une oreille inattentive qu'elles écoutent ceux qui pérorent, très avertis, racontant avec volubilité et force détails les sinistres en mer fameux et récents, les naufrages avec la liste complète des morts et des survivants. Il se peut que le moment ne soit pas tout à fait bien choisi pour des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

récits de ce genre ; mais le « petit frisson » est à l'ordre du jour, et, où que l'on soit, on apprécie particulièrement les contes, nouvelles, spectacles qui ont un goût de terreur. L'orateur cependant continue et insiste..... L'espèce n'en est point rare de ces causeurs qui, accoudés à une cheminée de salon ou à un mât d'artimon, discourent avec une aisance égale sans que rien puisse tarir leur faconde : « Les ceintures de sauvetage, parlons-en ! Elles ne servent à rien. Dans l'affolement général, on les oublie, ou bien on ne peut les prendre, car on les place hors de toute portée. Voyez-vous, il y aurait des précautions essentielles à prendre lorsqu'on s'embarque : on devrait faire la répétion générale d'un naufrage, afin que, le cas échéant, tout se passe bien. »

Que l'orateur ne nous en veuille pas, mais nous ne sommes pas du tout de cet avis, et nous sommes certains qu'on partagera l'avis contraire, car il est bien inutile de troubler la quiétude du passager, en admettant la possibilité d'un accident ; l'impressionnabilité des femmes et de quelques hommes rendrait cette répétition générale sinistre et gâterait tout le charme du voyage. Et, d'ailleurs, quand on réfléchit et qu'on pense que 1 500 vies humaines, au moins, sont exposées sur ce paquebot, si petit dans l'immensité océanique, on conclut que toute simagrée antérieure serait bien inutile ; que le désarroi et l'instinct de la conservation poussent à des actes téméraires et irraisonnés, et qu'il vaut mieux se fier entièrement à la compétence, au sang-froid et au courage des officiers. Il faut cependant reconnaître que ceintures et canots de sauvetage (ces derniers suspendus aux flancs mêmes du navire) ne rendent pas toujours les services auxquels ils sont destinés, et ne sont en quelque sorte qu'une parade réconfortante, rassurante et, somme toute, nécessaire.

Sans se mêler aux conversations, quelques passagers, respectueux des habitudes continentales, font encore leur partie de dominos ou de bridge au café de l'endroit, estaminet luxueux et riant, aménagé à l'avant avec tout le confort de nos grands cafés. Histoire de s'entraîner, on consomme en guise d'apéritifs des cocktails savamment dosés qui feront peu à peu, à l'avance, un gosier américain. On règle les consommations en francs, détail sans doute, mais qui a bien son importance. Les cocktails sont une sorte de transition, la monnaie française indique que nous sommes encore en territoire français, et le « dollar » n'a pas encore fait son apparition.

La cloche, tintant clair, rassemble tous les retardataires et les ramène, encore, dans la salle à manger, illuminée *a giorno* pour le repas du soir. Nous remarquons que c'est à peine si quelques personnes, particulièrement délicates, n'ont pas répondu à l'appel. Le spectacle est ravissant ; les dames ont mis des toilettes claires qui jettent une note joyeuse : on se croirait au Grand-Hôtel ou à quelque grand banquet du Continental. Les services se succèdent jusqu'au café inclus, et on nous excusera d'affirmer qu'à 9 heures, certains passagers

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

font derechef accueil au thé parfumé et aux gâteaux que les garçons du bord servent à la ronde.

Si le passager bien portant peut suivre ce régime, tout va bien. A terre, tous les médecins le condamneraient ; mais ici, l'air est pur, la poussière n'existe pas, et l'appétit se renouvelle merveilleusement. Hélas ! certains touristes, doués par la nature d'un estomac plus délicat, ont gardé obstinément la cabine, étendus sur le lit de souffrance, indifférents à tout ce qui les entoure, aux sublimités du spectacle, aux conversations, au monde. Pourtant quelques malades, plus courageux ou plus réfractaires, s'étendent, sur des chaises confortables, sur le pont et laissent au moins caresser leur mal par la brise marine... ; mais il ne faut pas les engager à descendre à la salle à manger : c'est pour eux, rien que de l'évoquer, une souffrance de plus. Douillettement étendus, somnolents un peu, ils cherchent le repos et l'oubli de la douleur, s'alimentant, comme des oiseaux, d'une nourriture légère, très légère, la plus légère qui soit. Nous n'insistons pas. Nous persistons à croire, nous qui eûmes le pied et le cœur marins, que la force de caractère et le désir de résistance, opposés à l'horrible mal de mer, doivent le plus souvent en préserver et conjurer ses affres. L'imagination et la peur l'attirent au contraire, comme il advient pour certaines maladies épidémiques.

Et les jours passent..... Mais sans doute à cause de cette quiétude infinie, de ce bien-être, de ce confortable qui n'ont point de contre-partie, en dépense d'activité suffisante, au bout de deux ou trois jours, on se dit qu'on voudrait bien être arrivé et le ciel pèse un peu sur les têtes. Les grincheux s'accoudent, dans le geste accoutumé du causeur, et reprochent sévèrement à *La Bretagne*, en dépit de ses 400 milles par jour, de sa régularité et de ses 9000 chevaux, de ne pas aller assez vite ; ils expriment le regret de ne pas s'être embarqués à bord d'autres paquebots, plus rapides, et qui, d'une force de 18000 chevaux, abattent leurs 500 milles par jour !...

Le sixième jour, alors que plus de la moitié de la traversée est accomplie, le grincheux triomphe, et la phrase : « Nous serions déjà arrivés ! » devient un leit-motiv dans la grande chanson de la mer et le refrain des machines.

Pour notre part, nous ne regrettons rien. La trépidation de notre vapeur, trépidation très fatigante sur les paquebots de 18000 chevaux, est à peine sensible, et nous nous sommes pris à considérer *La Bretagne*, douce à la lame, berceuse et majestueuse, comme une amie dont le souvenir nous est agréable et cher. Nous lui devons de belles sensations de touristes, des soirées limpides et irréelles passées, jusqu'à 2 ou 3 heures du matin, à respirer l'air pur de la nuit, à échanger, dans un cercle bienveillant et dont la courtoisie ne s'est jamais démentie, des impressions, même des confidences, qui montaient du cœur aux lèvres ; car, devant la mer, l'âme devient plus fraternelle, oublieuse de toutes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les petitesses, de toutes les luttes âpres, de tous les déboires. Une confiance amène tombe du ciel étoilé, et on se sent meilleur et plus fort.

Nous nous sommes évidemment créé là, dans cette atmosphère de bienveillance, dans cette intimité constante des caractères, dans cette existence côte à côte, des amitiés durables qui suffisent à faire naître en nous des sentiments de reconnaissance envers notre voyage et notre transatlantique : Ainsi les effets heureux ont-ils un retour attendri sur les causes.

On les prolongeait le plus possible, ces soirées exquises, pour ne pas rentrer dans la cabine exiguë, pas très confortable, et qui était loin de valoir les agréments du pont.

Enfin, le septième jour, on commence à respirer l'Amérique. Il y a du nouveau dans l'air et dans l'eau. Des poissons volants s'ébattent autour du navire. Plus loin, d'énormes cachalots, dont les jets d'eau signalent la présence, évoluent avec une grâce lourde et font des plongeons qui sollicitent notre curiosité. Des baleines, familières de ces parages, nous avertissent que nous allons entrer dans les eaux chaudes. Sans transition, en effet, la température s'élève et devient rapidement accablante : l'eau a 28°. C'est le Gulf-Stream qui commence là et, pendant les dernières 24 heures de notre traversée, nous subirons sa tropicale influence.

New-York. — Statue de la Liberté.

Plus loin, ce sont les brouillards de Terre-Neuve, que nous ne faisons que contourner au sud, afin d'éviter les accidents toujours possibles en mer : c'est, du reste, une réglementation que seul s'est humanitairement imposée le Gouvernement français, alors que les bateaux des Compagnies étrangères, pour gagner

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quelques heures, traversent le banc de bout en bout, au risque d'aborder, dans le brouillard, et de chavirer quelques-unes des nombreuses barques de pêcheurs disséminées dans ces parages. Nous voulons noter ici l'impression sinistre de ce passage morne à travers les brumes, plus épaisses que la nuit. Le silence règne à bord et une angoisse nous étreint. Le brouillard est si épais qu'on ne voit pas à 10 mètres. En dépit de toutes les précautions, un abordage est toujours à redouter. Tous les hommes de l'équipage sont à leur poste ; on double les services d'observation ; les officiers sont rassemblés sur la dunette, attentifs au moindre bruit. Dans le grand silence des êtres et des choses, que rendent plus formidable les ténèbres qui nous enserrent comme un linceul, rien n'est lugubre et douloureux comme la plainte de la sirène, qui tombe dans la nuit de minute en minute. Le danger est là qui rôde invisible, plus terrible que la tempête, le heurt horrible, le craquement de la coque, le tumulte de l'eau qui s'engouffre..., l'abordage ! Enfin, subitement, le voile se déchire, les brumes s'évanouissent et le brouillard poursuit sa course vers l'Est. Il semble qu'on nous enlève un poids énorme qui oppressait nos poitrines : c'est la rentrée dans la vie après un mauvais rêve. Ce n'est quelquefois qu'une clarté passagère, une éclaircie, une oasis de ces parages maudits, et, après avoir respiré librement, on rentre encore dans l'ombre terrible... Et on ne songe pas sans épouvante à ces Terre-Neuviens qui, de si longs mois, vivent dans l'humidité lourde et pesante de ces brouillards impénétrables, pour gagner une vie misérable.

Enfin, le soir, vers 9 heures, nous aperçûmes le « bateau-feu » qui, par ses projections électriques — (nous retrouvons encore la présence bienfaisante de l'électricité) — nous avertit que nous sommes bien sur la route de New-York et que nous apercevrons, dans une douzaine d'heures, les côtes d'Amérique.

Demain, nous serons arrivés ; c'est notre dernière nuit à bord : elle passe légère et rapide. Levés tôt, nous faisons allègrement nos préparatifs, car nous ne voulons rien perdre de l'arrivée et des détails qui l'entourent. Le spectacle de la mer, d'ailleurs, au fur et à mesure que nous avançons, devient de plus en plus intéressant, sans cesser d'être grandiose. Nous sommes en vue des côtes et nous en subissons l'aimable enchantement. Le port offre à nos regards l'ensemble de sa belle ordonnance et son inimaginable animation : on sait qu'il reçoit à lui seul 15 millions 1/2 de tonnage.

A quelques milles, le navire de la santé nous accoste pour la visite sanitaire. Puis vient à notre bord un agent des douanes, flanqué d'officiers américains, qui nous font déclarer nos noms, qualités, professions... Cela ressemble un peu à de l'inquisition... C'est dans le grand salon de *La Bretagne*... sous l'œil clair des officiers de la douane, nous défilons les uns après les autres, avec une crainte vague dont on ne peut guère se défendre, même alors qu'on a la conscience tranquille..., et chacun fait l'aveu de ce qu'il peut avoir à déclarer, prête

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un serment solennel et signe, avec un léger tremblement, un papier qui est peut-être sa condamnation !

Le déploiement de tout ce cérémonial, qui ne va pas sans nous donner quelque irritation, est d'ailleurs parfaitement inutile, puisque, dès la descente à terre, nos colis, nos bagages, nos valises et nos personnes seront vérifiés, fouillés et retournés sur toutes les coutures.

Voici enfin, avec des allures de triomphe calme, la fameuse statue de la Liberté qui semble nous faire accueil, et ce geste de bienvenue nous est d'autant

Un Ferry-Boat dans le port de New-York.

plus agréable qu'il est bien français, comme l'œuvre elle-même, exécutée par notre compatriote Bartholdi. Nous entrons dans le port. Les Ferry-Boats avec leurs machines à balancier retiennent notre curiosité : supposez un bateau dont la machinerie au lieu d'être intérieure, reléguée au fond du navire, est toute à l'extérieure. Le but se devine, très pratique : pas de place perdue. La machinerie se débat dans l'air libre et ce n'est pas banal que de voir s'agiter à vide, au-dessus du bateau, les grands bras du balancier en mouvement.

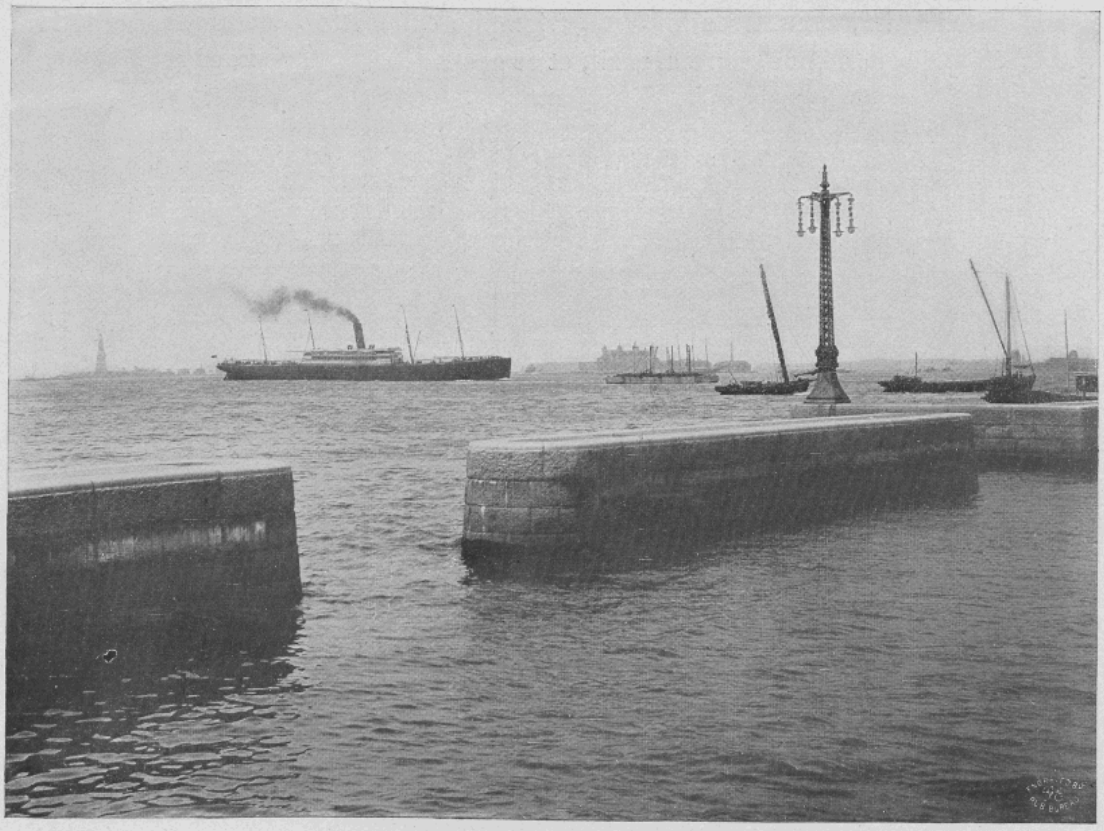
Les Ferry-Boats rendent de grands services ; ils transportent passagers, voitures et marchandises ; ils font le service entre Jersey-City et New-York ; les trains venant de Jersey à New-York traversent aussi sur ces bateaux.

L'œil a peine à suivre la quantité de navires, qui sillonnent cette baie immense et unique. On aperçoit bientôt nettement les colossales constructions architecturales, les hautes maisons à 18, 20 et 25 étages — nous les comptons — et l'on sent tout de suite l'activité formidable qui donne, *ex abrupto*, au touriste l'impression de la grandeur et de la force de l'Amérique.

Un remorqueur guide notre bateau à travers le port mouvementé. Il n'agit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

point à la manière de notre remorqueur le *Titan*. Suivant l'usage américain, il guide *La Bretagne* par petites poussées successives, rectifiant la marche de l'énorme masse, poussant à bâbord, poussant à tribord, semblable à un petit animal qui, par harcèlements et dérobades, viendrait à bout d'un puissant adversaire. Il le conduit jusqu'à son quai de débarquement, et, tout aussitôt, des



Port de New-York, vue prise de l'île où est érigée la statue de la Liberté ; éclairage électrique avec lampes à arc de la *General Electric C°*.

échelles, des ponts roulants viennent s'agripper à *La Bretagne*, et c'est ainsi que s'opère notre débarquement avec celui des colis, des bagages et des marchandises. Nous touchons le sol américain !

Notre enthousiasme bien compréhensible ne put se donner libre carrière sur l'heure. Nous dûmes nous soumettre aux formalités de la douane américaine dont la petite scène à bord n'était, nous l'avons dit, que la cérémonie préfaciale. Et quelles formalités ! La douane américaine n'a certes pas volé sa réputation, et nous doutons qu'on puisse la voler elle-même. Non seulement on scrute et fouille valises et gens sur toutes les faces, mais encore la douane pousse le manque de confiance jusqu'à appointer, à bord des paquebots, des gens

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui se mêlent aux passagers et les font bavarder. Les formalités sont longues ; on en comble l'ennui par des anecdotes appropriées : chacun a la sienne. On raconte qu'une dame américaine, soupçonnée de passer en contrebande des objets de luxe, s'est vu réclamer séance tenante un certificat d'origine pour un collier de perles qu'elle portait au cou. Or, la dame, ayant acheté le collier quelques années auparavant, était incapable d'en montrer la facture et se vit obligée de payer la forte somme sous peine de se le voir confisquer. Doux pays, comme dirait notre Forain. C'est simplement la marque de fabrique, si nous

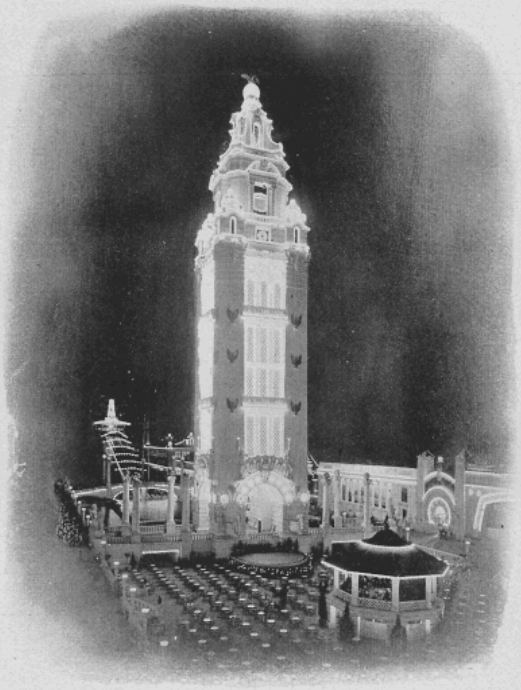
Coney-Island. — Vue des illuminations, de l'avenue conduisant à la fête.

osons ainsi dire, de ce peuple qui, ayant fait ses lois, en veut une application minutieuse et inflexible.

D'autres se sont vu donner l'accolade par un monsieur inconnu, affectant des allures de parent ou d'ami très intime. Le monsieur qui s'excusait, l'erreur reconnue, s'en allait indifférent et paisible : c'était un agent de la douane dont le but unique était de palper le voyageur ahuri. Et la visite continuait toujours ! Enfin, tant bien que mal, nous réussissons à réunir nos bagages et nous les livrons à un express qui les porte à l'hôtel, que nous avons choisi, et vers lequel nous nous dirigeons nous-mêmes, après nous être donné rendez-vous pour le train à destination de Saint-Louis, où nous voulons arriver au plus vite. Vous comprendrez notre hâte. C'est à Saint-Louis seulement que nous pourrons nous retrouver avec les jurés étrangers dont nous nous sommes promis de nous faire des alliés ; c'est là seulement que commencera officiellement la mission qui nous a été confiée et que nous avons à cœur de mener à bonne fin. L'empressement que nous mettons tous à quitter New-York, provoque la débandade des membres du Jury : tous veulent arriver les premiers et profiter des trains en partance le soir même. Ayant réglé notre itinéraire, nous ne partici-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pâmes pas à ce nouveau départ fébrile, décidés à prendre le train du lendemain. Notre visite à New-York fut naturellement très succincte. Nous nous promettons d'y revenir à notre retour de Saint-Louis et de voir la ville en détail. Nous profitons des quelques heures de répit que nous laisse l'horaire du train pour courir à la fête de Coney-Island, à quelques milles de New-York. Comment irons-nous? Parbleu, les cars électriques, qui ont l'allure d'automobiles, nous y mènent rapidement : nous aurons aussi l'occasion de parler de ces cars et des trains électriques suspendus qui attirèrent, dès la première heure, toute notre attention.



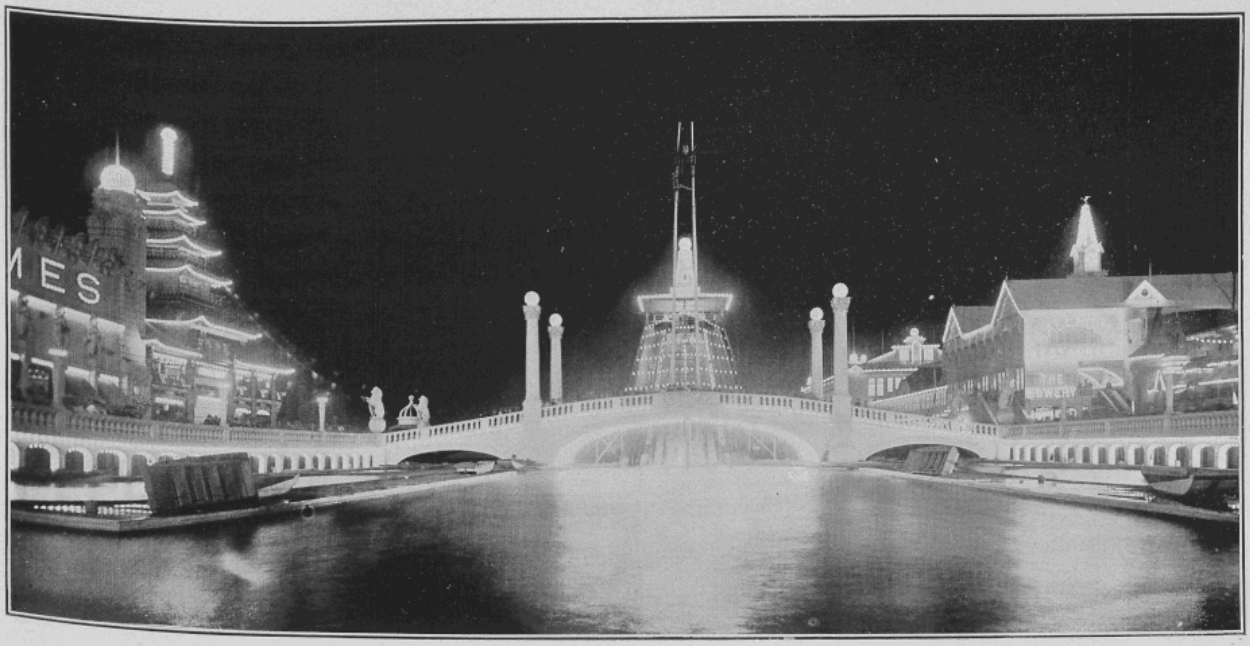
Coney-Island. — Illuminations de la tour du « Pays des rêves ».

Nous n'avons pas perdu notre première soirée américaine! Le spectacle de Coney-Island restera dans notre mémoire comme une des manifestation les plus triomphantes de l'Électricité. C'est inimaginable, la quantité de lampes à incandescence, plus nombreuses que les grains de sable de la mer... L'éclairage des palais, des tours, est féerique : c'est un flamboiement, un éblouissement. Nous serions bien empêchés de vouloir établir un point de comparaison entre cette merveille de fête ou cette fête de merveilles avec une fête de notre continent. O fêtes de Neuilly, avec vos dentelles mièvres de globes électriques, nous vous évoquons à cette minute? Quelle triste figure vous feriez à côté de cette rutilante kermesse! Au surplus, il serait puéril de vouloir comparer l'Amérique, ses usages, ses audaces, ses impertinences et ses extravagances avec la sagesse prévoyante et un peu routinière de la vieille Europe. Coney-Island! Il faut avoir vu cette féerie de lumières qui sert de cadre aux jeux les plus divers, aux farces les plus hilarantes dont nous n'avons dans nos music-halls les plus renommés, que de pâles reproductions, pour se faire une idée de la fantaisie américaine qui « fait Grand » jusque dans ses plaisirs. Une seule des entreprises de cette vaste foire suffirait à attirer l'admiration des foules. « Dreamland », par exemple, autrement dit « le Pays des Rêves ». Le projet et l'exécution sont l'œuvre d'un syndicat de capitalistes, dont l'ex-sénateur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

William H. Reynolds est président. « Dreamland » dépasse, en audace, les spectacles les plus fantastiques et les plus beaux. C'est mieux que de la réalité, c'est du mirage, c'est du rêve, en effet !... Les gravures que nous reproduisons dans ces pages ne peuvent donner qu'une faible idée des tableaux merveilleux qu'on peut contempler la nuit. Ces reproductions de photographies n'expriment, en effet, que des reflets, de pâles reflets, des splendides illuminations électriques : elles donnent, cependant, autant qu'il est possible de la rendre, grâce à l'objectif, une impression de ce que doit être réellement l'étincelant « Pays des Rêves ».

M. G.-G. Harley, qui a installé l'éclairage électrique de la magnifique et blanche cité, a conçu les plans de cette œuvre spéciale, à la fois harmonieuse et grandement artistique. L'éclairage de la tour de Dreamland, qui s'élève dans les airs à une hauteur de 308 pieds est, sans contredit, « le clou » le plus brillant et le plus attirant de toutes les illuminations de Coney-Island. Ses nombreuses lampes à incandescence — nous avons calculé qu'il devait y en avoir 200 000 environ ! — incendiant brutalement le ciel et, à plusieurs kilomètres, on aperçoit la clarté immense de cette tour de lumière. On la voit même distinctement de la côte de Jersey, à vingt milles. Et, malgré cette prodigalité et cette intensité de lumières, le regard n'est pas ébloui, tellement le caractère de ces illuminations est doux à l'œil et l'arrangement des lampes habile.



Coney-Island. — Illuminations des établissements de « Dreamland ».

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais, si la « Tour » retient spécialement l'attention, elle ne représente néanmoins qu'une des merveilleuses dispositions électriques de Dreamland. Il faudrait les décrire toutes ; car toutes présentent un aspect original et intéressant. L'entrée, avec son éclairage abondant, les lampes scintillantes des autres attractions, celles des arches qui surmontent les lagunes, les « shoots, the chutes » et l'immense salle de bal, à la place de laquelle était autrefois la vieille jetée de fer, sont autant de spectacles qui charment, séduisent et réjouissent les yeux, des spectacles qu'on ne se lasse pas d'admirer et, quand on les a contemplés une fois, ils s'imposent inoubliablement au souvenir. La salle de bal, entre autres, illuminée la nuit par des millions de lampes à incandescence, est aussi claire qu'en plein jour et aussi belle qu'une salle de l'irréel Palais des Fées !

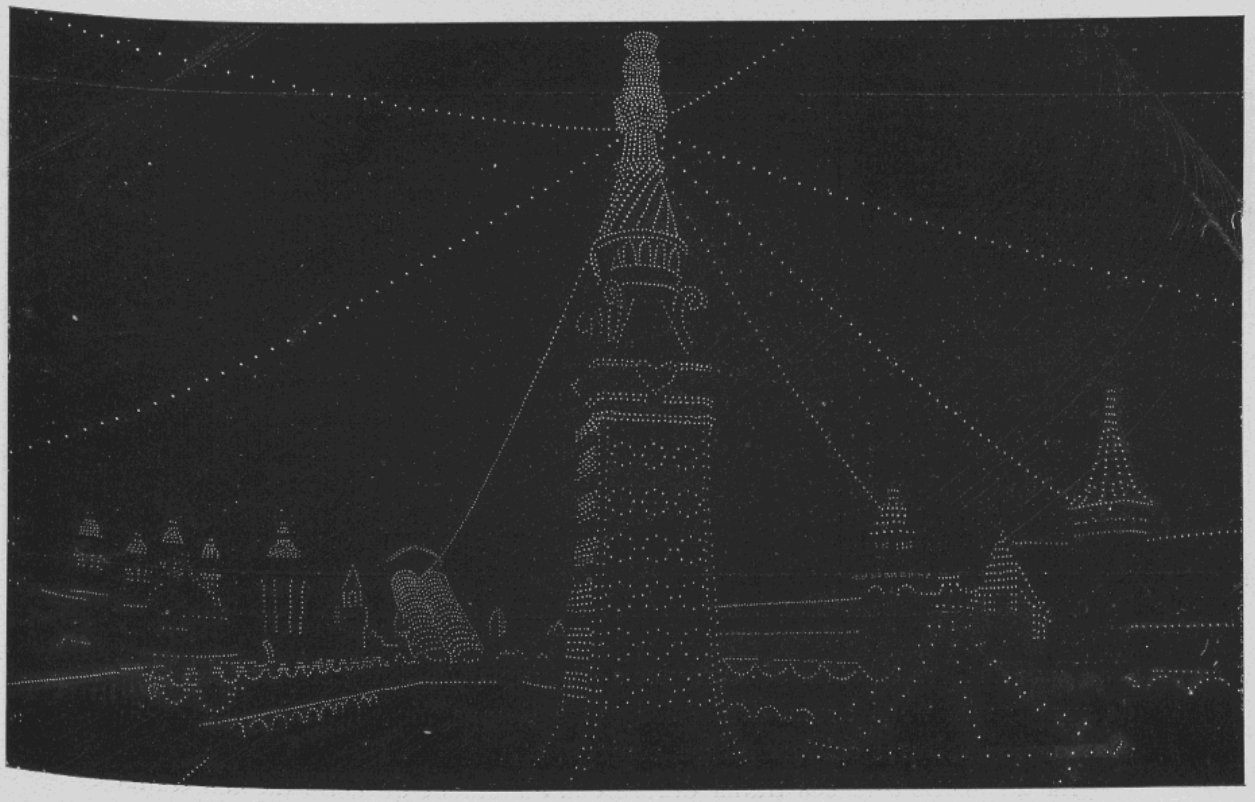
Coney-Island. — L'attraction « Luna Park ». L'illumination de l'entrée et des trois motifs lumineux monstres comporte 5 000 lampes à incandescence.

Il y a plus de lampes à incandescence en usage à Dreamland que dans beaucoup de villes, même considérables ; l'installation des machines motrices en marche représente plus de 7 500 chevaux.

Le monument artistique de l'électricité à Dreamland a été édifié par la corporation de Dreamland ; toutes les machines appartiennent à la Compagnie Edison, qui les a construites. Il y a, en outre, une station de transformateurs rotatifs, où le courant à haute tension, venant de la station génératrice d'Edison de Bay-Ridge, est transformé et réduit au voltage convenable pour l'éclairage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On sort de Dreamland..., on rentre à Luna-Park : c'est aller de merveilles en merveilles ! Luna-Park est encore une grande attraction électrique de Coney-Island ; cette entreprise a pris, cette année, une plus grande importance que l'année précédente. De nombreux changements ont été faits et de nouvelles dispositions lumineuses ont été introduites. La place réservée aux attractions a été presque doublée par la construction d'une plate-forme autour de l'enceinte,



Coney-Island. — Vue de l'illumination générale de « Luna Park ».

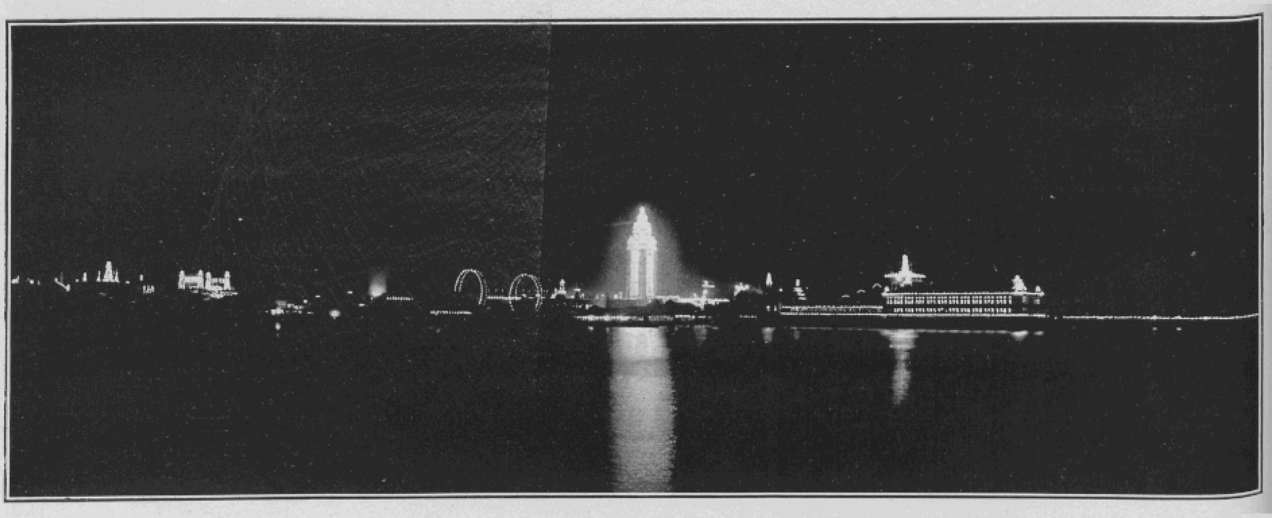
qui permet de voir au loin, dans leur ensemble, les magnifiques illuminations. Les vues de « Luna-Park » montrent comment cette attraction est illuminée la nuit ; les myriades de lampes à incandescence, que le cliché reproduit, permettront de se convaincre de l'intérêt puissant de ce spectacle de féerie. Et tout Coney-Island flambe d'un bout à l'autre, électriquement.

Cette fête grandiose semble le symbole du peuple américain, inventif et audacieux, qui se rue tête baissée dans le Progrès et devance l'Avenir ! Que nous sommes loin ici des splendeurs mortes des villes italiennes dont la poussière est faite des cendres d'un passé magnifique ! Le contraste s'impose brutal à nos esprits, et la vie ardente qui nous entoure, et que nous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

humons avec frénésie, nous emporte dans le tourbillon des activités neuves.

L'heure du train pour Saint-Louis nous oblige à revenir à New-York. Certains de nos collègues partent par une Compagnie, les autres par une Compagnie concurrente ; car elles sont nombreuses ici les Compagnies de chemin de fer ; il n'y a pas de monopole, chacune vous fait des offres, et les agences, selon qu'elles sont situées dans la 2e ou la 55e rue, dans la 3e ou la 5e avenue, vous sollicitent et préconisent les avantages que nous aurons à prendre la Pennsylvania ou la New-York Central... ou d'autres encore. Le prix du voyage est



Coney-Island. — Vue d'ensemble des établissements « Dreamland » et de « Luna Park » dans le lointain.

d'ailleurs fort peu élevé (la concurrence a d'heureux résultats), et pour 3 dollars de supplément nous avons droit, sur notre Compagnie, au train Pullmann, composé de voitures confortables, sleepings, etc.

La disposition de ces trains diffère complètement de celle de nos trains européens. Ce sont de longs cars ayant, à chaque extrémité, une porte que relie un couloir de milieu ; de chaque côté du couloir, à droite et à gauche, sont disposées des banquettes. Le car comprend de 60 à 70 places. En général, il n'y a qu'une seule classe sur ces trains. Les trains à long trajet ont, le jour, des « parlor cars », des wagons-salons, et la nuit, des wagons-lits (sleeping cars) de 24 à 30 places. Ces wagons spéciaux, ajoutés aux trains, appartiennent à la Compagnie Pullmann ; un supplément de prix, comme nous le disons, y donne accès.

De tous les trains, dans lesquels nous avons voyagé, le Limited Vestibuled Train est celui qui nous a semblé réunir le plus de conditions, pour réaliser l'idéal du confortable en voyage ; le touriste peut vraiment avoir l'illusion qu'il n'a pas quitté son « home ». Considérons le « Pennsylvania Limited

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Vestibul Train » qui fait le service de New-York à Chicago, par Philadelphie et Pittsburg : il est entièrement composé de wagons dits « Pullmann Vestibul Cars ». Nous trouvons là un wagon-restaurant, un wagon d'observation, où tout est aménagé de façon qu'on puisse, sans fatigue, contempler le paysage varié qui défile sous vos yeux; une bibliothèque, un fumoir, des bains, un salon de coiffure. Une femme de chambre est à la disposition des dames, tandis qu'une sténo-dactylographe, munie de la machine à écrire, qui tient une place si considérable dans la vie américaine, se tient à la disposition du « business man ». On ne peut rien rêver de plus confortable, et tout semble y être destiné à effacer, chez le voyageur, l'impression d'ennui qui se dégage du voyage à long cours. D'ailleurs cette remarque de confort absolu peut aussi bien s'appliquer à tous les modes de locomotion américains, et, en particulier, aux bateaux à vapeur (steamers) tels que la Fall River et la Hudson Steamer, qui offrent à des prix modérés, un confort et un luxe totalement insoupçonnés en Europe.

De New-York à Saint-Louis, il y a trente-six heures de voyage, soit un jour et deux nuits ou une nuit et deux jours. Il nous fallut donc nous installer le plus confortablement possible, pour passer ce temps considérable. Le trajet a été des plus agréables, nous marchions à la vitesse de 80 kilomètres à l'heure, ce qui n'est pas exagéré. Par exemple, nous avons remarqué que le souci constant des Compagnies est d'arrêter les trains le moins souvent possible. C'est pourquoi ils font leur eau en route, tous les 30 kilomètres, dans des petits canaux aménagés à cet effet entre les rails, et que la locomotive aspire en passant. L'éclairage est superbe et les voies merveilleusement construites. Cependant, nous ne pûmes nous défendre d'une certaine terreur (le manque d'habitude!) lorsque nous passâmes à toute vitesse sur des ponts tremblants, composés de deux rails, supportés par quelques poutres branlantes, avec l'abîme dessous. L'Européen ne constate pas sans émoi cette indifférence du danger de l'Américain, qui n'a que le souci d'aller vite, sans regarder derrière soi si les autres suivent. Mais bast! Ce n'est qu'un moment à passer; le paysage est varié et agréable, et parfois accidenté; les trains, d'autre part, se succèdent sans interruption : trains de voyageurs, trains de marchandises, regorgeant de houille, qui sont comme la préface bruyante de ce poème du fer, du feu et de la mine, Pittsburg, où l'atmosphère, chargée de vapeur, de fumée ou de charbon, semble indiquer la demeure d'un Titan ou d'un Cyclope.

C'est là qu'à regret nous nous séparâmes de nos confortables et riches Pullmann, qui continuèrent leur route vers Chicago, tandis qu'en d'autres wagons plus modestes nous courions vers Saint-Louis.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A SAINT-LOUIS

L'arrivée à Saint-Louis. — Au Palais de Trianon. — L'exposition le jour. — Le Palais de l'Électricité. — Séances du Jury. — L'Exposition la nuit. — Illuminations. — Modes de transports électriques à l'Exposition. — Expériences sur l'emploi des hautes tensions. — 500 000 volts. — La télégraphie sans fil. — Les Congrès. — La ville de Saint-Louis. — Les tramways électriques.

Un dernier regard sur le Mississipi, fleuve immense aux eaux jaunâtres, que nous venons de traverser sur le merveilleux pont métallique, qui sépare les deux rives d'une campagne dépourvue de tout pittoresque, et nous descendons dans la Gare de Saint-Louis, située sur la rive droite. Gare splendide et admirablement agencée — elles sont d'ailleurs toutes de ce modèle en Amérique. — Nous voici aussitôt en quête de l'hôtel où, par télégramme, nous avions, de New-York, retenu nos chambres. Fidèles à nos us et coutumes, nous interwievons un cocher et lui demandons le prix pour nous conduire à notre hôtel. Réponse : 4 dollars ! Nous pensons aussitôt, nous remémorant les exploits et exigences des cochers parisiens pendant l'Exposition de 1900, que le cocher américain considère en nous l'étranger de distinction, le « noble étranger », débarqué de la veille, c'est-à-dire bon à exploiter. Nous résistons. En vain. C'est à prendre ou à laisser. Nous laissons ; car nous apprenons, après enquête, qu'un modeste car électrique, qui convient parfaitement à des électriciens, nous descendra à notre porte pour la modique somme de *cinq cents* et beaucoup plus rapidement que le fiacre. Nous confions nos bagages aux *Express Company* qui sont là pour cela. Hélas ! l'économie est médiocre, car l'*Express Company* a des chevaux, et les chevaux c'est très cher en Amérique si le car est économique, de sorte que l'un dans l'autre, le transport de nos bagages et de nos personnes est fort coûteux. C'est cependant ce mode de locomotion que nous recommandons, faute de mieux.

Notre premier soin, après l'installation et la toilette sommaires, est de nous précipiter au Commissariat général, installé sur le Lindell Boulevard, et reconnaissable aux trois couleurs françaises qui le pavoisent et flottent au vent. Nous n'y arrivons qu'après avoir traversé à belle allure, grâce aux cars rapides, des avenues et des rues qui se succèdent pendant des kilomètres.

Au Commissariat général, on nous apprend que notre nomination officielle et définitive, qui nous consacrera ! sur place, membres du Jury, ne nous sera délivrée qu'au palais de Trianon, qui est le pavillon français, au cœur même de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'Exposition. Là également nous sera délivrée la carte permanente, qui nous donnera dorénavant libre accès dans toute l'Exposition. Nous voilà donc en route pour l'Exposition dont, aujourd'hui, nous ne franchirons la porte que moyennant un demi dollar d'entrée.

Nous reprenons une série de cars, électriques toujours, et traversons la célèbre *Olive Street* qui a une longueur de 16 à 20 kilomètres. Un détail à noter en passant, en filant plutôt, c'est la rapidité du démarrage des cars ; il

Saint-Louis. — Entrée de Lindell à Forest Park.

faut se cramponner sérieusement pour ne pas être projeté sur la voie, hors de la voiture, ou pour ne pas écraser les pieds des voyageurs voisins pressés les uns contre les autres et dont le nombre augmente toujours : un car américain n'est jamais au « complet ». Il faut se hâter d'ajouter que les sujets américains montrent toute la complaisance possible pour laisser les nouveaux venus se caser tant bien que mal ; la courtoisie dont ils font preuve n'a pas laissé que d'étonner notre politesse et notre galanterie bien françaises. Il faut voir le flegme avec lequel ils acceptent d'être bousculés par un voyageur dont l'équilibre est mal assuré et reconnaître que l'écrasement d'un orteil ne leur arrache nulle parole amère ni malveillante.

Compressés, cahotés, nous arrivons cependant au but de notre course et entrons dans l'Exposition.

Grâce au plan détaillé dont nous nous étions préalablement munis et aux indications recueillies au Commissariat, nous parvenons facilement au pavillon de Trianon, le palais de la France.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans la ville immense où fourmillent, en dehors des quinze palais, des maisons nationales, par quoi se résument la vie de chaque peuple et la personnalité de chaque État, des domaines privés de l'Autriche, du Brésil, du Canada, de Ceylan, de l'Italie, du Nicaragua, des Indes anglaises, des pavillons du Japon, du Mexique, de la Perse, du Pérou, du Siam, de la Suède, de la Chine, de la Hollande, de la Suède, des expositions nationales de l'Allemagne, dans son château de Charlottenbourg et de l'Angleterre, dans son orangerie de Kensigton, qui offrent aux visiteurs un intérêt puissant, nous découvrons sans peine, sur une large avenue, derrière un jardin de noble ordonnance où nous reconnaissons

Palais de la France. — Le Petit Trianon.

l'habileté artistique de notre compatriote, M. Vacherot, notre grand Trianon, reconstitué dans toute sa grâce, dans son élégance exquise, par l'architecte distingué qu'est M. Bouvard. C'est un bijou de luxe dans un écrin de verdure, dont aucun voisinage ne gêne le rayonnement ni n'atténue l'éclat. Mais ce qui distingue le pavillon de France plus particulièrement du pavillon des autres puissances, c'est la splendeur de son exposition intérieure. Elle offre à l'admiration des visiteurs la grande galerie des Gobelins et toute une diversité sobre d'objets d'art du goût le plus pur. C'est élégant, riche, et rien n'y est sacrifié au « bluff » ; c'est luxueux, intime et « bien français », tellement intime que, joli détail, nombre d'Américains dont le sans-gêne est cependant proverbial, se sont découverts en traversant ces salons, dont l'élégance caractéristique se différenciait si nettement des décorations « confortables » de leurs propres palais.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est là, à Trianon, que M. Gérald nous reçoit de la façon la plus gracieuse, et nous avons l'impression, en présence de tant de courtoisie, de respirer dans le Palais national de l'air français. Nous retirons, dans les bureaux, les pièces identificatrices, y compris l'emblème en « or américain » sur lequel est gravé le mot fatidique « *juror* », qui justifieront désormais de notre titre, et nous nous rendons aussitôt à une conférence de notre Commissaire général. Nous n'aurions eu garde d'y manquer. — Avec clarté et complaisance, M. Gérald donne à tous les membres du Jury français, réunis à Trianon, les premières indications et les derniers conseils indispensables pour la lutte qui va commencer. Déjà, il s'est préoccupé de notre situation dans chaque groupe et a fait tous les efforts nécessaires afin que l'élément français sorte vainqueur, en obtenant — condition *sine qua non* — le plus de vice-présidences possible. La confiance et la ferme volonté de M. Géo Gérald nous gagnent; ses conseils raffermissent notre courage et nous sortons de la conférence avec le désir de commencer cette lutte, pour laquelle désormais nous sommes bien armés.

Le jour décline, nous estimons qu'il est temps de regagner nos logis respectifs à Saint-Louis ville, afin d'y achever immédiatement notre installation américaine, car le lendemain, nous entrons en fonctions, chacun dans son groupe. Il n'y a donc pas de temps à perdre.

Nous devons, pour sortir, retraverser l'Exposition, et nous n'étonnerons personne en disant que nous prenons avec complaisance le chemin des écoliers. C'est à peine si nous ressentons la fatigue de la route parcourue. Il fait très chaud ! Qu'importe ! Arrivés au terme de notre voyage, nous sommes uniquement avides de voir et d'admirer. Et certes jamais spectacle ne s'imposa plus brutalement, plus magnifiquement à l'admiration. Nous allons et nous sommes silencieux, tant d'émotions diverses nous assaillent... C'est beau, c'est grandiose, c'est féérique ! On ne se lasserait pas d'ajouter des qualificatifs admiratifs. Mais, où est notre palais, nous voulons dire le palais de l'électricité ? Nous ne pouvons vraiment quitter l'Exposition avant de l'avoir vu. Nous voulons le saluer, le premier jour de notre arrivée; n'est-ce pas naturel ? Vite, nous regardons le plan et, facilement, nous trouvons le monument superbe, où nous irons demain prendre notre place. Il baigne ses pieds de pierre dans un lac gracieux. Tout à l'entour, des lacs, des cascades, des canaux. Quel est ce dôme majestueux qui domine de sa masse l'Exposition toute entière ? C'est l'œuvre de notre compatriote, M. Masquerel, c'est le dôme central. Et là, ces palais somptueux ? Les trois palais imposants des Beaux-Arts, et puis, sur l'avenue immense, la suite monumentale des édifices nationaux. Nous ouvrons de grands yeux et ne perdons rien de l'inoubliable spectacle; au passage, dans le palais des transports, un des plus beaux de l'Exposition, un nom accroche notre regard; il décore un train Pullmann d'un luxe inouï. Ce nom c'est Napoléon... Trianon, Napo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

léon!. ressouvenirs de notre histoire nationale, il est doux de vous remémorer ici et de penser que vos grands noms inoubliables retentissent, en échos de gloire, dans le monde !

Sur tous ces monuments, sur ces palais, sur cette ville nouvelle, qui n'était récemment qu'une forêt, resplendit la gloire de l'électricité. C'est elle, on peut l'affirmer, qui est « le clou » de l'Exposition de Saint-Louis ; elle est partout et c'est son âme lumineuse qui anime d'une vie intense l'ex-*Forest Parc*, soudainement peuplé de palais, de richesses et de lumière.

Nous entrevoyons alors toute la féérie de l'Exposition et c'est à regret, jetant comme Loth des regards en arrière, que nous en sortons avec la hâte d'être au lendemain pour y revenir. Nous nous sentons pleins d'entrain. Nos fonctions de jurés électriciens, officiellement consacrées aujourd'hui 1er septembre, nous trouveront demain, pour leur exercice, alertes et dispos.

Nous reprenons le car qui, rapidement, nous ramène à l'hôtel. Là, nous sommes loin de trouver le confortable que nous espérions. Bien des choses laissent à désirer, et tout, dans le service, est nouveau pour nous, mais d'une nouveauté sans agrément ; tout, jusqu'au service fait par des nègres. C'est pittoresque sans doute, mais cela ne rachète pas le manque de confortable dont — nous le constatons avec angoisse — nous allons souffrir pendant tout notre séjour.

Le lendemain, dès sept heures du matin, nous reprenions le chemin de l'Exposition, désormais rompus aux allures des cars et aux démarrages violents que nous affronterons chaque matin, et que nous subirons chaque soir, pendant que dureront les opérations du jury.

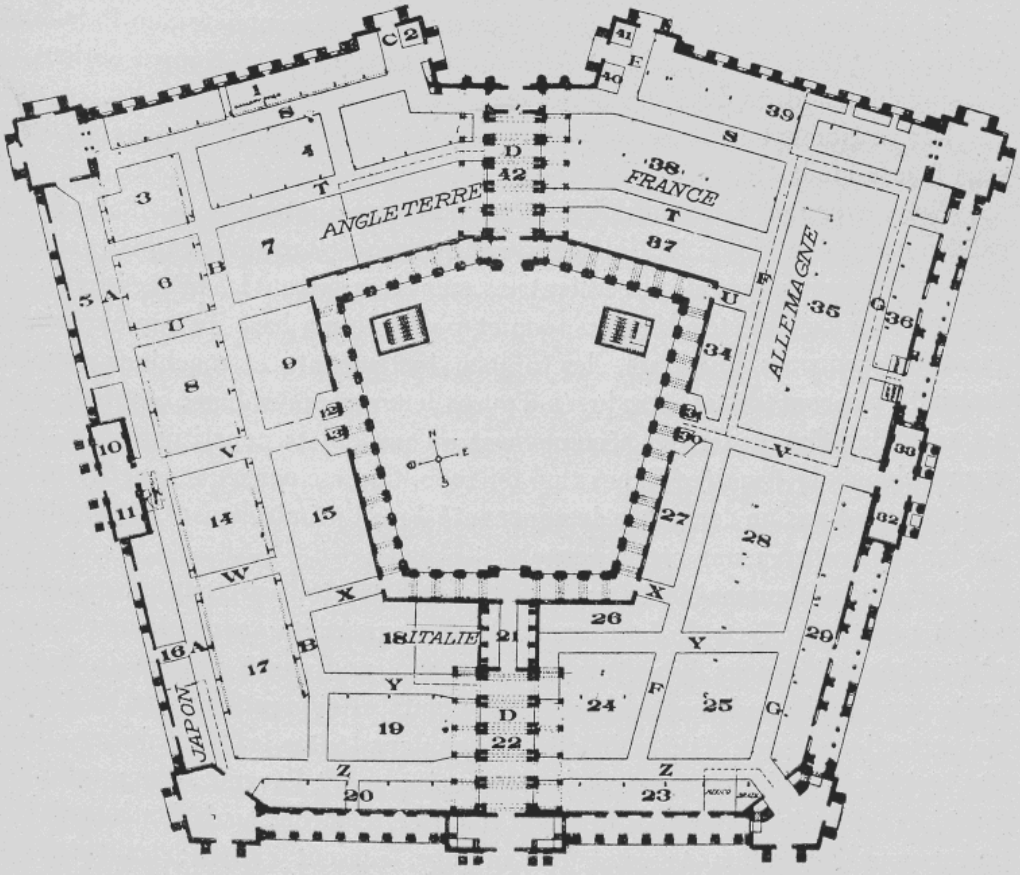
Nous allons directement au palais de l'Électricité. La veille, pressés par le temps, nous n'avions pu en admirer que l'extérieur magnifique. Il nous tardait d'en voir les dispositions intérieures. Une de nos gravures en donne le plan exact. Voici sa description sommaire : d'abord il est splendide; sa situation extérieure que nous avons dite, le grand lac qui reflète ses proportions harmonieuses en font un des plus beaux de l'Exposition. Mais précisons : il a 35 000 mètres carrés et présente la forme d'un pentagone irrégulier. Il a coûté 400 000 dollars. Ceci exprime quelque chose! Le Palais de l'Électricité est vraiment digne des splendeurs des mille et une Nuits, et nous pensons à part, nous, avec une logique que seuls les poètes ou le Dr Mardrus pourraient démentir, que la lampe d'Aladin devait être une lampe électrique...

A l'intérieur, il comprend une série de blocs, avec des ailes, comme les places et les rues d'une cité bien tracée. Ces ailes sont distinguées par des lettres et des chiffres, les blocs par des nombres et, sur chaque bloc, est apposée une enseigne indiquant le numéro du bloc. L'emplacement de chaque exposant est déterminé avec l'indication du bloc et de l'aile.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une large cour intérieure égaie, de clarté, le centre du Palais. Une horloge électrique, toute en fleurs, en est le principal ornement décoratif; les heures y sont représentées par des fleurs d'espèces différentes. On le voit, l'aspect est aimable et jamais la poésie ne fut plus heureusement mariée à l'électricité.

Le Palais contient les Expositions électriques de toutes les grandes puissances. Notons, en passant, que la France y compte le plus grand nombre



Plan du Palais de l'Électricité indiquant les emplacements réservés à chaque pays.

d'exposants, après l'Amérique, et, par suite, dispose de la plus grande superficie.

C'est à dessein que nous bornons là notre description toute superficielle, nous réservant de détailler, dans la partie de notre rapport technique sur les 5 groupes de l'Électricité, qui vient après nos impressions de voyage, tout ce qui est susceptible d'intéresser l'électricien comme perfectionnements et nouveautés. Nous y insisterons avec minutie et conscience.

Pour l'instant, puisque nous sommes dans notre Palais, entrons dans le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vaste Hall où sont réunis les jurés. M. Goldsborough, Chef du Département de l'Électricité, adresse aux jurés étrangers ses souhaits de bienvenue. Son langage est courtois et semble bienveillant ; mais quelques-unes de ses paroles nous laissent sous une impression d'inquiétude qui, malheureusement, se précisera par la suite. L'un d'entre nous prend la parole et remercie au nom de tous le Chef du Département. Ces discours terminés, on procède à la formation du bureau. On vote. On fait la division par groupes ; puis, chaque groupe prend possession du local, qui lui est affecté, et forme à son tour son bureau composé d'un Président Américain et d'un Vice-Président Américain ou étranger. La France obtient la vice-présidence dans deux groupes sur cinq.

Dès ce moment commencent notre action et nos efforts. Nous pouvons dire, sans fausse modestie, qu'ils ont été laborieux et tenaces.

Nous avons eu à défendre les intérêts des exposants français d'une façon extrêmement énergique. M. Goldsborough déclara nettement, dès les premiers jours, que les récompenses ne seraient pas accordées suivant les mêmes principes que ceux qui avaient été admis en 1900 et posa comme base qu'une exposition étant un concours universel, les objets, instruments et machines exposés devaient, par conséquent, être jugés d'après leur propre valeur; ajoutant qu'il n'y avait lieu d'accorder des récompenses qu'aux objets **constituant une nouveauté** depuis la dernière Exposition de 1900. Comme conséquence, tout objet ne présentant pas un **caractère de nouveauté** devait primitivement être écarté et ne donner lieu à aucune récompense.

Nous nous sommes élevés avec force contre une telle prétention, qui réduisait à néant les efforts de la plupart de nos exposants; ceux-ci, en effet, ne s'étant pas préoccupés de mettre en valeur une nouveauté ou une invention, mais ayant voulu seulement présenter des objets, atteignant leur plus haut degré de perfectionnement, ainsi qu'il est d'usage dans toutes les Expositions. Il eut été légitime et de bonne foi de donner connaissance, à l'avance, d'une telle disposition à tous les exposants étrangers; de cette façon, seuls les industriels, ayant une innovation à soumettre au jury, eussent exposé; les autres se seraient naturellement abstenus, puisqu'ils eussent été avertis que leurs expositions ne seraient pas prises en considération. On comprendra, sans qu'il soit besoin d'insister, ce que cette déclaration, faite au début des opérations du Jury, avait d'exclusif et, oserons-nous dire, d'abusif; déjà commençaient les difficultés, qui ne firent que s'affirmer par la suite.

Nous n'avons pas manqué de faire valoir en outre que le nombre des exposants français était considérable à l'Exposition de Saint-Louis, par rapport au nombre des exposants étrangers, et que les principes inflexibles américains devaient être appliqués aux exposants Américains seuls, puisque l'Europe n'était pas placée dans les mêmes conditions que l'Amérique, tant au point de vue du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

transport des machines que de leur installation. Nos industriels ne pouvaient faire, à 10000 kilomètres de distance, le même effort que les Américains...

La France, avons-nous ajouté, a voulu témoigner sa sympathie commerciale aux États-Unis, mais n'a pas eu l'idée d'engager la lutte industrielle rendue impossible, du reste, par les droits de douane excessifs, qui protègent les constructeurs Américains.

Et nous passons sur bien des arguments qu'il nous a fallu produire pour détruire le parti pris initial de M. Goldsborough.

Malgré nos très vives instances, il nous a été impossible de faire admettre le principe de l'obtention de récompenses au moins égales à celles accordées en 1900, et ce n'est que très péniblement que nous avons pu faire admettre, pour la France, que des récompenses soient décernées à des appareils ou à des objets déjà récompensés dans les Expositions antérieures. Nous n'avons malheureusement pas pu obtenir des jurés étrangers de se solidariser avec nous pour maintenir le principe des récompenses de 1900. Les jurés étrangers ont, au contraire, adopté la formule américaine sous prétexte qu'en 1900 les récompenses avaient été accordées avec une telle facilité, que leur valeur en avait été considérablement amoindrie, et ils ont appuyé la motion américaine, ajoutant qu'ils étaient très heureux de voir donner très peu de récompenses, même à leurs propres exposants; de cette façon, ces récompenses auraient ainsi une valeur très réelle et permettraient de classer les industries similaires d'après leur ordre de mérite.

Les membres des jurys étrangers pouvaient, en effet, admettre cette opinion ; car, en gens avisés, connaissant parfaitement le pays, ayant, sur place, de grandes ramifications, ils s'étaient bien gardés d'engager leurs compatriotes à exposer des machines ou quelqu'autre appareil électrique, pouvant entrer en comparaison directe avec les expositions américaines.

Délaissant, systématiquement, toute machine, les Allemands avaient fait porter leur effort sur une exposition d'Électro-Chimie : il faut reconnaître qu'elle était parfaitement présentée et que l'ensemble en était des plus satisfaisants. De même, leur exposition du Palais de l'Éducation, concernant les rayons X, intelligemment coordonnée, était du plus grand intérêt. On en lira le détail d'autre part, dans notre Étude technique.

Les Anglais, de leur côté, avaient concentré leur effort dans un groupement de Stands — d'un arrangement très heureux qui, à première vue, prévenait en leur faveur — dans lesquels les instruments de mesure de précision avaient la plus grande place.

Quant à nous, Français — nous nous permettons à notre égard cette critique qui sera, nous l'espérons, un enseignement pour les Expositions futures — nous n'avions concentré nos efforts spéciaux sur aucune branche de l'électricité. A

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'encontre de nos concurrents, nous avons exposé, sans ce souci de groupement, qui caractérisait leurs expositions, sans cohésion, sans présentation suffisante enfin, une quantité d'appareils, de tous les genres et de toutes les formules ; le tout disséminé, dispersé dans un espace trop grand, alors que l'ensemble et la portée des expositions voisines s'exprimaient au premier coup d'œil ; en un mot, les frontières de la France étaient mal définies. Il convient d'ajouter, pour la défense des organisateurs, que les subventions accordées aux expositions allemande et anglaise étaient dix fois plus considérables que l'allocation attribuée à l'exposition française et que l'argent fut de tous temps, comme chacun sait, le nerf de la guerre.

Les récompenses ont été accordées en considérant :

1° La nouveauté de l'objet exposé et sa perfection.

2° Les conséquences de l'emploi de cet objet nouveau.

3° Les perfectionnements apportés à des objets déjà connus et la conséquence de ces améliorations, relativement au prix de revient et à la qualité des objets fabriqués.

En outre, les Américains sont partis d'un autre principe, à savoir : que, pour une certaine catégorie d'appareils, la récompense la plus haute pouvait ne pas être le Grand Prix, ni même la Médaille d'or, et ils ont appliqué ce principe pour les Exposants Américains en donnant la Médaille d'argent comme récompense maxima à des industries même considérables dans leur pays. Nous avons vivement combattu cette prétention, mais comme nous étions en minorité, nous n'avons pu obtenir qu'un amendement à ce jugement et non pas son rejet total.

Pour les Américains, le Grand Prix devait être donné exceptionnellement et très rarement, seulement pour une invention d'une portée indiscutable et une mise au point parfaite. C'est ainsi, par exemple, que la téléphonie automatique, qui est appliquée déjà sur une grande échelle en Amérique, n'a pas reçu la plus haute récompense, parce que les appareils dont les organes sont délicats, tout en donnant de très bons résultats, présentent une complication encore trop grande.

Pour se rendre compte de la valeur des objets exposés, les Américains avaient tenu à les soumettre à des essais au Laboratoire d'étalonnage et d'essais, que le Bureau des Étalons de Washington avait installé à grands frais à l'Exposition. Ce laboratoire était admirablement organisé et tous les appareils et objets susceptibles d'être vérifiés étaient soumis aux épreuves nécessaires pour se rendre compte de leur juste valeur. Ce Laboratoire a joué un grand rôle pour les récompenses et n'a pas été sans provoquer encore quelques déceptions de notre côté.

Les Américains, dès le début des séances, ont marqué nettement cette prétention de ne juger que les appareils et machines pouvant être expérimentés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en leur présence. Pouvait-on les blâmer de cette prétention ? Évidemment non, d'autant plus que tous les exposants américains présentaient des machines ou appareils, ou prêts à fonctionner, ou en état de fonctionnement. Le Laboratoire modèle dont nous venons de parler, réservé aux essais des instruments électriques, donnait aux exposants toutes garanties.

L'Exposition électrique française ne comprenait que des appareils et machines spécimens, non en marche et pas toujours réglés. Nous nous sommes

Illumination du Palais de l'Électricité et du grand bassin.

donc trouvés immédiatement en état d'infériorité à côté des Américains et même des Anglais et des Allemands.

Par contre, les Américains n'ont tenu aucun compte, ou à peu près, des appareils ou machines représentés par des photographies, parce qu'ils ne pouvaient pas se rendre compte suffisamment de la construction.

Nous nous empressons d'ajouter qu'à force d'insistance, et aussi de diplomatie, nous avons pu obtenir cependant pour la France des amendements importants aux principes intransigeants des Américains.

Les jurés étaient au nombre de 46 ainsi répartis :

Groupe 67. — **Production et utilisation de l'énergie électrique.** — 16 membres dont : 1 Français, 1 Japonais, 1 Italien, 13 Américains.

Groupe 68. — **Électro-chimie.** — 4 membres dont : 1 Allemand, 3 Américains.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Groupe 69. — **Éclairage électrique**. — 9 membres dont : 1 Français, 1 Italien, 7 Américains.

Groupe 70. — **Télégraphie et téléphonie**. — 7 membres dont : 1 Français, 1 Brésilien, 5 Américains.

Groupe 71. — **Applications diverses**. — 9 membres dont : 1 Français, 1 Anglais, 7 Américains.

Voici le résumé des récompenses obtenues aux jurys de groupe par les Maisons françaises et les Maisons américaines dans le département de l'Électricité :

Les chiffres suivants sont éloquents, et on ne manquera pas de remarquer qu'à nombre égal d'exposants nous avons obtenu 10 % de grands prix et les Américains 4 % seulement ; sans faire mention des prix de collectivités accordés à nombre d'exposants français :

	Français.	Américains.
Nombre d'exposants	60	304
Grands Prix	6	13
Médailles d'or	34	78
Médailles d'argent	16	66
Médailles de bronze	8	48
Pas de récompenses	2	78

Nous avons déjà dit que, avant de nous rendre aux États-Unis, notre Président, M. Eugène Sartiaux, nous avait réunis un grand nombre de fois pour nous donner des renseignements très circonstanciés sur la valeur de chaque Maison et les efforts faits par elles, des conseils pour obtenir les récompenses désirées, et les points particuliers pour chacune d'elles qu'il fallait faire ressortir.

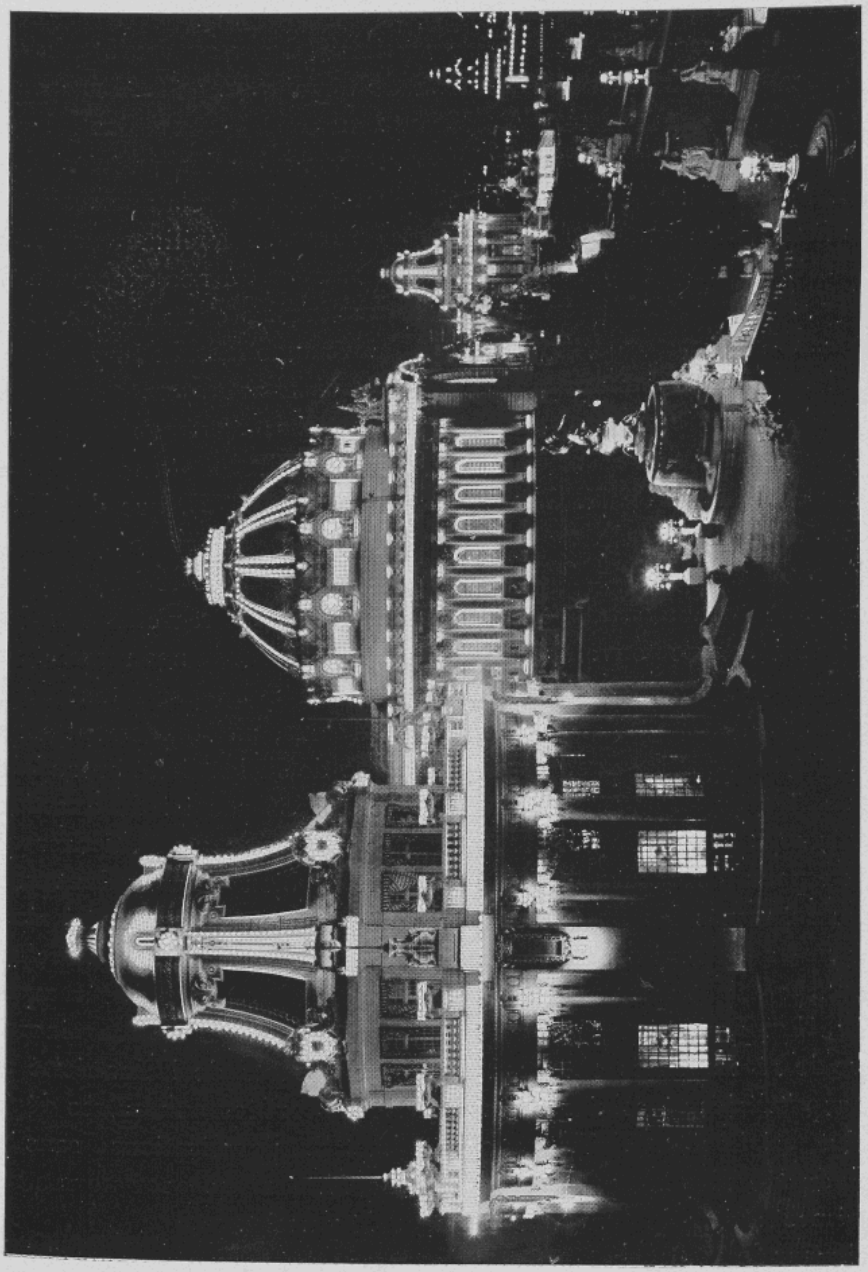
Nous devons ajouter que c'est à la suite d'efforts constants et très réels, en agissant auprès de nos collègues américains par tous les moyens possibles, en remettant constamment en discussion avec eux les points sur lesquels nous n'avions pas obtenu satisfaction et en usant de toute la diplomatie et de la patience, dont nous avions fait d'amples provisions avant notre départ, que nous avons obtenu les résultats que nous venons d'exposer (1).

Nos séances étaient fort longues : elles commençaient dès neuf heures du matin, pour ne se terminer que vers sept heures du soir, interrompues seulement, un court instant, vers deux heures pour l'absorption d'un lunch très sommaire, et cela malgré une température très élevée et un climat très déprimant. Nous avouerons même qu'il serait inutile de nous demander ce qu'il y avait d'intéressant dans les autres palais de l'Exposition, car le temps nous a manqué matériellement pour les visiter en détail.

(1) On trouvera à la page 180 le nombre de récompenses accordées finalement par le jury supérieur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons la conviction intime d'avoir entièrement accompli notre devoir de jurés, et notre Commissaire général, M. Gérald, avec lequel nous étions



Illumination du Palais des Fêtes (dôme central).

en rapports constants, s'en est certainement rendu compte, car il a tenu à nous exprimer, avant notre départ, toute la satisfaction qu'il avait éprouvée en nous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

voyant prendre aussi à cœur les intérêts de nos exposants. Nous devons dire d'ailleurs qu'il était le premier à donner l'exemple et qu'il nous a soutenus, jusqu'aux limites possibles, pour obtenir les plus hautes récompenses accordables aux Maisons qui avaient exposé.

Nous avons le regret de ne pouvoir exprimer ici nos sentiments de reconnaissance, que nous eussions été heureux de témoigner, à M. Goldsborough, le propre chef de notre département. Nous avions espéré trouver en lui l'appui naturel, sur lequel nous comptions, pour sauvegarder les intérêts de nos exposants. Si nous n'eûmes qu'à nous féliciter de ses relations courtoises, du moins fûmes-nous complètement déçus dans notre légitime espoir. Nous faisons allusion aux récompenses décernées finalement à nos exposants. Nous ne pouvons retracer ici les avatars nombreux qu'elles ont subis depuis leur discussion au Jury de groupes jusqu'aux décisions suprêmes du Jury supérieur. C'est ainsi que de nombreux exposants, pour qui nous pûmes obtenir, après quelles luttes ! des récompenses au Jury de groupes, n'ont pas vu maintenir leurs récompenses par le Jury de département. C'est également à l'effort persistant et volontaire de M. Gérald, Commissaire général, que des Maisons récompensées par le Jury de groupe, dépossédées par le Jury de département, durent le bonheur de voir maintenir leurs récompenses par le Jury supérieur. Mais au prix de quels efforts et de quelle ténacité ! Nous regrettons vraiment, nous le répétons, de ne pouvoir offrir ici à M. Goldsborough nos remercîments, nous qui rencontrâmes au cours de notre séjour à Saint-Louis tant de sympathies ; ce fut, d'un bout à l'autre de nos opérations, un étonnement constant de voir la façon dont le Chef du département de l'Électricité entendait les intérêts de l'électricité tout entière. Nous ne faisons pas ici de question de nationalité ; nous ne faisons que constater avec amertume que M. Goldsborough n'a pas eu pour les exposants de l'électricité la bienveillance dont usaient avec leurs exposants les Chefs des autres départements. Les Américains ont été lésés comme nous-mêmes, grâce au parti pris d'un homme résolu en principe, contre toute justice et avant examen, à ne pas donner le nombre de récompenses nécessaire. Il suffira de jeter les yeux sur le palmarès pour se convaincre que le nombre de récompenses obtenues par les exposants de l'Électricité a été de beaucoup inférieur à celui des récompenses accordées aux autres départements plus privilégiés. D'ailleurs, sans admettre d'explications, sans nous permettre de défendre nos propres expositions, M. Goldsborough nous a refusé à nous-mêmes le titre de *hors concours* accordé partout.

La rigueur de M. Goldsborough ne s'est pas arrêtée aux exposants et à leurs défenseurs ; elle a atteint aussi gravement les collaborateurs des exposants, dont nous nous étions particulièrement préoccupés. Ces collaborateurs, ingénieurs et ouvriers, dont le rôle utilitaire se trouve par trop effacé dans les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

expositions, nous semblait, en effet, devoir retenir l'attention bienveillante

Éclairage et illumination du Palais des Industries variées.

du chef du département de l'Électricité, qui mieux que tout autre devait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

admettre leur mérite, puisque nous le garantissions ; leur situation, intéressante par sa modestie même, les désignait à l'honneur des récompenses que nous avons en vain sollicitées pour eux.

Certes, nous ne voulons rien enlever au Chef du département de l'Électricité des capacités exceptionnelles d'organisateur, qu'il déploya dans ses fonctions et qui le désignèrent au vote de ses compatriotes. Notre bonne foi nous fait un devoir de les reconnaître. Nous ne faisons que déplorer la règle inexorable qu'il s'est imposée par « bon plaisir » et dont nous avons subi l'illégitime rigueur. Nous n'avons pas été les seuls, c'est vrai, et ses compatriotes ne furent pas plus privilégiés que nous puisqu'il alla jusqu'à refuser à certains exposants américains des récompenses qu'ils obtinrent plus tard au Jury supérieur, étonné qu'on ne les leur eut pas décernées.

Nous en convenons, mais le malheur des uns fit-il jamais le bonheur des autres ?.....

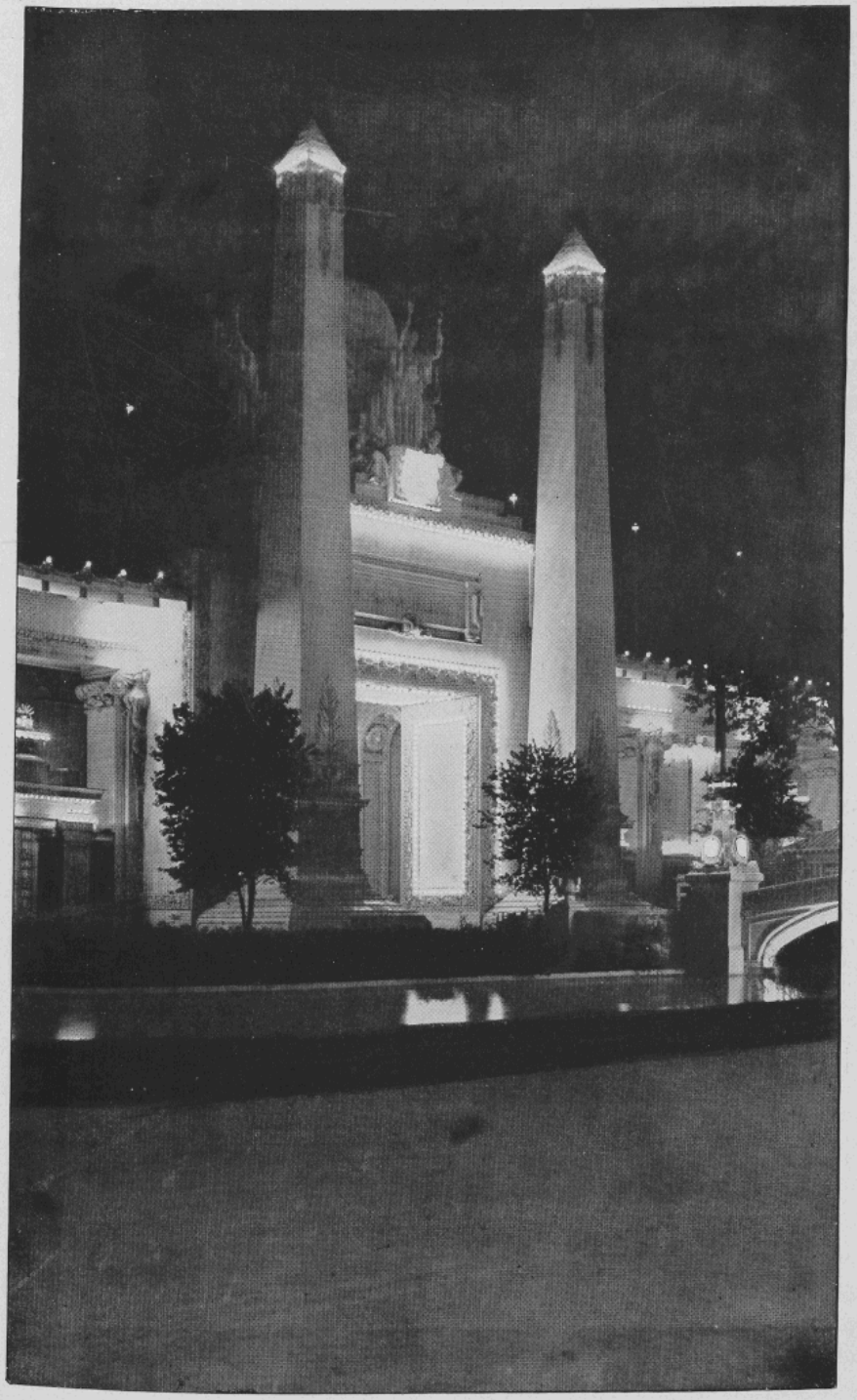
Le vingtième soir, le Jury des groupes terminait ses opérations et, dès le lendemain, le Jury du département fonctionnait. Là, la lutte recommença plus âpre, et nous eûmes à défendre à nouveau, pied à pied, les intérêts de nos exposants, avec le sentiment, par instant, de notre impuissance à arrêter l'écroulement de tout ce que nous avions si laborieusement édifié pendant trois semaines.

Les séances étaient longues, orageuses. Nous en sortions épuisés et, un peu après, nous revenions ayant préparé de nouveaux arguments et faisant appel à tout ce que notre éloquence pouvait nous suggérer de conclusions favorables. C'est qu'en effet notre éloquence était à une rude épreuve, étant donné que, depuis l'ouverture des opérations du Jury, pas un mot de langue française n'avait été prononcé et que tous les débats se discutaient en anglais. Une fois de plus, nous avons pu constater le pouvoir d'une volonté ferme et d'une inébranlable tension d'esprit vers le but à atteindre.

Certes, à ne le point céler, nous passâmes là de mauvaises heures d'irritation, d'énervement et de dépit, et nous conservons encore de nos luttes un souvenir plutôt pénible. Cependant le soir, en sortant de nos travaux, nous trouvions dans le féerique spectacle qui s'offrait à nos regards de légitimes compensations. Tout ce que l'imagination peut rêver de splendide, nous l'avons vu.

L'Exposition nous apparaît dans un rayonnement. Le spectacle des illuminations est rendu plus féerique encore par les délicieux canaux où se réflètent, comme en des miroirs, la grâce majestueuse des monuments, et qui multiplient à l'infini les flamboiements électriques qui les parent comme de fantasmagoriques joyaux. On croirait, tant il y a de lumières flottantes et de reflets, à l'évocation magnifique d'une immense Venise moderne sous le pinceau de Ziem.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Illumination de l'entrée du Palais des mines et de la métallurgie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici la splendide cascade centrale ! Il y a là du torrent et de la cascade, et ses eaux tumultueuses s'éclairent des lueurs multicolores que déversent les projecteurs électriques. Le dôme central s'est lui-même tout à coup illuminé. Feux rouges, puis feux blancs : c'est fantastique et irréel.

Chaque soir, à la tombée de la nuit, nous jouissions de cet admirable spectacle : les contours de tous les palais se dessinent soudain en rouge sombre, puis en rouge, enfin en blanc incandescent (1).

C'est un embrasement d'incendie, réglé par un Néron électricien !

Et partout, dans cette ville de lumière, ce ne sont que distractions, jeux variés, attractions, expériences instructives, moyens de locomotions modernes (bateaux et voitures électriques), et on peut dire que l'électricité y joue un rôle prépondérant et que c'est elle qui a déterminé le succès de l'Exposition.

Nous donnerons, dans les pages qui suivent, quelques détails techniques sur les principales manifestations électriques que nous avons été appelés à observer par nous-mêmes et sur lesquels nous nous sommes documentés le mieux possible.

Parlons tout d'abord des trois séries de cascades disposées en éventail, d'un merveilleux effet, avec ses énormes masses d'eau éclairées, entourées, traversées de feux électriques multicolores, changeants, éblouissants.

Ces cascades reçoivent l'eau de trois pompes centrifuges construites par la « Worthington C° », commandées par des moteurs asynchrones Westinghouse de 2 000 chx à vitesse variable.

Les primaires de ces moteurs qui forment les parties fixes sont construits pour 6 000 volts, trois phases, 3 000 p : m. et une vitesse de 365 t : m. Les tôles du noyau portent des rainures partiellement fermées où sont placées les barres de cuivre.

Les secondaires sont logées dans des tôles montées sur un volant de fonte et fixées à queue d'haronde. Le rotor est formé de bobines de rubans de cuivre réunis par des bagues, à une résistance de démarrage réglée par un contrôleur de 54 plots.

La station comprend trois unités semblables : les moteurs et les pompes sont réunis par des accouplements élastiques.

Le courant est fourni par le service des machines de l'Exposition.

Chaque pompe peut débiter 160 000 à 180 000 litres d'eau par minute : on peut juger de la puissance de ces masses liquides !...

Les cascades fonctionnant cinq heures chaque jour, une seule unité suffit pour assurer le débit.

Les moteurs sont contrôlés d'un tableau de distribution formé de trois panneaux, un pour chaque moteur. Les interrupteurs et les contrôleurs sont enclanchés

(1) On arrivait à ce résultat en mettant progressivement l'excitation sur l'alternateur pendant que le mécanicien maintenait la vitesse de régime. Il suffisait de fermer un commutateur qui mettait en route un petit moteur actionnant lui-même la manette du rhéostat.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de telle sorte qu'il est impossible de fermer le circuit lorsque toutes les résistances ne sont pas intercalées.

Illumination des Palais de l'éducation et des manufactures.

Il suffit, au démarrage d'un courant de 35 ampères et ce courant ne dépasse jamais cette valeur.

La station est située sous la cascade et à l'extrême gauche.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Aux splendides écroulements de lumière des cascades, venaient s'ajouter la diversité et l'harmonie des illuminations extérieures des Palais dont la décoration lumineuse comportait 230000 lampes électriques. Nous le répétons, c'était fantastique! 2000 kilowatts étaient utilisés pour l'éclairage des grandes cascades et des bâtiments des différents États.

Voici la répartition des lampes à incandescence.

Palais des Arts libéraux	20 000	lampes
Palais des Mines et Métallurgie	20 000	—
Palais de l'Éducation	20 000	—
Palais des Matières textiles	30 000	—
Palais de l'Électricité	20 000	—
Palais des Manufactures	30 000	—
Palais des Machines	30 000	—
Palais du Transport	30 000	—
Palais de l'Horticulture	10 000	—
Palais de l'Agriculture	20 000	—

Les lampes en suivant le contour des bâtiments sont installées de 25 à 40 centimètres les unes des autres.

Dans les colonnades, les lampes sont placées sur la face arrière des colonnes. C'est d'un merveilleux effet. Les colonnes ont l'air d'être entourées d'un halo comme les personnages d'un tableau de Carrière. Ce sont des reflets nuageux d'incendie ou de couchant qui baignent d'une douceur infinie les contours harmonieux des colonnades. C'est très artistique et les électriciens se feront une idée de ce que pouvaient produire comme impression visuelle une telle profusion de lampes et un agencement si intelligemment compris.

Les douilles employées sont en porcelaine et la distance des bornes correspond à la distance des fils d'alimentation.

Les fils passent directement au-dessous des écrous; on les décape et les serre sous les écrous.

L'installation générale a été confiée à la General Electric C°, pour la somme totale de 250 000 fr ce qui représente environ 0,85 fr par lampe, depuis les coffrets disposés dans les bâtiments et installés par l'Administration de l'Exposition.

Ces lampes sont alimentées par du courant à 25 périodes par seconde et fourni sous forme de courant alternatif simple à 104 volts; courant triphasé à 104 volts, courant alternatif simple et triphasé à 6 600 volts.

Le courant à la fréquence de 60 périodes par seconde y est délivré sous forme de courant alternatif simple et courant tétraphasé à 104 volts; courant alternatif simple et tétraphasé à 2 200 volts; courant triphasé à la même tension.

Enfin, le courant continu y est disponible à 110, 220 et 500 volts.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quant aux puissances disponibles, elles sont les suivantes :

300 kw 25 périodes par seconde, 104 volts.
100 kw 60 périodes par seconde, 104 volts.
100 kw courant continu 110, 220 et 500 volts.
100 kw 25 périodes par seconde, 6600 vols.
50 kw 50 périodes par seconde, 220 volts.
50 kw 50 périodes par seconde, 2200 volts.

De plus, une faible puissance y est disponible sous forme de courant alternatif simple et triphasé à 340 et 400 volts ; ces dernières tensions ont été adoptées spécialement pour les commutatrices et les groupes moteurs générateurs.

Les groupes générateurs employés pour les illuminations, sont constitués par des moteurs à vapeur Allis, Chalmers-Bullock et des générateurs Westinghouse fournissant le courant à la tension de 6600 volts, qui est abaissé par des transformateurs placés dans chaque bâtiment à la tension de 110 volts.

Suivons donc l'électricité dans ses applications diverses à travers l'Exposition ; nous la trouvons et retrouvons partout. Toutes les grandes attractions, toutes les belles perspectives aménagées par l'habileté des ingénieurs sont éclairées à l'Électricité. La rue des Nations, entre autres, le « *Pike* », qui n'est autre que notre rue de Paris de 1900, étincelle de milliers de lampes. Des effets de scène remarquables ont pu être obtenus par l'électricité ; nous citerons comme exemple le « *Voyage de New-York au Pôle nord* » attraction où l'on pouvait admirer l'aurore boréale ; la « *Création* » et le « *Torrent de Galveston* » avec leurs reproductions saisissantes de la tempête ; la reconstitution historique de la guerre Anglo-Boer évoluant sur un emplacement vaste comme le Champ-de-Mars et qui, grâce à un prodigieux éclairage fonctionnait la nuit comme le jour.

Ces attractions avaient été montées en grand et avaient toutes un but *instructif*.

La « Bataille Navale » avec ses vaisseaux de guerre et ses torpilleurs minuscules était aussi très amusante, tant au point de vue de l'effet général qu'au point de vue technique.

L'électricité a aussi joué un grand rôle pour les divers stands et installations. L'Exposition de Saint-Louis, la première, a eu pour but principal d'exposer les procédés et moyens de fabrication plutôt que les produits obtenus. On a donc installé le plus grand nombre possible de machines pouvant fonctionner sous les yeux du visiteur et qui, toutes, ou presque toutes, utilisaient, pour leur fonctionnement, la puissance électrique.

La Station centrale du Palais de l'Électricité d'une puissance de 3200 kw, a pu donner une idée complète d'une grande station génératrice, ainsi que les groupes des turbines à vapeur qui ont attiré l'attention de tous les ingénieurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sollicités de toutes parts, nous courons, avides de tout voir, de remplir nos yeux de tous les spectacles, nos oreilles de tous les bruits, de tout le cosmopolitisme rassemblé ici, de tout ce qui se dit et se fait de nouveau, de tout ce que l'électricité a conquis, a embelli, a grandi, a créé.

Modes de transports électriques à l'Exposition.

Évidemment, nous ne faisons pas toutes nos courses dans l'Exposition à pied : un globe-trotter n'y tiendrait pas. L'électricité bienveillante est encore là ; c'est la déesse tutélaire qui apparaît comme le génie des légendes : on n'a qu'à tourner un commutateur !

Il y avait des voitures électriques pour le parcours des jardins de l'Exposition. C'est la *World's Fair Automobile Transit C°* qui en avait organisé le service ; chaque véhicule pouvait contenir 20 personnes ; la promenade circulaire durait 30 minutes. Nous en fîmes largement usage, on y était fort bien. Ces véhicules étaient au nombre de 15 ; peu de temps après l'ouverture de l'Exposition, on mit en service 60 autres voitures de 40 places ; ces voitures conduisaient les visiteurs jusqu'à leur hôtel, en ville ; le coût était de un dollar y compris l'admission à l'Exposition, ce qui nous importait peu puisque notre carte de membre de Jury nous en conférait l'entrée permanente.

Les voitures étaient actionnées électriquement et les accumulateurs rechargés à une station comportant trois groupes électrogènes à gaz de 25 chevaux chacun.

Quant aux lacs délicieux dont les eaux transparentes éclataient sur la robe étincelante de l'Exposition, comme des joyaux splendides, ils étaient non seulement les réflecteurs passifs des splendeurs électriques mais encore des canots électriques (1) les sillonnaient au nombre de 40, ayant 30 pieds de long sur 7 pieds de large et pouvant contenir 30 personnes.

Il y avait mieux encore : des voitures électriques, des canots électriques, c'était bien ; ce n'était pas suffisant. Songez que nous sommes en Amérique.

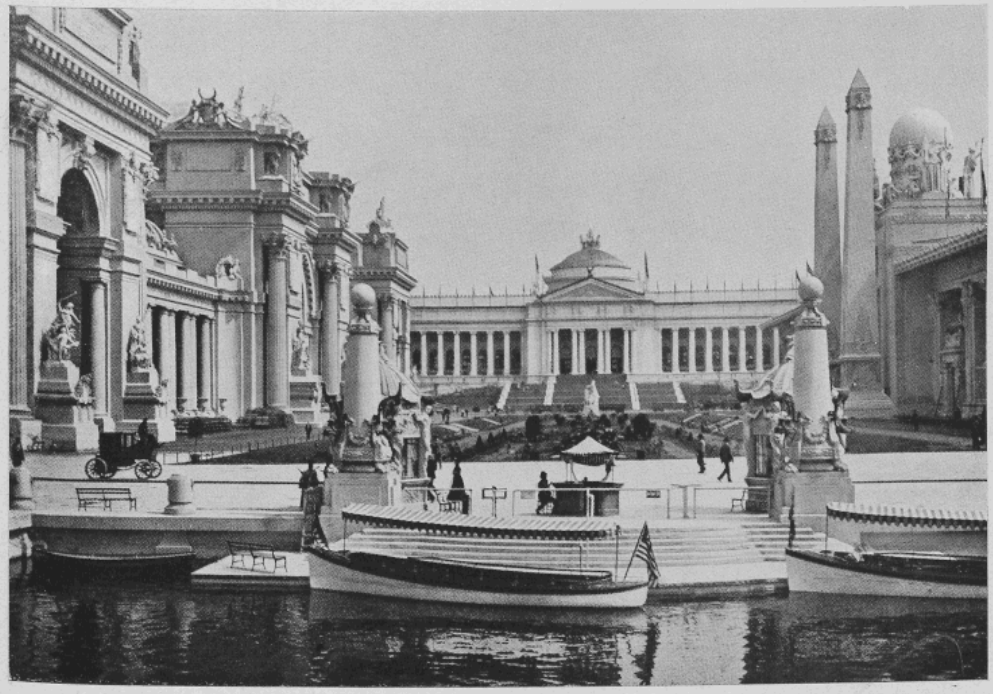
Il y avait donc, à l'intérieur de l'Exposition, un chemin de fer électrique qui en faisait tout le tour. Le développement du chemin de fer atteignait environ

(1) Chaque canot était équipé avec 46 éléments système Villard qui permettaient de faire un parcours de 60 milles à la vitesse de 9 milles à l'heure. Ces canots étaient actionnés au moyen d'un moteur de 2 chevaux 1/2. Ce moteur était commandé par un contrôleur permettant d'obtenir 4 vitesses différentes dans le sens avant et 2 dans le sens arrière. Pour la première vitesse avant, on faisait usage de 44 volts avec une résistance en série avec l'armature. Pour la seconde vitesse, la résistance était retirée, et à ce moment le bateau avait une vitesse de 4 milles 1/2 à l'heure, le moteur faisant 608 tours par minute. Enfin, en appliquant une tension de 80 volts sur le moteur, la vitesse était portée à 6 milles 1/2 à l'heure.

Les vitesses arrière correspondaient respectivement à 44 et 81 volts.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

10 km. Le prix de construction a été évalué à fr 3 250 000 et le prix de l'exploitation à fr 750 000. La dépense totale a donc été de fr 4 000 000 ; le produit de la vente du matériel roulant et de la voie après la fermeture de l'Exposition a été de 1 600 000 fr, soit 40 % des dépenses. En supposant que 10 000 000 de personnes aient été transportées à raison de 50 centimes par tête, les recettes



Palais des États-Unis et des Arts libéraux (à droite) porte du Palais des mines et de la métallurgie vue du canal avec bateau électrique.

auraient atteint un total de fr 5 000 000, de sorte que le résultat de l'entreprise aurait laissé un revenu de fr 2 600 000.

La direction de l'Exposition s'est chargée elle-même de cette installation. Ce sont les ingénieurs de l'Exposition, MM. R.-H. Philipps, Ingénieur Civil en chef, M. Henry Rustin, Ingénieur électricien en chef, et son assistant M. R.-M. Moore qui ont surveillé l'exécution des travaux.

La ligne généralement en terrain plat n'était surélevée que sur une longueur de 2 km. La voie, large de 1 m. 40 (voie normale aux États-Unis) était formée de rails en aciers de 32,5 kg : m, en longueur de 9 à 18 m du type recommandé par l'*American Society of Civil Engineers*. Lorsque la ligne présentait des courbes de moins de 368 m de rayon, des contrerails de même section dépassant la courbe de 6 m, étaient disposés de chaque côté.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Des éclisses en équerre réunissaient les rails et la jonction électrique était assurée par des fils de cuivre de 120 m/m carrés. Il n'existait pas de courbes de moins de 20° sauf à l'entrée principale, le rayon de courbure étant à cet endroit de 45 m.

17 trains de trois voitures motrices se succédaient toutes les 2 minutes 39 secondes, marchant à une vitesse de 12,800 km à l'heure. On pouvait donc faire, et nous le fîmes quelquefois, le tour de l'Exposition en 45 minutes. Les wagons étaient fournis par *La Saint-Louis Car C°*. Leur poids était de 21 810 kg; leur prix, sans les moteurs, était de fr 17 500. Ils avaient une longueur de 14,55 m et une largeur de 2,68 m. Ils contenaient 52 voyageurs.

Ils étaient munis des fanaux de la *Globe Electric C°* d'un éclairage intense, pourvus de lampes à arc de 2 000 bougies qui permettaient d'éclairer la voie à 100 m devant le train.

Ils étaient montés sur boggies dont la distance des centres était de 6,60 m et sur chacun des essieux était monté un moteur de 30 kw du type G. E. 67 *a* de la *General Electric C°*; le système de contrôleur est du type Sprague et les freins à air, du type Christensens, ces derniers fournis par la *National Electric C°* de Milwaukee.

Le courant était fourni aux moteurs à 550 volts, amené par un fil de trolley de 65 mm carrés en cuivre dur supporté par des poteaux tous les 30 mètres environ.

Le système de signaux comportant des appareils automatiques de block et permettant d'éviter les accidents mérite d'être décrit.

La première roue de la voiture met le signal à l'arrêt et protège le train tant qu'il reste dans le block, et aussitôt qu'il quitte le block, il met le signal à la position libre. Si le train pénètre dans une section lorsque le signal est à la position d'arrêt, le frein à air comprimé fonctionne automatiquement.

L'installation de ce système de signaux à coûté une somme de fr 80 000.

En un mot, de toutes parts, de toutes façons, sous toutes les formes, nous assistons au triomphe de l'Électricité. Partout elle joue le rôle prépondérant, C'est à elle que nous devons les sensations les plus belles et les plus caractéristiques de notre séjour à Saint-Louis. Elle est partout dans la vie américaine, à chaque pas, et ses bienfaits sont inestimables.

Il nous a été donné en outre d'assister à quelques expériences du plus haut intérêt, par lesquelles s'affirme sa suprématie. Entres autres, nous avons suivi les expériences du professeur Thordarson, présentées par le professeur Goldsborough, qui offraient, pour des électriciens, un intérêt primordial, et que nous allons décrire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Expériences sur l'emploi des hautes tensions.

500 000 volts.

Dans le palais même de l'Électricité, un transformateur d'une puissance de 20 kw transformait directement du courant alternatif à 110 volts et 60 p : s en un courant à 500 000 volts et au delà.

L'intérêt de cette expérience réside dans les effets produits par un arc absorbant 15 000 watts sous une tension dépassant 500 000 volts, et en même temps dans la possibilité de la réalisation d'un transformateur dans lequel la tension secondaire est 5 000 fois plus grande que la tension primaire. Les bobines de l'enroulement à haute tension étaient constituées par des galettes disposées autour d'un noyau rectiligne en fer feuilleté, et les galettes étaient accolées les unes aux autres, mais leur diamètre croissait rapidement de l'une à l'autre ; tout l'ensemble était plongé dans un bain d'huile ; dans ces conditions, il y avait une distance considérable entre le noyau en fer et par suite l'enroulement à basse tension et les bobines à très haute tension.

Ce principe a été appliqué par M. Thordarson à la construction d'un transformateur de 75 kw qui a été monté dans le jardin de l'Exposition à proximité du Palais de l'Électricité, dans les derniers jours des opérations du Jury.

Ce transformateur était alimenté directement par le courant alternatif à 110 volts, 25 p : s, pris sur le réseau général de l'Exposition. Le circuit à haute tension était relié à la ligne aérienne d'environ 100 mètres de longueur, cette ligne était supportée par des isolateurs en terre vernissée du système Locke, à trois cloches indépendantes, reliées entre elles par un mastic.

Ces isolateurs reposaient sur des tiges de pin fixées dans de longs tubes de carton bitumé, remplis de brai. La distance entre deux fils de ligne était de 8,50 m ; les expériences que nous entreprîmes eurent lieu pendant une nuit chaude sans vapeur ni brouillard ; au moment où l'interrupteur à basse tension était fermé, la ligne tout entière s'illuminait comme de beaux tubes de Geissler, répandant une lumière très douce sur les objets environnants ; par contre les isolateurs et leurs supports ne présentaient aucune effluve, le diamètre apparent de la ligne atteignait plusieurs centimètres, tandis que sa valeur réelle n'était que de 4 mm.

Ces expériences étaient alternées avec d'autres modérant la puissance de la décharge disruptive dans l'air ; sur une autre section de la ligne, les conducteurs étaient ramenés à une distance de 1,25 m et au moment où on fermait l'interrupteur à basse tension l'arc jaillissait de lui-même entre ces deux conducteurs. Le bruit d'un arc absorbant près de 100 chevaux était assourdissant et il s'entendait de très loin dans le jardin de l'Exposition.

Aussitôt amorcé, l'arc prenait la forme d'un V renversé, dont les branches atteignaient plus de 2 mètres de hauteur et se maintenait ainsi, tant que le circuit primaire était fermé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On peut conclure de ces belles expériences que si l'on peut arriver industriellement à réaliser des isolateurs résistant admirablement à la tension de près de 1 000 000 de volts et des transformateurs permettant de passer directement de 100 volts à 750 000, il y avait lieu d'envisager par contre, qu'il convenait de ne pas dépasser des tensions supérieures à 500 000 volts pour ne pas perdre une grande partie d'énergie par effluves dans l'atmosphère.

Ces très belles expériences ont été exécutées par M. Thordarson, sous la direction du chef de notre département, le professeur Goldsborough.

Enfin, il nous a été donné d'assister aux expériences de télégraphie sans fil qui avaient lieu le jour même de la fête de l'Électricité, le 15 septembre, jour à jamais mémorable! Il est certain que de longtemps nous n'oublierons pas cette fête dans laquelle, contraints et forcés, nous jouâmes un rôle ou mieux une *panne*, selon l'argot théâtral. Il y avait d'abord un grand lunch, et nous bûmes du meilleur de notre cœur à la gloire de l'électricité. Mais voilà! le plus clair, le meilleur, le clou de la fête consistait en un défilé général comportant tout ce qui de loin et de près touchait à l'électricité; une place déterminée y avait été assignée aux membres du Jury de notre département. Et le cortège se mit en route, déroulant à travers les avenues de l'Exposition son interminable ruban. Cette partie du programme manquait un peu de charme : il fallait payer de sa personne, et on ne manqua pas de nous exhiber ainsi dans tous les coins et recoins de l'Exposition, musique en tête. Des gens de tous pays et de toutes races nous regardaient passer avec curiosité et ironie. Nous étions à notre tour une attraction, et nous eûmes le sentiment que notre contenance devait être assez piteuse. Oh, ce défilé!... Voilà bien une idée yankee. On pourrait affirmer qu'en tout Américain il y a un barnum qui sommeille. Nous constituions, nous les membres du Jury étranger, une curiosité. Séparément, nous passions inaperçus; dans l'ensemble, on pouvait nous juger et recueillir une impression. L'Amérique calcule tout : nous valions quelque chose. Au surplus, nous avions lunché, nous devions défiler; donc nous défilâmes, installés d'ailleurs très confortablement dans une voiture électrique gracieusement mise à notre disposition.

Heureusement que cette journée se termina par les expériences de télégraphie sans fil de la Société d'exploitation du système de Forest.

Pour cette expérience mémorable de télégraphie sans fil, à 300 milles de distance entre Saint-Louis et Chicago, on avait installé un poste placé au pied du grand mât situé sur l'élévation de terrain entre Jérusalem et le Camp des Boers. Ce poste comportait un transformateur de 40 kw alimenté par des machines concourant à la fourniture générale de la force motrice distribuée dans l'Exposition.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les expériences étaient effectuées par le Jury du groupe 70. A cet effet, M. Roux notre collègue, le Dr Herzog et le professeur Langdorf s'étaient installés au poste dont nous venons de parler, et M. W.-J. Hammer et le professeur Kelsea étaient partis la veille au soir pour Chicago et s'étaient rendus au poste de réception.

Une ligne téléphonique directe était établie entre les deux postes. M. Roux à Saint-Louis et M. Hammer à Chicago étaient chargés de chronométrer le temps et, à cet effet, avaient reçu la veille chacun un chronomètre parfaitement réglé. A l'heure exacte qui avait été fixée, un premier signal fut envoyé, et l'observation des heures d'émission et de réception prouva que la transmission s'était faite d'une façon absolument instantanée. Puis, le groupe de Saint-Louis envoya un télégramme très compliqué de 100 mots. La réception eut lieu rigoureusement au même moment et fut parfaitement nette. L'expérience ayant convenablement réussi, depuis ce jour, la télégraphie sans fil, système de Forest, a été mise en exploitation continue sur ce réseau de 550 kilomètres.

Nous pouvons mettre ces expériences en parallèle avec celles du capitaine Ferrié qui, depuis 18 mois, transmet des aérogrammes entre la tour Eiffel et la citadelle de Belfort, distants de 550 kilomètres, en dépensant une puissance de 1 cheval seulement au lieu de 50 chevaux, comme les Américains.

Avant de quitter l'Exposition, nous voulons tracer ici les grandes lignes du Congrès auquel nous assistâmes. Nous n'allons pas donner le détail de tous les congrès dont l'Exposition de Saint-Louis fut le théâtre et le prétexte, il y en eut 500! mais nous ne pourrions passer sous silence le Congrès international d'électricité et le Congrès national de traction électrique : ceux-ci sont de notre ressort. Trois de nos compatriotes avaient été délégués comme titulaires par notre pays : MM. Poincaré, le savant délégué qui y prit la parole au nom de la France; M. de Nerville, l'ingénieur des postes et télégraphes, dont l'autorité est bien connue en matière électrique, et le capitaine Ferrié, qui a attaché son nom à de si importantes découvertes sur la télégraphie sans fil.

Voici le résumé des travaux qui y furent accomplis :

Congrès international d'électricité tenu à Saint-Louis du 12 au 17 septembre 1904.

Le Congrès international d'électricité a été organisé sous la direction du président de l'Exposition de Saint-Louis en juin 1903; ce Comité d'organisation était ainsi composé :

Président : Elihu Thomson, Past President of the American Institute of Electrical Engineers.

Vice-Président : Mr. J.-B. Arnold, President of the American Institute of Electrical Engineers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pr H.-S. Carhart, President of the American Electrochemical Society.

Pr W.-E. Goldsborough, Chief Department of Electricity Louisiana Purchase Exposition ; Mr. Chas F. Scott, Past President of the American Institute of Electrical Engineers ; Dr W. Stratton Director of the National Bureau of Standards of the United States.

General Secretary : Dr A.-E. Kennelly, Past Président of the American Institute of Electrical Engineers.

Treasurer : Mr. W.-D. Weaver, Editor of the « Electrical World and Engineer ».

A l'appel de ce Comité, 2 000 personnes environ ont répondu comprenant environ 400 étrangers aux États-Unis et Canada.

Le Congrès international d'électricité comprenait trois classes distinctes :

I. — Une Chambre des délégués désignés par les différents Gouvernements, et essentiellement similaire à la Chambre des délégués de Gouvernements au Congrès international de Chicago en 1893 et à celui de Paris en 1900. Les délégués de cette Chambre étaient les personnes suivantes :

République Argentine : Dr Jorge Newbery ;

Autriche-Hongrie : Pr Charles Zipernowsky ;

Colonies australiennes : John Hesketh Esq.

Danemark et Suède : Pr Swante August Arrhenius ;

France : M. Poincaré, M. Guillebot de Nerville, M. Ferrié. Suppléant : M. Dennery ;

Italie : Pr Moïse Ascoli, Pr L. Lombardi, Ing. A. Maffezzini ;

Indes : J.-C. Shields Esq.

Mexique : Senor Rafael R. Arizpe ;

Suisse : Prs Ferdinand et Weber ;

Espagne : Miguel Otamendi, C. E. Antonio Gonzalez C. E.

Les représentants des États-Unis à la Chambre des délégués étaient :

Pr H.-S Carhart ; Dr A.-E. Kennelly ; Pr H.-J. Ryan ; Pr S.-W. Stratton and Pr Elihu Thomson.

Les groupes suivants avaient été par invitation délégués au Congrès :

The Royal Society : Dr R.-T. Glazebrook ; Pr John Perry ;

Institution of Electrical Engineers : Mr. R. Kaye Gray Pres. ; Col. R. Crompton ; C. B. ; Pr John Perry, F. R. S. ; Dr R.-T. Glazebrook, F. R. S. ; Mr. H.-E. Harrison, B. Sc., B. A. ; Mr. W. Duddel, Honorary Secretary of Delegation ;

La Société Internationale des Electriciens : Pr J.-A. Bergonié ; M. Marius Latour ;

Associazione Electrotecnica Italiana : Pr M. Ascoli, Président ; Pr G. Grassi, Vice-Président ; Pr L. Lombardi, Vice-Président ; Ing. E. Jona ;

Oesterrichiser Electrotechnischer Verein : Herr Baron Wolfgang Ferstel ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Royal Society of Canada : Pr W. Lash Miller ; Pr Howard T. Barnes ;

The American Institute of Electrical Engineers : Mr. Ralph D. Mershon ; Pr M.-I. Pupin, Pr C.-P. Steinmetz ;

American Physical Society : Pr A. G. Webster, Président ; Dr Carl Barus ; Pr D.-B. Brace,

The American Electrochemical Society : Pr W.-D. Bancroft ; Pr H.-S. Carhart, Président ; Dr Louis Kahlenberg ;

National Electric Lihgt Association : Mr. Geo Eastman ; Mr. Ross Grenn ; Dr F.-A.-C.Perrine ;

Association of Edison Illuminating Companies : Mr. W.-C.-L. Eglin ; Mr. E.-A. Ferguson ; Mr. Gerhard Goettling ;

International Association of Municipal Electricians : M. W.-H. Bradt ; Mr. E.-C. Mason ; Mr. Walter M. Petty ;

Pacific Coast Electric Transmission Association : Pr F.-G. Baum ; Dr F.-A.-C. Perrine ;

American Electro-Therapeutic Association : Dr Russel Herbert Boggs ; Dr Charles R. Dickson ; Dr James Herdman ;

The United States Navy Department avait nommé comme délégué au Congrès : Lieut. Commander Joseph L. Jayne U. S. N.

II. — Le corps principal des congressistes divisé en 6 sections :

Section A. — Théorie générale : Président : E. Nichols, Cornell University.

Pr. C.-P. Steinmetz, Schenectady ;

Pr. H.-S. Carhart, University of Michigan ;

Mr. C.-F. Scott, Pittsburg ;

M. J.-W. Lieb Jr., New-York ;

Dr Louis Duncan, Mass Institute Technology ;

Mr. F.-W. Jones, New-York ;

Mr. W.-J. Norton, New-York.

III. — Simultanément avaient lieu des conférences combinées entre les différentes institutions suivantes :

The American Institute of Electrical Engineers ;

The American Electrochemical Society ;

The National Electric Light Association ;

The Association of Edison Illuminating Companies ;

The Pacific Coast Transmission Association ;

The American Electro-therapeutic Association.

Travaux de la Chambre des délégués. — La Chambre des délégués avait pour mission d'étudier la suite à donner aux différentes propositions faites

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

depuis le Congrès tenu à Paris en 1900 sur les unités électro-magnétiques internationales et sur l'étalonnage international des appareils électriques et des machines.

Après s'être réunie un certain nombre de fois sous la présidence du professeur Elihu Thomson, la Chambre des délégués adopta à l'unanimité les conclusions suivantes :

Il ressort des communications faites dans les journaux électro-techniques antérieurement au Congrès international, et de la discussion, qu'il y a des différences considérables entre les lois relatives aux unités électriques ou leur interprétation dans les différents pays représentés, lesquelles dans l'opinion de la Chambre, doivent être prises en considération en vue d'arriver à une uniformité pratique.

Il a paru également désirable à la Chambre d'arriver à une entente internationale concernant les questions relatives à la nomenclature et à la détermination des unités et des étalons.

La Chambre des délégués considère que ces questions et celles similaires pourraient être examinées par la Commission internationale représentant les Gouvernements intéressés ; une telle Commission peut tout d'abord être désignée par les pays dans lesquels la législation des unités électriques a été adoptée, et comprendra 2 membres pour chaque pays.

Les dispositions seront prises en vue d'obtenir l'adhésion des autres pays pour adopter les conclusions de la Commission.

La Chambre des délégués approuve ce plan et charge ses membres de remettre ce rapport à leur Gouvernement respectif. Elle estime que si la recommandation de la Chambre des délégués est adoptée par les Gouvernements qui se sont fait représenter, la Commission pourra éventuellement devenir une Commission permanente.

Elle exprime le désir que les délégués fassent connaître à leur Gouvernement respectif que, en ce qui concerne les unités électriques, les Gouvernements se mettent en rapport avec le Dr S.-W. Stratton (Bureau des Etalons Washington) et avec M. R.-T. Glazebrook (National Physical Laboratory bushy House Richemond, Surry England), pour tenter d'unifier les conclusions de leurs rapports et d'établir des bases fixes de réforme ainsi que de fixer toutes les questions connexes à cette résolution.

La Chambre des délégués a envisagé en même temps l'étalonnage international des appareils et machines électriques et elle est arrivée à cette conclusion :

Que des démarches soient faites pour assurer la coopération des sociétés techniques du monde entier par la délégation d'une Commission représentative pour examiner la question de l'étalonnage, de la classification, du calibrage des appareils et machines électriques.

La Chambre des délégués estime qu'une très importante partie des travaux peut être faite d'abord par correspondance et par la désignation d'un secrétaire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

général, ayant pour mission de rassembler les points de divergence s'il y en a, qui pourraient provenir de méthodes employées dans les différents pays intéressés.

Si cette recommandation de la Chambre est adoptée, la Commission pourrait éventuellement devenir une Commission permanente.

Elle exprime que, en ce qui concerne l'étalonnage international, les délégués transmettent à leur société technique respective, le désir que ces sociétés prennent telle mesure qui leur semblera la plus convenable pour arriver à une solution effective et que les délégués en communiquent les résultats au colonel R.-E.-B. Crompton (Thriphlands, Kensington Court, London, England) ou au président de l'American Institute of Electrical Engineers, New-York City.

Nous n'entreprendrons pas l'énumération ni l'analyse des nombreuses communications faites à cette Commission du Congrès, et des plus nombreux rapports envoyés, car ceci nous entraînerait beaucoup trop loin ; nous dirons seulement que ces communications et ces rapports étaient au nombre de 141. D'ailleurs quelques-uns de ces rapports ont été lus lors du Congrès, et aucune discussion n'a pu avoir lieu par suite du manque de temps.

Nous dirons qu'un grand nombre de ces communications présentaient un réel intérêt et constituaient un travail d'ensemble sur l'état d'une question, tel par exemple : la traction par courant alternatif, la télégraphie rapide, la question du téléphone dans les grandes villes, la théorie de la télégraphie sans fil, l'usage des turbines à vapeur dans les grandes stations centrales, etc.

Nous avons pris part à quelques-unes de ces communications ; mais malheureusement le temps a fait matériellement défaut pour pouvoir les discuter avec toute l'ampleur que méritait le sujet.

Toutes ces communications seront prochainement réunies dans un ouvrage publié par les soins du Congrès International et qui constituera un recueil des plus intéressants.

Congrès national de traction électrique à l'Exposition.

Substitution de l'électricité à la vapeur comme force motrice. — En général, un chemin de fer électrique occasionne une plus grande dépense de premier établissement, mais donne une augmentation de recettes. Les dépenses par voiture et par tonne-kilomètre seront minimes si le nombre des trains est considérable. Les chemins de fer aériens de Chicago et de New-York en sont une preuve. Les avantages et les inconvénients de la traction électrique peuvent être résumés ainsi :

A) *Confort général pour le voyageur.* — On doit comprendre dans ce paragraphe la propreté, surtout dans les tunnels et dans les gares couvertes, et partout où la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fumée ne peut se dissiper et où la suie s'accumule ; une meilleure ventilation, un éclairage et un chauffage plus agréables. Quoique coûteux, le chauffage des wagons par l'électricité n'est pas impossible à réaliser et il permet d'obtenir presque toutes les températures désirées.

B) *Vitesse.* — On peut obtenir une vitesse beaucoup plus considérable avec la traction électrique sur les lignes où l'on a de fréquents arrêts. Une des raisons de ce fait est due à l'emploi des moteurs rotatifs, ayant un couple uniforme et n'ayant pas de tendance au glissement en un moment quelconque de leur évolution. Cet accroissement est estimé à 10 ou 20 % par MM. Potter et Arnold.

Une autre raison tient à l'augmentation du poids adhérent.

Dans les trains à vapeur, ce poids est d'environ 7 à 10 % du poids total du train, tandis que si 1/3 des voitures est pourvu de moteurs sur chaque essieu, on atteint un chiffre de plus de 35 %.

On peut donc pour ces raisons obtenir des accélérations beaucoup plus considérables. Des expériences sur le chemin de fer aérien de Liverpool ont montré qu'on pouvait diminuer le temps de parcours de 56 %, sans que la consommation par tonne-kilomètre soit augmentée de plus de 24,5 %.

On peut aussi atteindre de très grandes vitesses, mais à condition de dépenser beaucoup plus.

C) *Départ plus fréquent.* — Permet aux employés d'habiter la banlieue. Des lignes interurbaines traversant des villes comme Détroit, Cleveland et Indianapolis rapportent par conséquent beaucoup. Ainsi entre Cleveland et Oberlin — 55 km — le chemin de fer transportait, en 1895, 203 014 voyageurs. En 1902, il n'en transportait plus que 91 761, tandis que la ligne électrique qui venait d'être ouverte transportait cette même année 3 000 000 de voyageurs. Nous pourrions citer un grand nombre de cas semblables. On peut attribuer en partie ce développement à la modicité de tarifs et aux départs plus fréquents. Les lignes électriques firent, en 1902, un chiffre d'affaires de 70 433 555 fr pris sur le trafic des chemins de fer, et un bénéfice supplémentaire de 252 479 040 fr.

D) *Augmentation de capacité des lignes.* — Lorsque des lignes ont de longs tunnels ou que les stations terminus sont encombrées, et que le terrain est très cher, le trafic peut être fait plus économiquement avec les lignes électriques et l'augmentation de capacité tient en partie à l'augmentation de la vitesse, à la plus grande facilité de l'aiguillage et aussi à l'emploi de locomotives plus puissantes. Ce fait a été prouvé par les essais de Berlin-Zossen où une seule voiture contenant 50 voyageurs pouvait utiliser continuellement une puissance de 1 000 chx et au maximum 3 000 chx.

E) *Économie de la traction électrique.* — Différentes expériences ont été faites pour évaluer la dépense de puissance électrique. On peut compter avec des trains ou des voitures isolées, pesant chacune 40 tonnes, sur une consommation de 37 wh par tonne-kilomètre pour une vitesse moyenne de 48 km à l'heure.

La dépense de puissance du *Manhattan Elevated Railway* comprenant des trains de 6 voitures, d'un poids total de 125 tonnes, non compris la charge utile avec une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vitesse moyenne relativement faible, mais des arrêts fréquents et de fortes accélérations, est de 78 wh par t-km.

Si l'on tient compte de la charge utile, la dépense ne sera plus que de 62 wh par t-km.

Sur le *Central London Railway*, la puissance est d'environ 31 wh. Sur le *Lancashire & Yorkshire Railway*, on compte sur 43 wh par t-km et de 32 wh au *City & South London Railway*, mais dans ce cas les valeurs sont faibles à cause de la pente qui permet de produire une partie de l'accélération par la pesanteur. La distance des stations est en outre relativement grande et la vitesse moyenne faible.

Le prix de la voie, des stations, signaux, etc., est à peu près le même dans les deux cas.

On a prétendu que le ballastage et les traverses pouvaient être plus légers avec la traction électrique à cause de la plus grande légèreté des voitures, mais cela est discutable, car le trafic peut être plus considérable.

Le matériel roulant est un peu plus coûteux et les voitures motrices sont plus coûteuses. La suppression des locomotives ne compensera pas le prix des moteurs, l'augmentation ressort à peu près de 5 à 15 %.

On doit y ajouter le prix des stations génératrices et du système de distribution. C'est ce que l'on reproche le plus à la traction électrique.

Une station centrale coûte à peu près 650 à 750 fr par kw de puissance y compris les bâtiments et le terrain, quoique le développement des turbines à vapeur assurera une économie de 25 % sur le prix du bâtiment et des fondations. La sous-station coûte approximativement 250 fr par kw toute installée.

La prise de courant peut être faite au moyen d'un trolley aérien ou d'un troisième rail, ce qui sera encore moins coûteux.

Les dépenses générales d'entretien de la voie ne sont pas modifiées, mais l'entretien du matériel est moindre avec la traction électrique.

Par exemple, la dépense moyenne d'entretien des locomotives sur le Pennsylvania Railroad pour 1903 était de 20 % par an du prix d'achat.

Les dépenses de réparation de moteur électrique ne dépassent pas 25 % du prix d'achat.

Les dépenses de combustible pour des marchés moyens ne présenteront pas de grandes différences.

Une locomotive à vapeur consomme environ 14 à 37 kg de vapeur et brûle de 16 kg à 45 kg de charbon par cheval mesuré au frein.

Les stations centrales produisent la puissance avec une moins grande consommation de combustible, mais les pertes dans la transmission et la transformation sont suffisantes pour abaisser quelquefois le rendement total à 50 %.

On doit faire rentrer dans la consommation de combustible les dépenses de chauffage des voitures. Certaines lignes suburbaines dépensent 25 à 50 % de la puissance électrique pour le chauffage (Le Manhattan Elevated Railway a une consommation supérieure de 37 % en hiver). Mais on pense que l'avantage du chauffage électrique compensera bien ces dépenses supplémentaires.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les appointements des employés faisant le service d'un train électrique peuvent être sensiblement plus bas; en effet, on peut réduire les frais de personnel de 20 à 60 % pour le service du même train.

Un autre avantage est la possibilité de renvoyer la puissance à la ligne dans les pentes ou pendant le freinage, ainsi que la possibilité d'employer des sources de puissance économiques et de combiner des installations fournissant aussi l'éclairage aux particuliers.

Statistique du South Side elevated Railway de Chicago and Manhattan elevated Railway de New-York.

	Elevated, Chicago.	Elevated, New-York.
Époque des relevés *avant* l'installation de l'électricité	1897	1900
— *après* — —	1899	1904
Prix de l'installation électrique, environ		85 000 000 Fr.
Augmentation de puissance pour le chauffage, environ		37 %
Recettes totales *avant* l'installation électrique	3 476 435 Fr.	49 849 500 —
— *après* —	(1) 5 851 905 — (2)	72 645 940 —
Accroissement	2 375 470 —	22 796 440 —
Pourcentage	68 %	46 %
Dépense d'exploitation (y compris les impôts) *avant*	2 811 490 —	30 521 465 —
— — *après*	3 349 665 —	33 588 630 —
Accroissement	538 375 —	3 867 165 —
Train-kilomètre (Manhattan 5 voitures) *avant*		17 290 000 —
— — 6 — *après*		17 700 000 —
Total des bénéfices nets (impôts et dépenses d'exploitation déduits) *avant*	665 145 —	19 335 035 —
— — *après*	2 502 240 —	39 057 510 —
Augmentation	1 837 095 —	19 732 275 —
Pourcentage	276 %	102 %
Accroissement de bénéfice en pour % sur le *matériel total*		23,2 %
Pourcentage des dépenses d'exploitation sur les recettes brutes *avant*	81 %	61 %
— — *après*	57 %	46 %
Économie par voiture-km. pour les dépenses d'exploitation		9,6 %
Dépenses supplémentaires par voiture-km. pour les dépenses d'exploitation et les taxes fixes (*intérêts et dépréciation*)		7 %

En ce qui touche à la sécurité, la locomotive a l'avantage de former un tout, mais il y a moins de chance de déraillement avec les moteurs électriques. Si l'on emploie un troisième rail, comme conducteur, le trafic pourra être interrompu par la neige ou le verglas, mais on pourra y remédier en protégeant le rail.

On peut donc dire que les tractions électriques présentent autant de sécurité. On peut en outre augmenter la protection des trains par les signaux en employant

(1) Amortissement compté comme dépenses d'exploitation.
(2) Impôts de 1904 estimés égaux à ceux de 1905.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des dispositifs qui couperont le courant si le train dépasse un signal fermé.

Les chances d'incendie sont il est vrai plus grandes, mais on peut disposer de protections suffisantes.

Les lignes pour lesquelles une installation électrique est nettement recommandable sont : 1° les lignes ayant de nombreux trains et beaucoup d'arrêts; 2° les tunnels mal ventilés qui doivent être installés à tout prix à l'électricité; 3° les lignes des gares terminus dans les grandes villes surtout si elles sont desservies en partie par des tunnels; 4° les lignes pour lesquelles on n'autorise pas l'emploi de la vapeur.

Tandis que les lignes d'intérêt local qui n'ont des trains que toutes les 30 minutes ne seront pas économiquement transformées à l'électricité, ainsi que les embranchements qui servent seulement au trafic des marchandises.

Dans presque tous les cas où l'on doit appliquer la traction électrique, on doit employer des moteurs à courant continu dans un rayon d'environ 10 km ; au delà on emploiera des moteurs monophasés, mais les systèmes triphasés sont peu recommandables.

Puissance électrique. Stations génératrices et transmission. — Le développement des générateurs de puissance a conduit à modifier complètement les stations génératrices.

Le dernier recensement, fait aux États-Unis, montre que la puissance des alternateurs constitue plus de 60 % de la puissance totale des stations. On a pu, en outre, étendre la limite des distributions.

La tension adoptée à Zossen était très élevée, la ligne étant alimentée à 12 000 volts et l'on songe à employer des transmissions à 50 et 60 000 volts.

L'emploi des turbines n'implique pas toujours une diminution de terrain et n'est pas toujours avantageux.

La station génératrice du métropolitain souterrain de Londres a une puissance de 59 000 kw et l'espace occupé est de 0,14 m par kw ce qui est assez restreint.

En général, les machines verticales à piston occupent seulement une faible partie de l'installation, puisqu'il faut encore compter sur la place prise par les chaudières, et qu'elles nécessitent une augmentation de dimension des condenseurs.

Résumé de la discussion sur l'emploi de l'électricité pour la traction. — La traction électrique n'est pas applicable, lorsque le service journalier ne dépasse pas 10 000 t-km par km de voie.

Si le coût de l'installation de puissance est doublé, le prix de l'exploitation ne croît que de 10 à 11 %.

La puissance nécessaire par tonne-kilomètre est actuellement d'environ 51 wh par tonne-km à la station génératrice et de 43,5 wh au rail de contact.

Les moteurs électriques permettent de gravir des rampes de 6 à 10 %.

Si les stations de faible importance coûtent 650 à 750 fr par kw, quelques stations de 40 000 à 50 000 kw ont coûté 550 fr par kw. Cette puissance peut être

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

facilement augmentée de 40 % au moment de la journée où se fait le service le plus actif.

L'entretien de la voie sera moindre avec les machines électriques à cause de la suppression du mouvement de roulis et de la répartition du poids adhérent nécessaire pour remorquer le train sur un plus grand nombre d'essieux.

Le dépense de charbon est aussi moindre, on compte au Manhattan 1,18 kg par kwh au moteur, et les machines à vapeur consomment 1,60 à 1,75 kg. Le coût de la puissance est d'environ fr 0,03 par kwh et environ fr 0,04 à 0,05 y compris les charges.

Enfin la moyenne du parcours que peut effectuer une locomotive est seulement de 120 km par jour, tandis qu'on peut faire le double avec une voiture électrique. L'entretien est seulement de 2,5 %, tandis qu'il est de 20 % avec les locomotives à vapeur.

On voit, en résumé, que l'on pourra avantageusement employer la traction électrique dans certains cas particuliers où le service est très actif.

Nous terminerons ces pages entièrement consacrées au rôle de l'Électricité dans l'*Exposition de Saint-Louis*, aux manifestations qui l'ont imposée à la foule, et aux Congrès qui ont consacré son prestige, par le *règlement pour la distribution de l'énergie électrique sur le terrain de l'Exposition :*

Règlement pour la distribution de l'énergie électrique sur le terrain de l'Exposition universelle internationale de Saint-Louis. 1904.

1. Toutes les demandes de courant électrique, pour l'éclairage ou la transmission de force motrice, se font sur des formules fournies par la direction de l'exposition et aucune connexion ne sera faite entre l'installation de l'abonné et les feeders de l'exposition s'il n'existe pas un accord par écrit, signé par l'abonné et la direction générale.

En faisant la demande de courant, il faut soumettre au « directeur des travaux » les plans et spécifications concernant l'installation.

Toutes les installations électriques pour l'éclairage et la transmission de force motrice sont soumises à l'approbation et la surveillance du « directeur des travaux ».

2. Les frais pour le courant, pour l'éclairage et la transmission de force sont payables par mois et par avance, excepté au cas de batteries d'accumulateurs où le payement est basé sur les indications d'un compteur, et avant que le raccordement de l'installation aux feeders soit fait, il est nécessaire de présenter le reçu du caissier de l'exposition au bureau du « directeur des travaux ».

3. Le courant pour l'éclairage et la transmission de force se vend à forfait et des compteurs ne seront employés que pour la charge des accumulateurs.

4. Les prix et les conditions donnés ci-après n'ont cours que pendant la durée de l'exposition et ne s'étendent pas sur le temps avant le commencement et après la fin de l'exposition. Pour les périodes avant l'ouverture et après la fermeture de l'exposition, il faut faire des arrangements spéciaux.

5. L'énergie électrique sera à la disposition des exposants et concessionnaires dans tous les bâtiments de l'exposition. La Compagnie de l'exposition n'assume aucune responsabilité pour les dommages provenant des interruptions dans le service d'électricité et des dommages quelconques résultant des installations électriques de l'exposition. Les employés de l'exposition ou les per-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sonnes autorisées par la direction de l'exposition ont toujours le droit de visiter les installations électriques, et les exposants ou concessionnaires doivent leur accorder, en tout temps, libre accès à la place occupée par eux. Les installations électriques doivent être exécutées d'après les prescriptions et les ordres de la direction de l'exposition. Les personnes chargées de l'inspection des installations électriques porteront des marques distinctives indiquant leur qualité.

7. Tous les abonnés du service électrique doivent donner leurs commandes pour les installations électriques à un installateur privé, la Compagnie d'exposition ne s'occupant pas des installations.

8. Toutes les installations électriques sur le terrain de l'exposition sont soumises à l'inspection des employés de l'exposition ou des personnes autorisées par la direction de l'exposition, et le raccordement des installations électriques aux câbles de l'exposition ne sera pas fait avant que la direction de l'exposition les ait approuvées par écrit. Chaque fois qu'une installation a été approuvée, l'abonné doit payer 25 fr pour tout raccordement aux feeders, dépense couvrant les frais de revient. Cette somme est absolument indépendante du prix du courant et doit être payée par avance.

9. Si un abonné fait une demande pour un accord après l'ouverture de l'exposition, les frais sont diminués en proportion du temps, de manière que l'accord comprenne seulement le reste de la période de l'exposition ; le prix doit être payé également par avance.

10. *Remises.* — Des remises indiquées ci-après seront accordées sur les prix de l'éclairage par lampe à incandescence. Aucune remise ne sera accordée sur les prix de l'éclairage par lampe à arc et des emplois divers du courant.

11. *Lampes à incandescence.* — Du courant alternatif à 110 volts et 25 p : s sera fourni pour l'éclairage par lampe à incandescence aux conditions ci-dessous pendant la période de l'exposition :

	Par lampe, en fr.
Pour lampes à incandescence de 16 bougies (de moins de 60 watts)	35
— 8 — 30 —	20
— 4 — 22 —	15

Pour les lampes d'une intensité plus petite que 4 bougies, le même prix par watt doit être payé que pour les lampes de 4 bougies ; pour les lampes d'une intensité supérieure à 16 bougies le même prix par watt doit être payé que pour les lampes de 16 bougies.

		Remise en °/₀.
Sommes s'élevant pour la période de l'exposition à	875	5,0
— —	1 750	7,4
— —	3 500	10,0
— —	5 250	12,5
— —	7 000	15,0

Payable seulement en déduction du compte de novembre, si le montant de ce compte, plus les montants des comptes payés avant, garantissent les sommes indiquées plus haut.

		Remise en °/₀.
Sommes s'élevant pour la période de l'exposition à	8 750	17,0
— —	10 500	20,0
— —	12 250	22,5
— —	14 000	25,0
— —	15 750	28,0

Payable seulement en déduction du compte de novembre ou du compte de novembre et d'octobre ensemble, si le montant de ce compte, plus les montants des comptes payés avant, garantissent les sommes indiquées plus haut.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La direction de l'exposition a le droit de contrôler l'intensité de chaque lampe installée.

12. *Prix du courant pour les moteurs.* — Une taxe minimum de 70 fr doit être payée pour chaque moteur installé à l'exposition.

On payera :

Pour un ventilateur électrique de bureau	70 fr.
Pour un moteur de 0,25 cheval	100
— 0,5 —	200
— 1 —	375

Pour des moteurs plus puissants qu'un cheval, il faut payer 70 fr pour la période de l'exposition.

Les remises suivantes seront accordées dans ce cas :

		Remise en °/₀.
Sommes s'élevant pour la période de l'exposition à	700	10
— —	1 400	10
— —	2 800	20
— —	5 600	25
— —	11 200	28

Ces remises seront réglées sur le compte de novembre, et le montant sera fixé d'après la somme de toutes les charges.

En calculant la remise pour les ventilateurs de bureau, ils seront comptés comme part de l'installation pour l'éclairage, ou de l'installation de la transmission de force motrice, mais ils ne seront jamais comptés deux fois.

Tous les ventilateurs demandant un moteur de plus que 0,125 cheval seront taxés au prix des moteurs.

En tous les cas où un raccordement spécial est fait pour un ventilateur, il sera compté 25 fr par raccordement ; mais si le ventilateur fait partie d'une installation pour l'éclairage ou pour la transmission de force motrice, cette taxe est supprimée.

Les taxes pour le courant des moteurs sont basées sur les indications données sur les plaques des constructeurs, sauf les cas où il serait évident que ces indications ne sont pas exactes.

Moteurs et accessoires doivent être fournis par l'abonné, mais les employés de l'exposition assisteront l'abonné au propre entretien de son moteur.

13. *Lampes à arc.* — Les ailes des bâtiments principaux seulement seront éclairées par le soin de l'exposition. L'éclairage par lampes à arc demandé spécialement par les exposants ou les concessionnaires se fera aux conditions suivantes :

1. L'abonné se charge de l'installation des lampes à arc.

2. L'abonné payera les frais pour les fils de raccordement de l'installation aux feeders les plus rapprochés.

3. L'abonné payera pour la période de l'exposition 375 fr pour chaque lampe par deux en série, ne consommant pas plus de 450 watts, et 350 fr pour des lampes de plus de deux en série. Le prix doit être payé par quote-part égale chaque mois et par avance. Les lampes d'une consommation de plus de 450 watts seront taxées proportionnellement à leur consommation réelle.

4. L'abonné doit payer une taxe de 25 fr pour chaque raccordement aux feeders.

L'exposition se charge de l'entretien général des lampes à arc des abonnés et aussi du remplacement des charbons. L'abonné recevra des informations concernant le type de lampes convenant le mieux à certaines conditions, la tension la plus favorable, etc.

14. *Lampes spéciales.* — Toutes les lampes à incandescence d'une intensité supérieure à 16 bougies, toutes les lampes à arc spéciales et les types nouveaux de lampes doivent être présentés au « directeur des travaux » jusqu'au 1er janvier 1904. Elles seront soumises à une épreuve concernant leur consommation de courant. Ces épreuves seront faites aux frais du fabricant, sous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la surveillance du chef du département de l'électricité et des machines de l'exposition. Le prix pour la consommation de courant sera basé sur les résultats de ces essais.

15. *Batteries d'accumulateurs.* — Les exposants et les concessionnaires faisant usage de batteries d'accumulateurs doivent se charger aussi de la canalisation et des accessoires, y compris un compteur. Dans le cas où il est possible de faire des arrangements pour l'installation de batteries d'accumulateurs, le courant sera fourni au prix de 0,35 fr par kw-h.

16. *Courant pour des applications spéciales.* — Des arrangements spéciaux seront faits concernant le prix du courant utilisé par des cinématographes, des projecteurs de lumière électrique, la galvanoplastie, etc. Le prix sera basé sur les taxes données ci-dessus pour l'éclairage et la transmission de force motrice d'après l'usage qui est fait de ce courant et la quantité qui sera consommée.

17. Chaque exposant désireux de faire un accord concernant le service de l'électricité doit faire une demande au chef du département dont dépend son exposition. On ne donnera pas suite aux demandes qui ne seront pas faites sur les formules prescrites, et fournies par tous les départements de l'exposition ; si la demande a été approuvée par le « directeur du service des exposants », l'accord sera exécuté de la part de la *Louisiana Purchase Exposition C°*, par le « directeur des travaux » sous des conditions qui seront déterminées spécialement dans chaque cas.

Le « directeur des travaux » et le « directeur du service des exposants » sont autorisés à fournir gratuitement aux exposants une puissance limitée pour la commande de machines et de procédés. La quantité d'énergie fournie gratuitement dépend du caractère des machines et appareils exposés.

18. La direction de l'exposition se réserve le droit de modifier ce règlement à volonté.

Toujours en notre qualité de Jurés, nous fûmes conviés à une série d'invitations, de réceptions, de banquets et de lunchs. Nous déclinâmes l'honneur de la plupart de ces réjouissances, mais cependant, nous ne pûmes nous abstenir d'assister aux banquets offerts par le Chef du Département de l'Électricité et à celui qui fut rendu en son honneur. Là, nous pûmes faire une remarque assez suggestive du caractère Américain et qui s'écarte sensiblement de l'idée préconçue de la plupart de nos compatriotes. Nous ne voyons en effet l'Américain que sous un aspect de convention ; nous voyons le brasseur d'affaires, le commerçant, le spéculateur, froid, compassé, avare de ses paroles, presque monosyllabique. Encore une légende qui s'en va. L'Américain est travailleur sans doute, mais nous pûmes constater qu'il est de plus très verbeux et d'une intarissable loquacité. Nous nous plaignons en France des trois ou quatre malheureux petits discours et des toasts prolongés qui sont l'accompagnement obligatoire de tout banquet. Que dire ici? Ce n'est pas trois, quatre, cinq ou six discours qu'il faut entendre, mais autant de discours qu'il y a de convives! Et plus encore! Il y a ce que notre imagination n'a jamais inventé : Un Président de table qui a la délicate fonction de donner la parole à tous les convives à tour de rôle. Il présente l'orateur en termes aimables, fait un peu d'esprit et s'assied. L'orateur se lève, parle longuement et s'assied. Le Président se relève et agréablement commente le discours qui vient d'être prononcé. Et ainsi pour chacun! Cela dure trois heures d'horloge! au bas mot, et à la sortie de ces banquets,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

légèrement ahuris, nous commentions à part nous, ce prétendu résumé proverbial de l'âme américaine : Times is money!

Et nous rentrions à notre « home » de Saint-Louis, prendre un repos bien gagné. C'est ainsi que nous devenions peu à peu Américains, nous pliant sans trop d'efforts aux exigences de notre situation nouvelle ; supportant comme nous pouvions l'excessive chaleur persistante, déjeunant le matin, lunchant à midi, dînant le soir, de préférence dans les restaurants étrangers, les seuls hélas! qui nous offraient une nourriture dont nos estomacs pouvaient s'accommoder ; car il n'y avait pas de restaurants français...

Dans la ville de Saint-Louis, un peu maussade généralement, il règne une animation exceptionnelle par ces temps d'Exposition. C'est d'ailleurs la plus grande ville de la Louisiane. Nous n'avons pas la prétention de faire un cours de géographie et nous n'avons l'intention de n'étonner personne en disant qu'elle est située sur la rive droite du Mississipi, à 27 kilomètres au-dessus de l'endroit où le Missouri se jette dans ce fleuve. Le mouvement de sa population s'est accentué d'une façon prodigieuse et le tableau suivant en fait foi :

En 1880.....	350 000 habitants.
En 1890.....	452 000 habitants.
En 1900.....	575 000 habitants.
En 1903.....	750 000 habitants.
En 1904.....	800 000 habitants.

A Saint-Louis, comme à New-York, et dans toutes les grandes villes américaines, le service des cars électriques impose l'admiration à l'Européen ; car leur organisation dépasse notre imagination routinière. C'est, nous ne craignons pas d'écrire le mot, une véritable attraction. Nous savions ce que nous allions voir et nous n'avons pas été déçus. A New-York, les chemins de fer élevés, traversant la ville à la hauteur d'un troisième étage, constituaient déjà pour notre esprit professionnel une curiosité du plus haut intérêt : nous ne nous lassions pas d'admirer leur fonctionnement et nous aurons l'occasion d'en parler dans le chapitre consacré à New-York. En apportant ici quelques renseignements sur le rouage des Compagnies de Saint-Louis, nous sommes sûrs d'intéresser les ingénieurs qui liront ce rapport. Nous nous arrêterons donc volontiers aux deux Compagnies de tramways électriques qui desservent la ville de Saint-Louis : *la Saint-Louis Transit C° et la Saint-Louis Railway and Suburban C°*.

La première a transporté en 1900 plus de 90 millions de voyageurs et ses recettes, dans cette année, ont été de 4 500 000 francs et, en 1901, de 5 800 000 francs. Les bénéfices d'exploitation ont, dans le même temps, passé de 800 000 à 2 000 000 de francs.

La Saint-Louis Railway and Suburban C° a transporté, en 1901, 20 000 000 de voyageurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La Saint-Louis Transit possède 2 usines : l'une au nord de la ville, comportant 2 générateurs de 1 200 kw à 6000 volts, et 3 dynamos à courant continu à commande directe provenant de ses anciennes usines, et 2 dynamos nouvelles à courant continu et à commande directe de 2250 kw fournies par la « *General Electric Company* ».

L'usine Ouest a été installée par la Westinghouse C° et comporte 4 unités de 2250 kw, 3 unités de 1 500 kw, et 3 unités de 600 kw.

Toutes ces usines marchent à condensation avec condenseur Worthington.

L'usine Ouest, située dans Park Avenue, possède le plus puissant compteur à courant du monde ; sa bobine secondaire étant faite pour 30 000 ampères.

Quant à l'usine Nord elle a été augmentée de 14 000 kw au moment de l'Exposition, au moyen de 4 turbines Curtis de la *General Electric Company* et 2 de 5 000 kw et 2 de 2 000 kw.

Le réseau exploité par la Saint-Louis Railway and Suburban C° a 60 kilomètres de développement.

La station centrale comporte 2 alternateurs de 1 200 kw commandés directement par une machine à vapeur Corliss compound à condensation sous un voltage de 6000 volts et une fréquence de 25 périodes par seconde.

On a fait application dans cette usine, pour la première fois, des interrupteurs à huile disposés pour chaque phase dans des cellules en maçonnerie, commandés à la main ou automatiquement. Les commutatrices ont une puissance de 600 kw par unité et sont alimentées par un groupe triphasé de transformateurs à courant alternatif simple refroidi par insuflation d'air. Le compoundage des commutatrices par excitation série et bobines de réaction a été également employé dès le début, et les commutatrices ont été munies aussi de dispositif à billes et à ressort effectuant le déplacement latéral périodique des anneaux du collecteur et du collecteur à courant continu sous les balais, disposition qui a été reconnue favorable à l'usure lente et régulière des organes collecteurs, des coussinets, etc.

La *Saint-Louis Car C°*, avait exposé le groupe le plus important de voitures et trucs électriques.

Elle a réuni une très intéressante exposition rétrospective montrant les perfectionnements et l'évolution du tramway moderne. On pouvait voir une vieille diligence qui faisait le service au commencement du XVI[e] siècle sur l'emplacement de l'exposition, un vieux cabriolet de Louisville et un cabriolet étroit pouvant s'atteler à une mule du type adopté pour les plantations de Cuba. L'idée était originale et a eu un entier succès.

Puis les commencements de la traction mécanique étaient représentés par le premier funiculaire avec grip et frein en service en 1873 sur la ligne de Clay Street à Saint-Francisco. La première voiture électrique construite par la C[ie] en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1887 pour le chemin de fer de Topeka qui resta en service jusqu'au commencement de cette année.

Une voiture construite pour l'exportation dans la République Argentine.

Deux types de voitures à impériale, l'un étant sur boggies, utilisés en Angleterre.

Le type des voitures de la C^ie^, des voitures du chemin de fer *Northwestern Elevated* de Chicago, et pour le souterrain de la *Interborough rapid Transit C°* de New-York et la voiture lourde transformable du *Pacific Electric Railway* de Los Angeles.

La magnifique voiture privée du Président John J. Beggs de la *Electric Railway et Leght C°, de Milwaukee.*

Divers compartiments ornés de bois rares et de tentures pouvant servir d'habitation à un petit nombre d'invités sont pourvus de radiateurs électriques et à eau chaude de *Peter Smith*.

Le truc est du type 23 E M C B pourvu de 4 moteurs du type 6674 avec contrôleur H.

Les voitures du chemin de fer souterrain de New-York ont un plaquage en cuivre assurant une protection contre l'incendie. Celles du *Pacific Electric Railway* sont transformables.

Les voitures types de la C^ie^ sont très larges et ont une plateforme Dupont très longue.

Une grande variété de trucs sont aussi exposés. Le type MCB pour le service lourd interurbain est représenté par le truc N° 23-B. Le truc à roues basses pour le service de ville N° 47 et le truc Hedley pour le service interurbain et chemin de fer aérien N° 50.

En outre, les différents accessoires sont réunis : paliers, garnitures, sièges, fanaux, lampes à arc pour l'éclairage intérieur, freins, sabots, poignées de freins, sablières etc... (Un bureau de renseignements a été installé).

Nous devons aussi citer le matériel roulant du chemin de fer intérieur de l'Exposition (type adopté par un grand nombre de villes) ; les voitures ont 13,50 m de long et 10,40 m de large ; elles étaient destinées à l'origine au chemin de fer de Chicago, mais leur emploi s'est généralisé et on les voit circuler comme tramway sur route ; dans ce dernier cas, elles sont munies de marchepieds.

La *J.-B. Brill C° et American Car C°* exposait seulement trois types, les plus récents et les mieux étudiés, de voitures montées sur boggies, une voiture transformable, demi-transformable et une ouverte du type *Warragansett*.

La voiture demi-transformable, la plus populaire, peut s'ouvrir presque complètement ; les châssis supérieur et inférieur de la fenêtre peuvent se relever et se loger dans des *compartiments du toit ;* par conséquent rien dans ces voitures n'empêche d'utiliser complètement la place disponible.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La voiture transformable est aussi construite sur les mêmes principes; les panneaux peuvent aussi se loger *dans le toit*.

Ces voitures portent toujours leur châssis et leurs panneaux, et peuvent à tout moment se transformer de voitures ouvertes en voitures fermées.

Toutes les parties frottantes sont métalliques pour éviter le collage des panneaux.

Dans la voiture demi-transformable, la fenêtre de la plateforme présente aussi une particularité nouvelle : les châssis supérieur et inférieur se déplacent en même temps et peuvent être maintenus ensemble à une hauteur quelconque.

Toutes ces voitures ont de petits vasistas dans la toiture.

Parmi les trucs exposés, figuraient divers trucs du type n° 27, de différentes tailles, pouvant supporter les plus lourdes voitures de voyageurs, un truc n° 21 E présentant un châssis forgé et un truc Eureka à *traction maxima*.

L'*American Car C°*, de son côté, exposait des voitures construites suivant les brevets Brill.

Ces voitures sont spécialement destinées au service urbain. Elles ont une longueur totale de 12 m et 16 m, y compris les plateformes.

La ville de Saint-Louis ne nous offrait par ailleurs que peu d'intérêt. Nos travaux étaient terminés, nous avions vu de l'Exposition tout ce que des jurés électriciens, compliqués de curieux et d'étrangers, pouvaient y voir. Nous eûmes le même geste de boucler nos valises. Nous avions vu Saint-Louis et son Exposition,... restait l'Amérique ! Nous partîmes à sa découverte.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A TRAVERS L'AMÉRIQUE

Les stations d'électricité. — Les produits manufacturés électriques. — Publications concernant l'Électricité.

Les grandes villes d'Amérique étaient là, toutes proches, New-York, Pittsburg avec ce que nous avions entrevu, Chicago avec ce que nous en savions, Schenectady, Baltimore, Philadelphie, le Niagara aux chutes célèbres, le Canada.....

Allions-nous brûler les étapes, perdre cette occasion qui, peut-être, ne se représenterait plus, de visiter ces villes et ces régions uniques au monde ? Enfin, avions-nous entrepris un voyage aussi lointain pour ne pas en tirer le plus large profit et ne pas jouir de tous ses avantages? Non pas. La mission du juré était terminée, celle du touriste-électricien, curieux des choses de l'électricité, des créations, des audaces et du progrès, continuait; après délibération de notre conseil intime et en parfaite harmonie, nous continuâmes.

Avant de passer en revue les grands centres des États-Unis, et de décrire les diverses applications de l'électricité à l'industrie rencontrées sur notre route, il convient de donner immédiatement la statistique des stations d'électricité aux États-Unis, d'après des documents recueillis sur place.

Les chiffres sont arides sans doute, mais nous ne trouvons rien de mieux pour donner une idée exacte du grand mouvement électrique qui agite le Nouveau-Monde. C'est en ce sens que les statistiques, en dépit de leur sécheresse, sont de nécessité première. Nous ferons suivre ces renseignements techniques de la statistique des produits manufacturés aux États-Unis; nous la considérons, en effet, comme un utile document de comparaison, avec les mêmes produits manufacturés en Europe et en France. Tous ceux qu'intéressent les choses de l'électricité la liront avec profit.

Elle démontrera l'importance du courant électrique en Amérique, importance qui n'est pas en surface mais profondément enracinée dans l'esprit et dans la vie du peuple américain; il n'en n'est pas de meilleure preuve corrélative que les nombreuses et belles publications consacrées à l'électricité et qui montrent à quel point le public se préoccupe de la marche en avant de cette industrie. Nous donnerons aussi la nomenclature de ces organes, dont beaucoup atteignent de très gros tirages. Tels quels, statistiques et publications constitueront un monument solide où pourront entrer toutes nos curiosités et qui aidera nos compatriotes à se rendre compte du grand mouvement électrique dont l'Exposition de Saint-Louis a été l'apothéose.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Statistique des stations d'électricité des États-Unis.

D'après les données du Bureau américain de statistique, le nombre des usines est de 3620, avec une puissance totale de 1 195 000 kw aux machines électriques ; en outre, il y a 118 usines pour chemin de fer, non comprises dans la statistique, qui fournissent cependant du courant pour l'éclairage et la force motrice. 2805 stations appartiennent à des sociétés, 815 à des municipalités.

D'après leur importance, les usines se répartissent de la manière suivante :

Puissance des dynamos en chevaux.	Nombre.	En pour 100.
Au-dessous de 200	2 260	62,4
De 200 à 499	866	23,9
500 à 999	226	6,3
1 000 à 1 999	137	3,8
2 000 à 4 999	83	2,3
5 000 et au-dessus	48	1,3
Totaux	3 620	100

Dans 78,5 % des usines, on emploie des machines, et dans 21,5 % des turbines hydrauliques.

Le tableau suivant indique les puissances des diverses machines :

Machines.	Machines à vapeur.		Turbines hydrauliques.	
	Nombre.	Puissance en chevaux.	Nombre.	Puissance en chevaux.
Machines de 500 chx et au-dessous	5 451	849 336	1 187	173 903
De 500 à 999 chx.	278	193 570	90	57 816
De 1 000 chx et au-dessus	201	337 035	113	206 753
Totaux	5 930	1 379 941	1 390	438 472

Il y a, en outre, 165 moteurs à gaz ayant une puissance totale de 12 181 chevaux.

La dépense de combustible s'élève annuellement à 61,9 millions de francs, soit 85,9 % pour le charbon et 14,1 % pour d'autres combustibles, comme le pétrole, le gaz naturel, le gaz artificiel, etc.

Le tableau suivant se rapporte à la nature du courant fourni par les diverses usines.

Courants.	Nombre des machines.	Puissance en kw.	Pour 100 du nombre total.	Pour 100 de la puissance totale.
Courant continu à tension constante	3 823	325 100	30,6	27,2
Courant continu à intensité constante.	3 539	143 900	28,4	12,0
Courant alternatif et polyphasé	5 122	726 000	41,0	60,8
Totaux	12 484	1 195 000	100,0	100,0

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les usines, on emploie, en outre, 193 survolteurs, dont la puissance totale est de 13 178 kw et 132 convertisseurs rotatifs ayant une puissance totale de 46 900 kw.

Les appareils employés dans les sous-stations se répartissent de la manière suivante :

	Nombre.	Puissance en kw.
Accumulateurs	8 338	18 000
Transformateurs	2 525	309 500
Convertisseurs	163	63 000
Machines diverses	140	15 780

La fourniture totale d'énergie de toutes les usines s'élèvent annuellement à 2 453 502 652 kw-h, dont 92 % pour les stations privées et 8 % pour les stations municipales.

La fourniture journalière moyenne d'énergie s'élève à 6 814 074 kw-h; ce qui correspond à un facteur d'utilisation de 25 % de la puissance totale des machines.

Les recettes pour l'ensemble s'élèvent à 455 millions de francs, de sorte que le prix de l'énergie revient à peu près à 18,5 centimes par kw-h.

Le nombre des lampes à arc desservies est de 385 698, celui des lampes à incandescence, rapporté à la lampe de 16 bougies, est de 19 171 544. Les recettes annuelles moyennes pour l'éclairage sont :

Par lampe à arc	220 fr.
Par lampe à incandescence	10,2

Le nombre de moteurs desservis s'élève à 101 064 et leur puissance totale est de 624 686 chevaux.

Le tableau suivant donne une comparaison entre les usines à gaz et les usines d'électricité ; il est intéressant, quoique les chiffres dans les deux cas ne se rapportent pas à la même année :

	Usines électriques. 1902	Usines à gaz. 1900
Nombre des usines	3 620	877
Capitaux, en millions de francs	2 681	3 012,5
Recettes, — —	455	402,5

La répartition des usines, suivant le nombre d'habitants des villes, est donnée dans le tableau suivant :

	Usines électriques. 1902	Usines à gaz. 1900
Au-dessous de 5 000	2 714	200
De 5 000 à 25 000	675	484
De 25 000 à 100 000	128	124
De 100 000 à 500 000	73	39
De 500 000 et au-dessus	30	30
Totaux	3 620	877

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Statistique des produits manufacturés électriques aux Etats-Unis.

On peut remarquer une légère diminution de la valeur des produits manufacturés électriques et annexes aux États-Unis pour l'année 1904, comparée à 1903. Le bilan total de cette année est de 230510000, ce qui représente une diminution de 1,8 % sur le chiffre de 234750000 en 1903. Il est surprenant que cette diminution ne soit pas plus forte, étant donnée la dépréciation de toutes les affaires pendant cette année.

En examinant les chiffres, on peut se rendre compte que certains articles présentent une légère augmentation ; ainsi, la valeur des turbines à vapeur, employées pour la commande des générateurs, a plus que doublé, comparativement à l'année précédente. Les lampes à vapeur de mercure, également, ont exactement doublé d'importance. Les machines à gaz, pour la commande des générateurs électriques, montrent un accroissement constant, tandis que les machines alternatives sont en baisse. Les chaudières à bouilleurs et multitubulaires sont également plus en faveur, mais il est possible que l'estimation pour 1903 sur ces paragraphes soit trop faible.

Les ventilateurs électriques continuent à baisser ; ce fait doit provenir de la basse température de l'été pendant les deux dernières années. Des baisses se remarquent pour toutes les espèces de fils et câbles, ce qui dénote un déclin de la construction électrique.

Les machines électriques en général, dynamos et moteurs, décroissent légèrement. Les lampes à arc et à incandescence sont légèrement en progression, tandis que les demandes d'appareils électriques de chauffage présentent une diminution alarmante.

Les appareils téléphoniques montrent une décroissance considérable, tandis que les appareils de télégraphie sans fil sont de plus en plus employés ; cependant l'écart entre ces deux systèmes de transmission est très considérable.

Pour les autres articles, il y a dans certains cas quelques changements intéressants, mais dans la plupart des cas la totalité des affaires reste la même que pour l'année précédente et présente seulement des différences insignifiantes en plus ou en moins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PRODUITS	ANNÉES			
	1904	1903	1902	1901
Lampes à arc et accessoires	$ 1 725 000	$ 1 935 000	$ 2 025 000	$ 2 200 000
Installation auxiliaire à vapeur pour installations électriques telles que pompes, condenseurs, séparateurs, surchauffeurs d'eau d'alimentation, injecteurs, tuyauteries, etc	1 850 000	2 000 000	1 950 000	2 300 000
Sonneries, tableaux, boutons, boites d'appel, annonciateurs	720 000	815 000	800 000	900 000
Courroies employées dans les stations électriques	600 000	615 000	575 000	500 000
Chaudières pour stations électriques (à bouilleurs)	6 000 000	5 100 000	4 500 000	5 600 000
— — — — (autres types)	1 850 000	2 400 000	2 000 000	2 800 000
Câbles souterrains, aériens, sous-marins	18 000 000	18 650 000	19 700 000	16 500 000
Charbon pour lampes, accumulateurs, balais et autres fournitures électriques	1 985 000	2 300 000	2 600 000	3 100 000
Voitures et trucks pour chemins de fer électriques	3 700 000	7 500 000	7 500 000	7 500 000
Disjoncteurs	230 000	300 000	1 200 000	1 350 000
Conduites (souterraines) et matériel similaire	1 700 000	1 925 000	2 350 000	2 650 000
Transporteurs, pour charbon et cendres, employés dans les stations électriques	650 000	750 000	750 000	800 000
Grues et treuils à commande électrique	2 730 000	3 500 000	4 750 000	3 875 000
Dynamos et moteurs, comprenant des parties de machines, survolteurs, commutatrices, moteurs générateurs, etc., et toutes les applications des moteurs, telles que pour automobiles, non spécialement énumérées dans cette liste	41 500 000	48 000 000	52 000 000	51 000 000
Galvanoplastie et autres appareils électrolytiques non spécifiés ailleurs	325 000	275 000	300 000	250 000
Machines électrostatiques, bobines d'induction, appareils médicaux, etc.	250 000	325 000	425 000	550 000
Élévateurs électriques (mécanisme seul)	1 800 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000
Machines à gaz, gazoline ou pétrole, employées pour la commande des machines électriques	950 000	1 300 000	1 500 000	1 800 000
Machines à vapeur (alternatives), employées pour la commande des machines électriques	16 425 000	17 000 000	16 500 000	14 500 000
Ventilateurs à commande électrique, directement accouplés	1 350 000	1 500 000	1 450 000	1 200 000
Appareils avertisseurs d'incendie, de vol, indicateurs de passage à niveau, etc	800 000	950 000	950 000	1 100 000
Fournitures pour éclairage électrique	4 200 000	4 100 000	4 250 000	4 125 000
Fusibles	175 000	185 000	250 000	300 000
Verrerie électrique	. . . . .	500 000	450 000	600 000
Appareils électriques de chauffage et de cuisine	285 000	330 000	325 000	425 000
Lampes à incandescence	4 150 000	5 000 000	5 400 000	5 750 000
Instrument de mesure et compteurs de toutes sortes; aussi indicateurs de terre appareils scientifiques et de laboratoire, photomètres, bouteilles de Leyde, dispositifs pour rayons X, etc.	3 250 000	3 750 000	3 850 000	3 750 000
Matériel isolant, fibre, ruban, etc	1 135 000	1 250 000	1 400 000	1 600 000
Isolateurs (verre et porcelaine)	1 600 000	1 750 000	1 900 000	1 550 000
Fournitures pour canalisation intérieure, telles que tuyaux, conduites intérieures, moulures, boite de jonctions, rosettes, boites de sortie, etc.	1 050 000	1 000 000	1 950 000	1 975 000
Parafoudres	390 000	425 000	470 000	450 000
Lampes Nernst	. . . . .	350 000	450 000	425 000
Poteaux, traverses, consoles et crampons	3 875 000	4 350 000	4 700 000	4 850 000
Piles	550 000	685 000	775 000	800 000
Accessoires électriques de chemins de fer tels que trolleys et autres appareils de contact, isolateurs de supports, croisements, jonctions de rail	1 575 000	1 575 000	2 150 000	1 900 000
Rhéostats, contrôleurs de voitures, démarreurs, etc	1 050 000	3 200 000	3 400 000	2 850 000
Arbres, poulies, embrayages, etc., utilisés pour les stations génératrices	475 000	425 000	400 000	285 000
Supports, commutateurs, interrupteurs	1 850 000	3 500 000	3 675 000	3 800 000
Appareils de télégraphie dans l'espace	. . . . .	200 000	250 000	380 000
Turbines à vapeur servant à la commande des générateurs électriques	. . . . .	500 000	1 200 000	2 500 000
Batterie d'accumulateurs, y compris celles pour automobiles	4 500 000	4 500 000	5 000 000	5 000 000
Instruments et appareils de télégraphie	120 000	200 000	200 000	265 000
Appareils téléphoniques et de bureaux centraux, y compris le tableau de téléphonie	18 750 000	21 000 000	19 500 000	17 200 000
Troisième rail pour chemins de fer électriques	300 000	500 000	500 000	715 000
Transformateurs statiques	3 250 000	4 200 000	4 500 000	4 450 000
Lampes à vapeur	. . . . .	. . . . .	30 000	60 000
Turbines à eau, employées pour la commande des machines électriques	1 125 000	1 300 000	1 500 000	1 230 000
Conducteur nu	16 200 000	17 500 000	18 350 000	18 000 000
Conducteur recouvert au caoutchouc	5 750 000	6 425 000	8 250 000	4 200 000
Conducteur imperméable	8 500 000	8 750 000	9 000 000	8 500 000
Câbles, autres que des câbles électriques	1 725 000	2 000 000	2 700 000	2 500 000
Divers, y compris les châssis de tableaux et panneaux, enseignes lumineuses, grilles mécaniques pour stations centrales, câbles de protection outils et jouets électriques, projecteurs, solénoïdes, dispositifs d'allumage pour moteurs à gaz, régulateurs de turbines pour stations hydro-électriques, commutateurs compound, ajusteurs de lampes, etc.	1 500 000	2 000 000	2 150 000	3 500 000
TOTAL	$ 192 470 000	$ 221 165 000	$ 234 750 000	$ 230 510 000

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Liste des publications électriques américaines.

Western Electrician.
Electrical Review.
Electrical World and Engineer.
Street Railway Journal.
Street Railway Review.
Proceedings and Transactions of the American Institute of Elect. Eng.
Journal of the Franklin Institute.
Philosophical Magazine.
American Telephone.
Telephony.
Engineering Record.
Electric Club Journal.
National Electric Contractor.
American Electric Engineer.
Bulletin of the University of Wisconsin.
American Electrician.
American Engineer.
Power and Transmission.
American Machinist.
Railroad and Engineering Review.
Cassier's Magazine.
Engineering and Mining Journal.
Engineering Magazine.
Engineering News.
Engineering Review.
Transactions of American Society of Civil Engineers.
Transactions of American Society of Mechinical Engineers.
Transactions of American Institute of Mining Engineers.
Journal of the Association of Engineering Society.
Proceedings of Engineer's Club of Philadelphia.
Proceedings of Engineer's Society of Western Pennsylvania.
Journal of Western Society of Engineers.

BALTIMORE

La première locomotive électrique. — Chemin de fer électrique de Washington à Baltimore et Annapolis.

La ville de Baltimore est dominée par le Washington Monument. Elle offre à nos regards un des plus beaux sites d'Amérique. On l'appelle la *Monumental City*. — En touristes convaincus, nous l'avons explorée en cars et en cabs; Baltimore est le centre de l'industrie des conserves américaines; elle en fournit 50 000 000 de boîtes par an... l'éloquence des chiffres !

Ce qui nous y intéresse particulièrement à notre point de vue, c'est que la première locomotive électrique destinée à la remorque des trains de voyageurs a été appliquée sur la ligne principale de Baltimore et Ohio pour la traversée du tunnel de la ville de Baltimore, et que, d'autre part, une nouvelle ligne électrique « de Washington à Baltimore et Annapolis », ligne de grande vitesse, vient d'y être installée.

Avant la création de la ligne « Baltimore-Ohio » passant sous la ville de Baltimore, les trains de la ligne B and Ohio Railway se dirigeant vers le Nord étaient obligés de faire un grand détour, puis de traverser l'eau sur des bateaux aménagés à cet effet.

Ce détour et le temps perdu par la traversée mettaient la C^ie de Baltimore dans un grand état d'infériorité par rapport aux autres Compagnies de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chemins de fer. Pour éviter ce retard, la Cie du B and Ohio Railway demanda et obtint la permission de construire un tunnel sous la ville de Baltimore à condition de ne pas employer de locomotive à fumée. La longueur du tunnel principal est de 2 445 mètres, sa largeur maximum, 9 mètres et sa hauteur, 7 m... Il a coûté, prêt à recevoir la voie, 3 450 francs le mètre linéaire.

La locomotive électrique vient s'accrocher en tête du train et remorque la locomotive à vapeur, dont les feux sont couverts, à une vitesse moyenne de 60 kilomètres à l'heure.

Le poids des locomotives électriques est de 90 tonnes, leur puissance est de 1 440 chevaux, fournis par 4 moteurs ; elles peuvent remorquer un train de 1 000 tonnes sur une rampe ininterrompue allant de 0,8 à 1,5 % et donnent, au démarrage, un effort de traction de 27 600 kg.

Quant à la nouvelle ligne « de Washington à Baltimore et Annapolis », elle a été installée sur une longueur de 50 km entre les faubourgs de Washington et de Baltimore, avec un embranchement de 24 km pour Annapolis ; la vitesse prévue devant atteindre, dans certains cas, 64 km à l'heure.

On a adopté, pour cette récente installation, le système de traction monophasée avec moteurs Lammé.

Le courant alternatif monophasé à 16 2/3 p : s, soit 1 000 périodes par minute, est distribué à 1 000 volts par un fil de trolley, le retour se faisant par la terre, sauf dans l'État de Colombie où l'on exige, quoique l'électrolyse ne soit plus à craindre, un deuxième fil conducteur.

Les voitures sont munies de quatre moteurs de 100 chx du type « série direct » à huit pôles, tournant environ 700 t : m sous 320 volts. L'armature et les inducteurs de chaque groupe de moteurs sont constamment montés en série.

Chaque voiture porte un compresseur d'air alimenté par un moteur série monophasé fournissant l'air pour le frein et, pour le mécanisme de commande du contrôleur, la commande générale se faisant par le système à unités multiples électropneumatiques.

Des essais réalisés à Pittsburg ont permis de constater que leur rendement est sensiblement le même que celui des moteurs à courant continu d'une forte charge, mais qu'il diminue avec la charge, car l'effort développé augmente approximativement proportionnellement au courant, tandis que la composante déwattée du courant absorbé augmente comme le carré de l'intensité.

Le facteur de puissance moyen est très bas ; il est de 86 %.

Le rendement de ces équipements est beaucoup plus élevé au démarrage et pendant l'accélération que celui des équipements à courant continu correspondant, en raison de la suppression des pertes rhéostatiques.

Cependant, en marche normale, le rendement est légèrement moindre,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

parce que le rendement du moteur est inférieur et qu'il y a de légères pertes dans le transformateur et le régulateur.

Le rendement final a été trouvé supérieur à celui d'une installation à courant continu avec sous-station de transformation.

La perte dans les rails est trois ou quatre fois plus élevée que dans le cas du courant continu de même valeur, mais il est plus facile de réduire les inconvénients de l'électrolyse.

L'éclairage des voitures présente de sérieuses difficultés, étant donnée la fréquence de 1 000 p : m, par suite des vacillations désagréables que produisaient les lampes à incandescence.

Deux procédés furent employés, donnant de bons résultats : dans le premier, on divisait la phase au moyen d'un moteur à champ tournant diphasé, alimenté par le circuit monophasé à 1 000 p : m. Le courant d'éclairage était recueilli au circuit primaire non connecté du moteur, le courant était évidemment à 90° du courant du circuit d'alimentation ; en plaçant deux filaments dans chaque lampe, on obtient un éclairage assez constant.

Un moyen plus simple consiste à employer des lampes à très faible voltage, formées d'un filament épais à grande inertie calorifique. Un certain nombre de ces lampes pouvaient être placées en série, suivant le voltage d'alimentation.

La Station génératrice comprend trois alternateurs monophasés de 1 600 kw à 24 pôles tournant à 83 t : m, et produisant une tension de 1 500 volts aux bornes ; deux excitateurs de 100 kw, tournant à 250 t : m et donnant une tension de 125 volts, peuvent aussi fournir du courant monophasé au moyen de deux bagues supplémentaires.

On installe sur la ligne 9 sous-stations transformatrices, renfermant deux transformateurs de 250 kw, refroidis à l'huile, fournissant le courant sur la ligne à 1 000 volts.

CHICAGO

La Ville. — Chicago Subway C°. — La Metropolitan West Side Elevated Railway C°. Le Northwestern Elevated Railway C°. — Les stations électriques.

Nous voici à Chicago. Avant d'aller plus loin, que les touristes de l'avenir nous permettent de les initier à un « Sésame » de la prononciation américaine : qu'ils ne s'avisent pas de prononcer le nom de cette ville à la française : *Chicago*, tout simplement. Personne n'y comprendrait goutte. C'est *Tchicâgo !* qu'il faut dire, en insistant sur ce que cette prononciation a de barbare.

Nous étonnerons beaucoup de personnes en disant que Chicago, universellement renommée pour ses colossales maisons d'affaires, ses quartiers de spé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

culation, est une ville « artiste ». Il n'en est pas moins vrai qu'elle s'y efforce avec activité et bonheur. Elle l'emporte en ceci sur toutes les autres villes américaines, un peu dédaigneuses du souci artistique. C'est une impression à laquelle le touriste ne peut échapper dans ses promenades à travers la ville embellie de parcs et de boulevards. Si elle est, sous certains rapports, très nettement caractérisée, le type par excellence de la ville américaine, en raison de la rapidité foudroyante avec laquelle elle s'est développée sur une étendue consi-

Chicago. — State Street (cars électriques).

dérable ; si elle peut être prise dans l'ensemble de sa vie économique comme le symbole de cette civilisation à outrance, rapide et brutale, dont le Nouveau-Monde s'enorgueillit, elle est aussi la ville aimable des États-Unis, la plus gaie et la plus hospitalière. Avec coquetterie, elle boucle sur ses buildings, une ceinture verte de parcs et de jardins. Elle favorise de tous ses efforts le développement de l'Instruction publique et des Beaux-Arts.

Un incendie la dévasta en 1871, et ce sinistre engloutit plusieurs milliards ; ce n'était rien pour des Américains ! En deux ans, 18 000 maisons étaient reconstruites et Chicago devenait le grenier d'abondance du monde. De plus, rapidement, avidemment, elle s'enrichissait de toutes les institutions nécessaires aux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grandes capitales et nous pouvons dire, après tant d'autres, que Chicago peut compter parmi les plus belles villes du monde.

Au point de vue de son mouvement, nous ne pouvons mieux le définir qu'en rapportant le trafic des trains de l'*Elevated* qui, pendant le mois de juin 1903, a atteint 1 523 trains en 24 heures, soit un train en moyenne toutes les 55 secondes; aux heures de trafic maximum, les trains se suivaient à 33 secondes d'intervalle. Ceci se passe de commentaires.

Chicago. — Le Temple maçonnique à l'angle des rues des États et Randolph. — Un Building renfermant dans ses sous-sols une sous-station de 2 500 chevaux de la Cie Edison.

Nous nous en voudrions d'omettre de dire que nous trouvâmes à Chicago, en notre collègue M. Warren Weinsheimer, manager de la *Minerallac C°*, membre du jury américain du Département de l'électricité à Saint-Louis, le cicerone le plus aimable et le plus courtois, et que grâce à son entière complaisance et à celle de M. J.-H. Gœhst, superintendant de la *New York Edison C°*, à Chicago, et président de la *Federal Electric C°* de Chicago, nous pûmes passer dans cette ville hospitalière des journées exquises, dont nous garderons le plus agréable souvenir.

Nous sommes heureux de les en remercier ici, en leur envoyant au delà des mers, l'hommage de notre reconnaissance et de nos sympathies.

C'est grâce à eux que nous avons recueilli des détails intéressants sur la vie américaine et que nous avons vécu pendant quelques heures de la vie des clubs si fermés et où ils nous firent pénétrer. Grâce à eux encore, nous visitâmes, entre autres curiosités de la ville, les souterrains par où s'effectue à Chicago le transport des marchandises, immense entreprise de la *Chicago Subway C°*, sur laquelle il convient d'insister. Cette Compagnie, au capital de fr. 250 000 000, vient d'être formée à Trenton, elle engloba le capital de fr. 150 000 000 de la Compagnie. L'*Illinois Tunnel C°* qui a construit 24 km de tunnels sous les rues de la ville; le vaste tonnage des chemins de fer sera réparti entre les tunnels de la Compagnie qui existent déjà sous chaque rue du quartier des affaires.

Cette Compagnie a repris entièrement, comme il est annoncé officiellement,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

toutes les actions de l'*Illinois Telephone Construction C°*; 66 2/3 °/₀ des actions de l'*Illinois Tunnel C°*, soit 150 000 000, et est prête à racheter toutes les actions restantes aux mêmes conditions que les deux autres tiers.

L'*Illinois Tunnel C°* avait pour but d'utiliser les tunnels de l'*Illinois Telephone et Telegraph C°* qui, la première, entreprit la construction des tunnels pour la pose de ses câbles télégraphiques et de téléphonie automatique. Un décret du Conseil municipal de Chicago autorisa le fonctionnement de cette Compagnie, en date du 20 janvier 1899.

Ces tunnels ont une section en fer à cheval et sont revêtus d'une couche de béton. Les tunnels principaux ont 3,36 m de large, 3,75 m de haut, et les conduites latérales ont 1,80 m de large et 2,15 m de haut. Les plus petits tunnels ont une paroi au plancher de 31 m et de 25 m au mur, et les tunnels principaux 53 au plancher et 45 au mur.

La distance minima du toit du tunnel au-dessous de la rue est de 7,70 m. Ces tunnels contiennent les câbles du réseau des téléphones automatiques qui desservent plus de 5 000 stations.

Ces câbles sont tendus le long des murs du tunnel de chaque côté, de telle sorte qu'il reste une place suffisante au plancher pour permettre de placer une voie.

La largeur de la voie est de 61 cm et elle est formée de rails de 25 kg montés sur des coussinets maintenus dans le plancher en béton du tunnel.

Les voitures sont complètement métalliques et ont une longueur totale de 3,60 m, elles sont montées sur deux trucs à deux essieux.

Les wagons sont transformables et leurs parois sont mobiles de façon à permettre le déchargement facile du charbon par côté. Ces wagons ont 1,20 m de large et leur plancher est à 0,60 m au-dessus des rails, ce qui donne une place suffisante pour permettre d'entasser les marchandises. La capacité des voitures est de 13600 kg.

Les tunnels passent sous toutes les rues de la basse ville et se raccordent à la ligne circulaire. Les wagons peuvent passer dans des courbes de 4,50 m de rayon et ils sont pourvus du dernier type de coupleur H. C. B. Ils sont remorqués par une locomotive du type surbaissé de mine et pourvue d'un seul moteur. Le courant est amené par un troisième rail formé de bandes d'acier de 12 mm d'épaisseur sur 100 mm de large, fixées entre des pièces de bois reposant longitudinalement au centre de la voie, de façon à former une crémaillère qui sert à la propulsion de la voiture. On obtient une vitesse de 25 à 30 km à l'heure.

Le courant continu à 250 volts doit être fourni par une station génératrice de 5 000 chx, mais il a été fourni au début par la Compagnie Edison.

Pour le déchargement des marchandises, des puits sont installés avec de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

puissants élévateurs qui soulèvent le wagon entier, de façon à réduire au minimum la manutention.

La Compagnie aura bientôt en fonctionnement un matériel de 150 locomotives de 3000 wagons.

On conçoit dès lors le grand service qu'une telle installation peut rendre à la ville et à quel point elle aide le service des chemins de fer.

Comme on le sait, Chicago est l'un des plus grands centres commerciaux du monde, puisque 25 lignes y aboutissent ; 6 dépôts reçoivent les marchandises et occupent une étendue de près de 4 km carrés.

On estime que la quantité de charbon brûlée par an dans le district est de 4000000 de tonnes.

L'*Illinois Tunnel C°* pense pouvoir assurer un trafic journalier de plus de 50000 tonnes et elle a déjà passé des contrats importants avec les grandes manufactures pour le transport du charbon et l'enlèvement des cendres. Elle songe à accroître ces lignes de façon à avoir une longueur totale de 155 km, dont plus de 85 sont déjà construits.

La Compagnie a un capital de fr 150000000 ; elle est autorisée d'émettre en actions pour une somme équivalente.

75 millions d'actions ont déjà été émises, le reste servant de réserve dans les extensions ultérieures.

L'*Illinois C°* restera titulaire, mais appartiendra à la *Chicago Subway C°* de New-Jersey, et le président Wheeler de l'*Illinois Tunnel C°* restera à son poste. On conçoit que les tunnels finissant sous les rues seront d'un grand avantage pour tous, et par conséquent, pour que leur fonctionnement soit aussi bien assuré que possible, il y a tout intérêt que la Compagnie titulaire et les principaux chemins de fer aient la même direction, et que les actions de ces Compagnies soient rachetées par une seule et unique corporation : La *Chicago Subway C°*.

Au moment de notre visite, 31 km de galeries étaient achevés sur 80 que l'on compte percer. Les lignes téléphoniques étaient posées en partie, et les galeries de circulation allaient bientôt être mises en service. La Compagnie espérait transporter pour fin septembre 20 000 tonnes de marchandises.

Les trains sont composés de wagonnets remorqués par des locomotives électriques semblables à celles des mines. La locomotive prend son énergie tantôt sur fil aérien, tantôt sur troisième rail placé entre les rails de roulement. Ce troisième rail, isolé sur des madriers, est établi pour servir de crémaillère lorsque la locomotive doit remorquer des trains sur les plans inclinés de sortie des galeries.

Nous n'avons pas vu de galerie d'avancement en marche. Celles-ci ont été faites entièrement dans l'argile blanche par le procédé du bouclier et air comprimé. Le garnissage de toutes les galeries est en béton. Pour les galeries télé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

phoniques, on commence par bétonner le sol, on pose ensuite des cadres en fer U, 5 pièces servent d'appui aux planches, derrière lesquelles on exécute le bourrage en béton, pieds droits d'abord. Le béton a une épaisseur de 25 cm sur tout le pourtour de la galerie.

Le travail s'exécute de la même façon pour les galeries de roulage; mais dans ce cas, les cadres en fer sont en 7 pièces et le garnissage en béton a 50 cm. d'épaisseur.

Nous quittons les « dessous » de la ville de Chicago pour partir de son Métropolitain, qui tient lieu de nos tramways et qui n'est pas souterrain, comme

Chicago. — Wabash Avenue (elevated).

on pourrait le croire, faisant le service des voyageurs, d'autant qu'on vient de lui appliquer le contrôle électropneumatique : ce qui est du plus grand intérêt.

Le *Metropolitan West Side Elevated Railway C°* de Chicago a cherché, en effet, à remplacer ses trains remorqués par des locomotives par des trains automoteurs à unités multiples et elle a adopté le système électropneumatique *Westinghouse*.

Cet essai est d'ailleurs assez important si l'on songe que la Compagnie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

possède 350 voitures qui devront être rééquipées, et, sur ce nombre, 87 sont motrices, et, en outre, on fera construire 69 autres nouvelles voitures motrices.

Ces trains pourront transporter 110 000 à 120 000 personnes par jour. En outre, la nécessité d'élever le plancher des voitures pour l'adaptation des dispositifs de réglage empêche d'employer le nouveau système électropneumatique Westinghouse.

Nous avons noté par ailleurs, à Chicago même, une innovation en matière électrique :

Le *Northwestern Elevated Railroad C°* de Chicago a adopté le type à unités multiples de la General Electric C° pour ses nouvelles voitures, qui auront seulement 2 moteurs au lieu de 4; il faudra donc plusieurs voitures motrices, mais on pourra proportionner leur nombre à celui des remorques. Il y aura des trains de 5 voitures à 2 automotrices et à 3 voitures à une seule automotrice, la vitesse restant toujours de 43 km. heure au lieu de 53 km. que l'on avait avant, avec les locomotives à vapeur.

Cette Compagnie, ouverte à toutes les idées nouvelles, peut être prise comme type de l'exploitation des chemins de fer électriques aux États-Unis ; les résultats qu'elle obtient sont toujours satisfaisants sans être extraordinaires au point de vue financier ; son rapport annuel pour l'année, finissant le 30 juin 1904, montre un bénéfice de $ 1 158 853, tandis qu'il n'était que de $ 996 793 l'année précédente et $ 946 597 en 1902.

Après le paiement de toutes les dépenses d'exploitation et de tout l'intérêt, il reste un dividende de 4,06 % sur le capital avancé.

Le rapport des dépenses d'exploitation à la recette brute des deux lignes circulaires et de la ligne Northwestern est d'environ 32 %.

L'établissement des bénéfices pour l'année finissant au 30 juin peut être comparé aux bénéfices précédents par le tableau suivant :

Bénéfices.	1904	1903
Northwestern, proprement dit	$ 1 274 684	$ 1 125 071
Circulaire	403 516	387 232
Total	$ 1 678 200	$ 1 602 303
Intérêts et divers	46 729	40 153
Total net	$ 1 724 929	$ 1 642 456

Dépenses d'exploitation.	1904	1903
Entretien de la voie	$ 22 968	$ 19 698
Entretien du matériel	67 096	66 754
Matériel en réserve	36 000	36 000
Transport	383 897	343 243
Frais généraux et droits	56 113	51 746
Total	$ 566 076	$ 517 441
Bénéfices nets	1 158 853	1 125 015

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Charges.		
Intérêts des obligations	$ 779 350	$ 779 350
Autres intérêts	15 096	6 155
(*) Taxes	161 153	156 100
Total	$ 955 599	$ 941 605
Excédent	203 254	183 410

(*) Y compris le droit versé à la Ville pour les circulaires.

La comparaison du bilan pour l'année, finissant au 30 juin avec celle des années précédentes, s'établit ainsi :

ACTIF

	1904	1903
Coût de la voie et du matériel	$ 29 086 954	$ 28 589 089
Actions et obligations possédées	31 292	4 307
Comptant et effets à recevoir	634 762	108 520
Acomptes à recevoir	91 105	579 056
Matériel et appareillage	17 269	17 912
Terrain et construction	456 000	456 000
Divers	157 729	199 588
Total	$ 30 475 111	$ 29 954 472

PASSIF

Capital en actions	$ 10 000 000	$ 10 000 000
Obligations en souffrance	18 387 000	18 387 000
Hypothèque sur immeubles	119 000	119 000
Taxes	341 504	241 504
Acomptes payables	90 031	95 164
Réserves	688 836	424 294
Divers	132 982	72 925
Profits et pertes	11 981	14 062
Amortissement	703 777	600 523
Total	$ 30 475 111	$ 29 954 472

L'énergie électrique — lumière, force et traction (6 000 kw) — est fournie à Chicago, partie par la C^ie^ Edison, partie par la C^ie^ Common Wealth.

La station centrale de Fish Street de la *Common Wealth Electric C°* est particulièrement intéressante, parce que c'est, croyons-nous, actuellement, la seule station au monde, établie uniquement avec des turbo-générateurs à axe vertical.

Elle est prévue pour contenir 14 groupes électrogènes de 5 000 kw chacun ; sur 3 installés actuellement, 2 étaient en marche lors de notre visite.

A signaler :

1° Le peu d'encombrement de ces groupes à côté des machines à piston d'égale puissance que nous avons vues plus tard à New-York ;

2° L'indépendance de chaque unité qui a des générateurs de vapeur (avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

leur transporteur de charbon et cendres), son excitatrice et ses lignes de transmission jusqu'au tableau de distribution et sous-stations.

Cette station centrale se trouve sur le Chicago River et à proximité d'une ligne de chemin de fer. L'aspect extérieur et la division intérieure du bâtiment sont les mêmes que pour les stations déjà décrites. La disposition seule des chaudières dans leur hall est différente, elles sont parallèles à l'axe des machines au lieu d'être perpendiculaires.

Les *chaudières* sont, par chaque turbo-générateur, au nombre de huit, type à tube d'eau avec alimentation automatique en charbon par une grille formant chaîne sans fin. Pression de la vapeur 14 kg : cm². Surchauffeur élevant la température de la vapeur de 100°. Le charbon est amené par wagon, passe dans un broyeur, puis est conduit par transporteur dans la soute placée au-dessus du bâtiment des chaudières. Les cendres sont emmenées par transporteur jusqu'à des trémies placées au-dessus de la voie du chemin de fer.

Les *turbines* sont du système Curtis, fabriquées par la Compagnie General Electric, qui a du reste aussi fourni l'équipement électrique. Nous parlerons plus tard et en détail de ces turbines et nous nous contenterons de citer les données principales de celles-ci.

Elles sont du type à double expansion, alimentation par trois groupes de tuyères à 120°, 500 t : m, relation mécanique directe entre le régulateur et le rhéostat qui règle le courant des électros provoquant la levée des soupapes des tuyères. Le poids de la partie tournante est de 70 tonnes. Cette masse est soutenue par injection d'huile sous un plateau fixé à l'arbre de la machine. Cette huile est fournie par une petite pompe à trois pistons-plongeurs qui la comprime à une pression de 65 kg par cm². Un manomètre placé sur chaque machine indique que le coussinet-support fonctionne toujours dans de bonnes conditions.

La pression de la vapeur entre les deux étages est très voisine, mais un peu supérieure, à la pression atmosphérique.

Chaque turbine a son condenseur avec ses pompes; la pompe à air est étagée ; le vide est fait dans deux cylindres successifs : cylindre à vapeur horizontal, cylindres à air verticaux. Le vide au condenseur est de 68 cm.

Les alternateurs à inducteur tournant 6 pôles, fournissent du courant triphasé, 9 000 volts, 25 périodes, montage en étoile, avec point neutre à la terre.

Les générateurs d'excitation, actionnés par moteurs asynchrones, sont en face de chaque turbine 50 kw, 125 volts. En cas de besoin, le courant continu peut être fourni par un groupe générateur à vapeur ou par une batterie d'accumulateurs.

Le long de la salle des groupes électrogènes, du côté opposé aux chau-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dières, se trouve le tableau portant tous les appareils contrôlant la marche des générateurs et actionnant les interrupteurs, à huile, des générateurs et des feeders.

Tous les interrupteurs, haute tension, sont dans un bâtiment spécial qui comprend, au rez-de-chaussée, les barres omnibus et les transformateurs de potentiel et d'intensité ; à l'étage supérieur se trouvent tous les interrupteurs.

L'énergie produite par cette station centrale est conduite à des sous-stations par câble isolé au papier, sous plomb et armé. Dans les sous-stations, le courant alternatif est transformé pour la traction en continu, par commutatrices ; pour l'éclairage en triphasé 60 périodes, par transformateurs de fréquence.

NIAGARA

Les chutes du Niagara. — Leur utilisation. — Stations génératrices.

De Chicago, il nous semblait percevoir un grondement sourd et persistant, semblable à celui de la mer, quand on l'entend, la nuit, battre les rochers de ses vagues furieuses ou expirer, avec un bruit de prière, sur les plages désertes. Au surplus, nous nous empressons d'avouer que ceci est une image et que nous n'entendions que le bourdonnement suggéré à notre imagination par notre fièvre de touristes, par toutes nos lectures sur la beauté et la grandeur du Niagara qui nous attirait magiquement.

Nous avions trop entendu parler des fameuses cataractes pour ne pas avoir le désir de les admirer et de contempler, nous-mêmes, ces splendeurs et ces immenses forces naturelles que l'électricité a su capter à son profit et atteler, selon la forte expression américaine : *Atteler le Niagara !*

Atteler le Niagara! exprime assez bien, en effet, la prise de possession par l'homme de ces masses fougueuses, de ces cavales indomptées de la Nature dont rien ne semblait pouvoir arrêter l'impétueux élan. Le Génie humain a su maîtriser leur ardeur farouche, passer le mors à leurs bouches mouillées d'écume et les guider selon son désir.

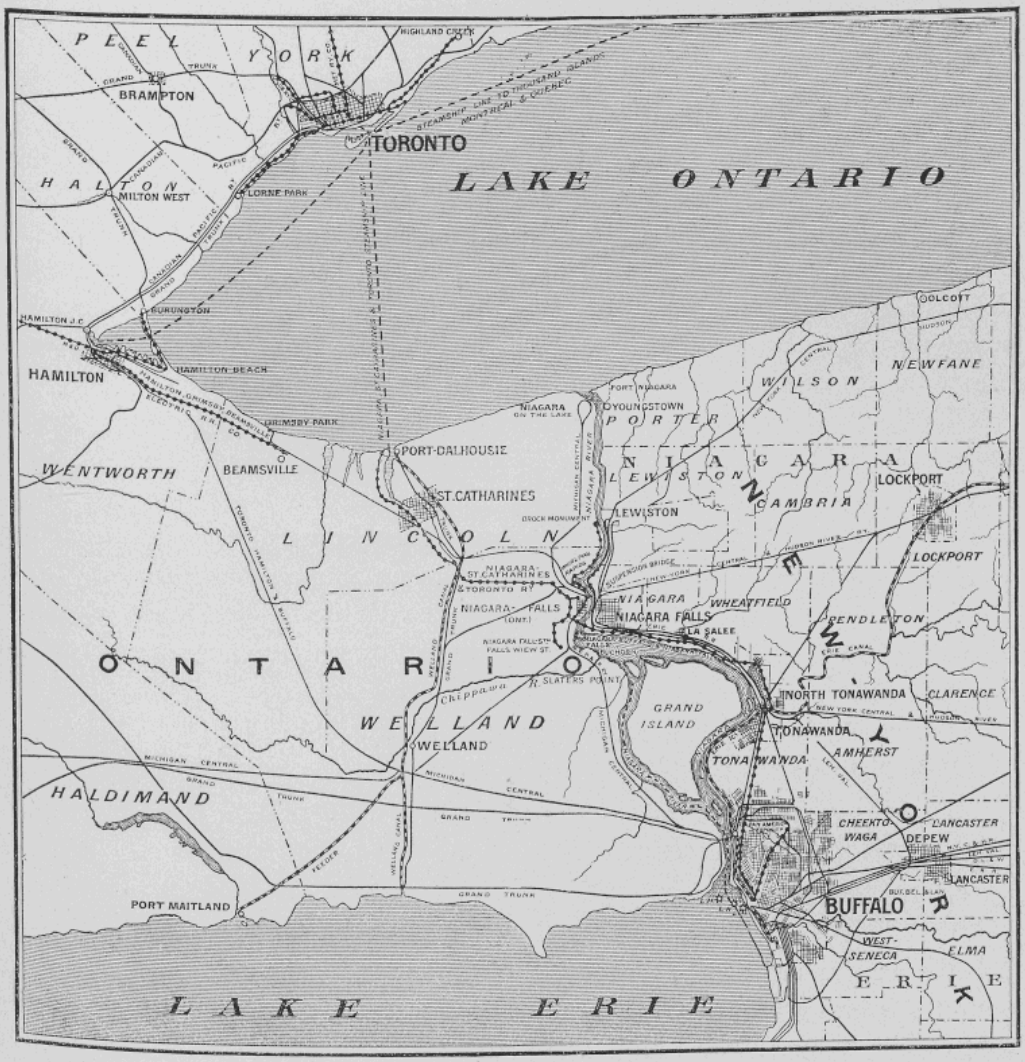
C'est ce que nous avons pu constater en admirant le spectacle majestueux de ces chutes. La différence de niveau — entre le lac Ontario et le lac Érié — étant de 110 mètres, nous avons pensé que les Américains avaient encore à utiliser, en dehors des chutes proprement dites, une dénivellation de 55 mètres, en deux étages, en amont et en aval du Niagara.

Stations génératrices aux chutes du Niagara.

Le torrent qui descend du lac Érié vers le lac Ontario forme, à Niagara, deux chutes de 55 m de hauteur, d'un débit de 10000 m^3 à la seconde, sur une largeur de près de 1 km. La chute américaine débite le 1/10 du volume

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

total, la chute canadienne débite les 9 autres dixièmes. On utilise en ce moment 150 000 chevaux pour la production d'énergie électrique ; d'ici deux ans, on



Carte du Niagara.

utilisera 530 000 chevaux représentant un volume d'eau de 1 000 m³ à la seconde enlevé à la chute, c'est-à-dire seulement 1/10 de son débit.

	Actuellement.	Prochainement.
Usines N° 1. — Niagara Falls Hydraulic Power C°	50 000	110 000
— N° 2. — — — — — —	60 000	
— N° 3. — Toronto and Niagara Power C°		110 000
— N° 4. — Canadian Power C°		150 000
— N° 5. — Ontario Power C°		150 000
— N°s 6-7-8. — Niagara Falls Hydraulic Power C°	35 000	35 000
	145 000	555 000

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Indépendamment de ces usines et assez loin en aval, se trouvent sur la rive canadienne les usines de l'*International Railway C°* et de *Sainte-Catherine* qui ont actuellement une puissance de 3600 et 8000 chx, mais elles seront bientôt portées à 6000 et 40 000 chx.

La *Niagara Falls Hydraulic Power C°* songe aussi à s'agrandir et elle fait actuellement les fouilles d'une installation supplémentaire de 10 000 chx.

Les usines 1, 2, 3 et 4 sont en amont des chutes, les usines 5, 6, 7 et 8 sont en aval.

Les usines 1, 2, 3 et 4 sont établies sur le même modèle, turbines au niveau d'aval des chutes, alternateurs au niveau d'amont; cette disposition nécessite des arbres de transmission verticaux de plus de 40 m de longueur; elle a été adoptée par suite du manque de place et de la nature éboulеuse des terrains à proximité des chutes.

L'usine 5, au contraire, s'est déblayé une place au pied des chutes et aura ses turbines et ses alternateurs sur le même niveau. Le canal d'amenée sera constitué par une conduite de 5,50 m de diamètre et de 2 km de longueur.

Les usines 6, 7 et 8 de moindre importance, construites pour utilisation directe, ont également turbines et dynamos sur un même arbre horizontal.

Les usines du côté américain paient à la ville de Niagara une redevance de 1 dollar par kilowatt et par an, soit pour cette dernière un revenu actuel de fr 500 000.

Les usines 1, 2 et 6 sont régies par la même Société.

Nous décrirons les divers types de stations situées sur la rive américaine et sur la rive canadienne du Niagara; nous commençons intentionnellement par l'usine n° 2 comme la plus ancienne.

Usine n° 2. Niagara Falls Hydraulic Power C°.

Il y a un même canal d'amenée de 375 m de longueur et 40 m de largeur pour les usines n° 1 et n° 2, qui se trouvent en face l'une de l'autre, de chaque côté et parallèlement au canal. Elles ont également le même canal de fuite, tunnel de 1800 m de longueur qui passe sous la ville de Niagara pour amener les eaux près du nouveau pont suspendu.

Des grilles très fortes sont placées entre le canal d'amenée et le canal de distribution en prévision des énormes glaçons que charrie le torrent en hiver. Ces précautions sont prises dans chacune des usines utilisant les chutes.

Turbines. — Comme nous l'avons dit plus haut, les turbines se trouvent à 48 m au-dessous de la station et, par conséquent des alternateurs. Elles sont placées dans une chambre de 160 m de longueur, 5 m de largeur et 60 m de profondeur. L'eau arrive aux turbines par une conduite verticale de 2 m de dia-

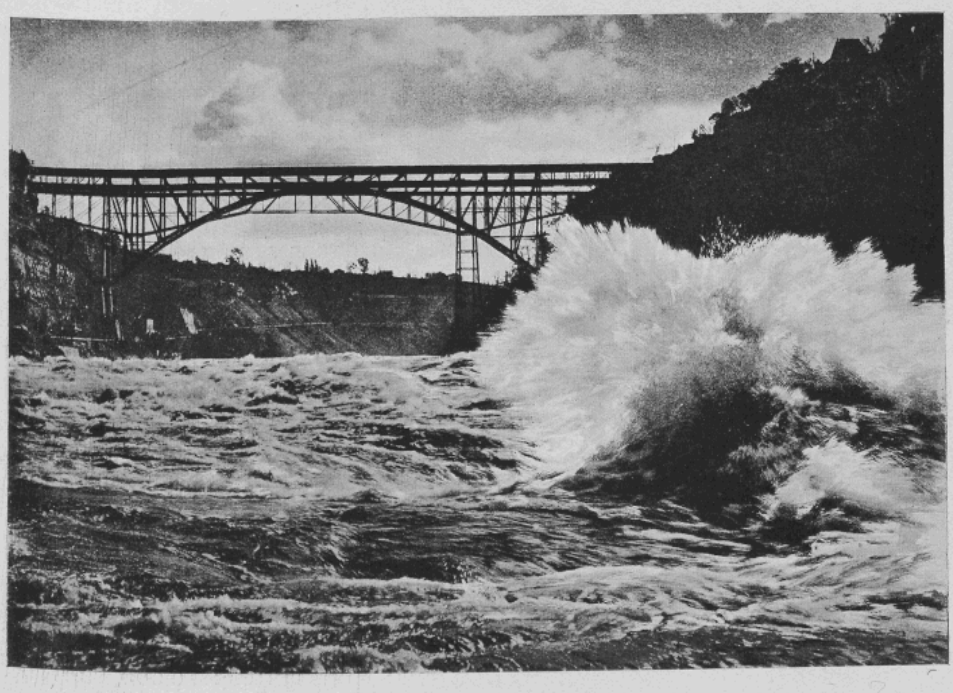
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mètre. Les turbines à réaction, au nombre de 11, sont du modèle Francis, de Escher Wyss, et fabriquées par la Morris C° de Philadelphie. Chaque unité tourne à la vitesse de 250 tours à la minute et fait 5500 chevaux.

Les régulateurs des turbines sont du type Escher Wyss actionnés par l'huile sous pression.

La partie tournante a un poids de 200 tonnes; elle est supportée par la pression hydrostatique de l'eau s'exerçant sur un disque dans l'enveloppe de la turbine.

Alternateurs. — Les alternateurs sont à inducteurs tournant intérieurement. Ils produisent du courant diphasé à 2200 volts, 25 périodes.



Chutes du Niagara. — Whirlpool Rapids.

L'excitation est fournie par quatre excitatrices de 250 kw actionnées par des turbines à axe horizontal. Ces groupes d'excitation sont placés au fond de la chambre qui contient deux grosses turbines.

A côté des excitatrices se trouve une pompe à grande vitesse, genre Ridler, actionnée par une roue Pelton; cette pompe alimente la ville en eau. La circulation d'eau pour le refroidissement des transformateurs se fait par pompes centrifuges.

Tableau de distribution. — Un seul tableau est placé parallèlement à l'axe des machines.

Sur les côtés du tableau se trouvent les interrupteurs à huile des alternateurs et des feeders. Ces interrupteurs sont actionnés électriquement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tous les appareils électriques de la station sont de la General Electric C°.

La station centrale N° 1 est identique à la station que nous venons de décrire. Il y a dix groupes électrogènes au lieu de 11. Les turbines sont du type Fourneyron de la maison Faesch, de Genève. Tous les appareils électriques sont de la C^ie Westinghouse. Comme particularité, les interrupteurs des générateurs et des feeders sont actionnés par l'air comprimé.

Transformateurs. — Un bâtiment entre les deux stations contient les transformateurs élevant la tension de 2 200 volts à 11 000 et 22 000 volts. Ils transforment en même temps le courant diphasé en courant triphasé par le procédé Scott.

Il y a 14 transformateurs dans l'huile, refroidis par courant d'eau, leur puissance est de 1 500 kw et 20 transformateurs de 1 000 kw refroidis par un courant d'air venant d'un ventilateur. Les premiers transformateurs ont été construits par la General Electric C°, les seconds par la Westinghouse C°.

Distribution. — La distribution se fait :

1° Pour la localité sous 2 200 volts par câble armé posé dans des conduites en terre.

2° Pour les usines environnantes par lignes aériennes sous 11 000 volts.

3° Pour l'utilisation à grande distance par deux lignes aériennes sous 22 000 volts. Ces deux lignes aériennes sont montées sur des poteaux différents. L'une de ces lignes est en cuivre — diamètre des conducteurs 15 mm — l'autre est en aluminium — diamètre 20 mm. Ces lignes alimentent des sous-stations dans la ville de Buffalo qui, à leur tour, fournissent du courant alternatif ou continu, pour moteurs, éclairage ou traction. La distance entre Niagara et Buffalo est de 36 km.

Usine n° 4. Canadian Niagara Power C°.

Cette station sur la rive canadienne ressemblera beaucoup à celle précédemment décrite ; mais les unités seront plus puissantes : 10 000 chevaux à 250 tours au lieu de 5 500. Elle est prévue pour 11 unités, soit 110 000 chevaux. Le matériel des turbines est de chez Escher Wyss, et le matériel électrique sera fourni par la *General Electric C°*. Les conduites qui prennent l'eau au canal d'amenée, pour la diriger verticalement sur les turbines, sont en acier, et ont 2,20 m de diamètre. Ces conduites viennent d'Allemagne.

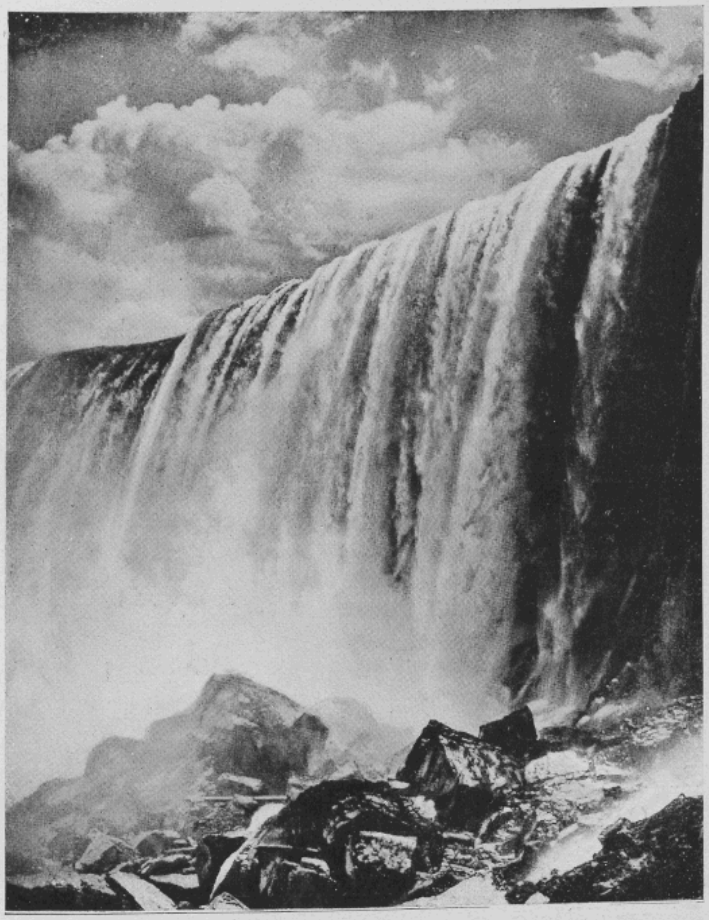
Les alternateurs fourniront directement du courant triphasé sous une tension de 12 000 volts. Cette tension sera élevée par des transformateurs jusqu'à 60 000 volts pour le transport de l'énergie à grande distance. La ligne sera aérienne avec 1 m d'écartement entre les conducteurs. Les fils seront posés sur des isolateurs semblables à ceux de la ligne de Californie, également à 60 000 volts. Ce sont des isolateurs en verre triple cloche, emmanchés sur un tube de porcelaine fixé à l'extrémité paraffinée du poteau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Usine n° 5. Ontario Power C°.

Cette usine génératrice se trouve placée dans une gorge au bord de l'eau située un peu en amont des « Horse-Shoe Falls ».

Les turbines et les générateurs sont au même niveau, contrairement à ce qui a été fait pour les autres stations.



Chutes du Niagara. — Horseshoe from table Rock.

Une baie a été aménagée et creusée en partie au-dessus des chutes pour servir de bassin de mise en charge. Cette baie a été divisée en deux parties par une digue de 90 m de longueur, servant à arrêter les glaçons. Les grilles de protection du bassin de mise en charge ont une longueur de 36 m. La baie extérieure n'a pas moins de 3,2 hectares de superficie et celle intérieure 0,8 hectare.

Du bassin de mise en charge doivent partir 2 conduites de 5,5 m de diamètre et d'une longueur de 1800 m longeant la rive pour aboutir en un point situé au-dessus de l'usine, la dénivellation étant seulement de 9,15 m. De l'extrémité de la conduite partent 8 tuyaux qui distribuent l'eau aux diverses turbines; les 6 premiers ont un diamètre de 2,75 m environ et doivent alimenter les grosses turbines, et les deux derniers un diamètre de 0,75 m pour les turbines excitatrices.

L'ensemble de ces tuyaux se trouve placé dans des tunnels souterrains de façon à ne pas gâter le paysage.

L'usine doit comprendre une puissance de 150000 chx, ce qui nécessite

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un débit d'eau d'alimentation de 336 m³ par seconde, sous 54 m de chute.

La construction de la première conduite a été commencée au printemps 1904 ; elle est formée de tôle d'acier de 12,75 mm renforcée tous les 1,20 m par des viroles de fonte. Le tuyau placé dans une tranchée a été ensuite entouré de béton servant à répartir uniformément la poussée du terrain, mais il a d'abord été nettoyé au jet de sable et recouvert de trois couches de peinture à l'extérieur et de deux à l'intérieur pour éviter l'oxydation. On a pris soin de souder sur chaque anneau des conducteurs de cuivre reliés à un câble commun et à la prise de terre du tramway électrique dont la ligne est parallèle à la conduite, pour éviter les détériorations par électrolyse.

La construction de la station génératrice a été activement poussée, la toiture ayant pu être posée en décembre avant la mauvaise saison.

Les turbines au nombre de 14 sont du type Francis ; elles ont été étudiées et construites par Woith, de Heindenheim, Wurtemberg, elles produiront une puissance de 11 340 chevaux sous une chute de 54 mètres avec un débit de 20 mètres cubes par seconde, à la vitesse angulaire de 187,5 t : m. Ces turbines sont du type centripète à axe horizontal, à double couronne : chaque couronne a 20 mètres de diamètre. Elles commandent directement des alternateurs triphasés de 7 500 kw, à 25 p : s et 12 000 volts.

Les excitatrices établies dans une galerie placée derrière la station auront une puissance de 500 chx et tourneront à 300 t : m. Le canal de décharge est très court et on a pris toutes les précautions pour éviter qu'il soit encombré par les glaces.

La station de transformation, séparée de la station génératrice, se trouve située sur la côte à 75 m au-dessus du niveau d'aval des eaux. Les câbles qui lui amènent le courant sont disposés dans les tunnels où passent les conduites d'amenée. Ces deux stations sont reliées par une ligne téléphonique.

On pense que la station pourra fonctionner au printemps prochain.

Usine n° 3. — *La Electrical Development C° of Ontario Ltd (Toronto Niagara Power C°).*

La « Electrical Development C° of Ontario Ltd (Toronto Power C°), » installée dans Victoria Park, est la troisième Compagnie.

Son usine sera située entre le bassin de mise en charge de l'Ontario Power C°, mais en amont de la Canadian Power C°.

Elle est disposée suivant le type général, avec puits pour les turbines et tunnels. Le tunnel que l'on est en train de creuser aura une longueur de 640 m et sa voûte viendra déboucher sous la nappe d'eau des « Horse-shoe Falls ».

On a adopté une section plus grande que pour les autres tunnels existants ; elle est de 7,60 m de large sur 8 m de haut. Le puits des turbines aura 6,70 m

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de large, 45,80 m de profondeur et 1 m de long, et aux deux extrémités sera percé un tunnel de décharge qui amènera l'eau dans le tunnel principal à 50 m du puits.

La station, placée au-dessus du puits, aura une longueur de 150 m et une largeur de 21 m ; elle sera construite en pierre avec une architecture appropriée pour ne pas gâter le paysage.

La station génératrice se composera de générateurs de 8000 kw, fournissant le courant triphasé à 25 p : s sous 12000 volts. La Compagnie pense installer 11 générateurs de ce type.

Conjointement avec cette Compagnie, la « Toronto and Niagara Power C° » a passé un contrat pour la transmission de puissance à Toronto ; la ligne sera portée par des tours métalliques.

La Compagnie a également acheté un terrain d'une superficie de 40 hectares pour l'installation de manufactures à 3 km en arrière des chutes sur la rivière de Welland.

Indépendamment de toutes ces stations en service ou en cours de construction, d'autres ont obtenu des autorisations, et il faut s'attendre à les voir d'ici peu commencer leurs travaux. C'est ainsi que la *Lower Niagara River Power* ° a projeté le creusement d'un tunnel partant d'un point situé près du pont du grand Trunk Railway, à la naissance des rapides, pour aboutir à l'endroit appelé « le Trou-du-Diable » sur la rive américaine, à 2700 mètres en aval. Le tunnel d'amenée de cette usine, étant situé au delà des chutes, n'aura aucune action sur elles, et l'on dit que la puissance hydraulique, transmise par ce tunnel, atteindra plus de 200000 chevaux, avec une chute de 25 mètres, correspondant à la pente des rapides.

Une autre entreprise, la *Niagara County Irrigation and Water Supply C°*, a obtenu l'autorisation de creuser un canal de 11450 m de longueur, depuis la ville de La Salle, sur le Niagara, jusqu'au niveau du lac Érié, au Trou-du-Diable. Ce canal sera creusé dans la roche, aura une largeur à la base de 3,66 m et une profondeur de 8,76 m au-dessous de la ligne d'eau ; la vitesse de l'écoulement de l'eau sera de 1,70 m par seconde et la puissance transportée par ce canal sera suffisante pour alimenter 32 générateurs de 10000 chevaux chacun. Ces générateurs seront commandés par les roues Pelton, montées sur un arbre horizontal et actionnant des génératrices à courant triphasé à 11000 volts et 25 périodes par seconde.

Utilisation des chutes. — Nous avons vu que les usines 1 et 2 fournissaient l'énergie à Buffalo et aux villes environnantes. Elles alimentent aussi tous les tramways de la région, mais l'utilisation de beaucoup la plus importante est l'électro-chimie. Une grande quantité d'usines se sont montées sur le territoire de Niagara et utilisent l'énergie électrique. Nous citerons des fabri-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ques de pâtes à papier, de soude caustique, de carbure de calcium, de carborundum et, enfin, d'aluminium par électrolyse de bains de fluorine et de bauxite.

Ces usines, au nombre d'une vingtaine, peuvent absorber les 2/3 de l'énergie produite par les stations 1 et 2, soit près de 70 000 chevaux.

Les usines nouvelles, principalement celles du côté canadien, transmettent leur énergie à Toronto et aux diverses usines situées le long du canal Welland. Les diverses manufactures qui pourront se fonder en cet endroit auront un faible débouché de leurs produits vers la mer par le canal et le fleuve, et l'on peut déjà établir que l'*Ontario Power C°* a passé, avec la *Niagara Lockport et Ontario Power C°*, un contrat de 60 000 chx valable pendant 45 ans et renouvelable pendant 60 ans. En outre, il y a entre Niagara Falls Rochester, un certain nombre de villages en voie d'accroissement qui utiliseront une partie de l'énergie électrique. On peut aussi penser que ces installations de force motrice tendront à faire appliquer sur les chemins de fer la traction électrique dans l'État de New-York et principalement sur la New-York Central.

Pour donner une idée de l'importance des capitaux engagés dans ces entreprises, il suffira de citer que la *Canadian Niagara Power C°* a obtenu l'autorisation de s'établir en 1892, et qu'elle a payé jusqu'en 1902, à la Commission de Victoria Park, la somme de 1 075 000 fr et qu'elle paye actuellement 75 000 fr par an, ainsi que l'*Electrical Power C° of Ontario Ltd ;* que l'*Ontario Power C°* paye une rente annuelle de 150 000 fr ; ce qui fait, pour les trois Compagnies, une rente annuelle de 300 000 francs.

Mais l'*Ontario Power C°*, indépendamment des 150 000 francs fixes, verse annuellement une somme de 5 fr par cheval vendu au delà de 20 000 chevaux considérés comme minimum, 3,75 fr par cheval pour la quantité comprise entre 30 000 et 40 000 chevaux et 2,50 fr au delà.

La *Canadian Power C°* verse par cheval vendu au-dessus de 10 000 chevaux, 5 fr. ; de 20 000 à 30 000, 3,75 fr. ; et au delà, 2,50 fr.

Ce qui fait en gros, en supposant une puissance de 300 000 chx, un droit de 162 500 francs.

La troisième Compagnie a accepté des conditions analogues. En plus de cela, la Commission retire 50 000 fr par an du *Niagara Falls Park et River Railway C°* qui a déjà payé jusqu'en 1902, 550 000 fr. D'autres Compagnies ont payé un droit global de 500 000 fr.

On voit qu'étant donnés ces droits énormes, il est peu probable que le prix de l'énergie s'abaisse considérablement quoique la production soit relativement peu coûteuse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PHILADELPHIE

La ville. — Les machines électriques de l'Hôtel des Monnaies et de l'Imprimerie nationale.

Au gré de notre fantaisie nomade, nous visitâmes Philadelphie, la cité du « chez soi » (City of Home), comme on dit là-bas. Elle est caractéristique, en effet, parmi les villes d'Amérique, par le nombre de ses petits immeubles à peu près inconnus à New-York par exemple. La physionomie de la ville est tout autre, grâce à ses maisons qui conviendraient à un paysage italien, et qui, en cette saison de l'année, ressortent admirablement sous le soleil brillant d'octobre : briques rouges, perron de marbre blanc, contrevents blancs ou verts.

Philadelphie est après New-York la plus importante ville manufacturière.

Nous nous sommes consciencieusement promenés dans Broad Street, la rue la plus grande de la ville, qui la traverse du nord au sud et nous avons vu, au centre même de la ville les *Public Building* — City Hall — édifices de granit et de marbre, de pur style Renaissance : c'est le plus grand bâtiment des États-Unis ; il a une superficie de 1 hectare 80. La tour, encore inachevée, aura une hauteur de 155 mètres et sera surmontée d'une statue de William Penn, fondateur de la ville. Nous nous informons de ce que peut coûter un monument pareil : environ 20 millions de dollars !

Toutes les rues sont sillonnées par des cars électriques, et à Philadelphie, comme dans toutes les villes américaines, nous avons pu constater le rôle prépondérant de l'électricité.

Il nous suffira de décrire les merveilleuses installations de « l'Hôtel des Monnaies » et de « l'Imprimerie nationale » pour bien montrer, dans les applications les plus diverses, les services que peut rendre l'électricité.

Installation de l'Hôtel des Monnaies de Philadelphie.

L'*Hôtel des Monnaies de Philadelphie* est l'un des plus vastes et des plus récents qui ait été construits, mais il est surtout remarquable par son installation électrique qui représente une puissance de 900 chx.

L'installation génératrice comprend 8 chaudières Babcock et Wilcox de 150 chx à grilles mécaniques, timbrées à 10,5 kg par cm^2.

Chaque groupe de 2 chaudières est réuni à un économiseur Green muni d'un by-pass permettant à volonté d'envoyer directement les gaz dans la cheminée. On a adopté le tirage artificiel afin de réduire la hauteur des cheminées ; l'aspiration est produite par des ventilateurs Sturtevant commandés directement par deux machines, dont une de secours.

L'eau d'alimentation est refoulée dans les chaudières par deux pompes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

duplex Barr, après avoir traversé un réchauffeur d'eau d'alimentation recevant les vapeurs d'échappement.

L'ensemble de la distribution de la vapeur comprend trois groupes de tuyauteries pour la haute, pour la moyenne et la basse pression. Le premier système supportant une pression de 8,75 kg sert à l'alimentation des gros générateurs ; le deuxième alimente les petites machines et les pompes au moyen de vapeur détendue à une pression de 5 kg; la tuyauterie à basse pression sert pour le chauffage. Le bâtiment est chauffé par le système Warren-Webster de chauffage direct avec aspiration. L'air chaud est filtré à travers des tissus serrés. L'ensemble des appareils de chauffage est dû à la Société Failh et Cº de Philadelphie qui a aussi installé les canalisations d'eau chaude et d'eau froide.

Il y a 4 groupes générateurs d'une puissance totale de 900 chx comprenant des machines de la Compagnie Edward Allis de Milwaukee, de 100, 200 et deux de 300 chx installées sur des fondations en béton et ayant une garantie de consommation de 10,5 kg. La machine de 100 chx supporte la charge nocturne et une des machines de 300 chx sert de réserve.

Ces machines sont accouplées directement à des générateurs Crocker-Wheeler de 200 kw, 150 et 75 kw, tournant respectivement à une vitesse de 100, 135 et 150 t: m. et fournissant le courant à une tension de 250 volts.

Pour le service des bâtiments, 18 moteurs d'une puissance totale de 300 chx ayant des puissances individuelles variant entre 2 et 25 chx, servent pour la commande des élévateurs, ventilateurs, pompes, etc.

Les diverses opérations de la frappe nécessitent une puissance de 1 000 chx, répartie entre 120 moteurs de 1/6 à 50 chx.

Ces moteurs sont fournis en grande partie par le *Crocker-Wheeler Cº*, mais aussi par la Keystone et Westinghouse Cº.

Le métal servant à la fabrication des monnaies est d'abord soumis à un raffinage électrolytique. Deux groupes moteurs générateurs, directement accouplés, fournissent un courant de 500 ampères sous 5 volts.

Le métal pur est ensuite fondu et mélangé avec les alliages convenables. Puis on le comprime sous forme de lingots. Quatre machines à ébouter, commandées par des moteurs de 3 chx, coupent les bouts rugueux du lingot, puis six laminoirs pourvus de moteurs de 50 chx et des laminoirs finisseurs munis de moteurs de 25 chx transforment les lingots en barres plates.

Pendant ce travail les barres sont recuites de temps en temps dans des fours à barres (il y en a 9) qui sont commandés par des moteurs de 1/2 ch.

Les barres passent ensuite dans les presses à découper commandées par des moteurs de 3 chx. Les rondelles produites traversent alors des machines à calibrer et à peser automatiques, commandées par des moteurs 1/5 ch., et qui refusent les pièces trop grandes ou trop petites. Les rondelles traversent alors

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plusieurs machines à emboutir commandées par des moteurs verticaux de 3 chx et dont elles sortent avec le bord relevé.

Elles traversent ensuite un four tournant commandé par un moteur de 1/4 ch où elles sont recuites et on les fait passer ensuite dans un bain d'acide sulfurique dilué pour enlever la couche d'oxyde formée ; elles sont alors propres et brillantes et peuvent être frappées.

Les presses à frapper, dont les dimensions varient suivant la grandeur des pièces, sont au nombre de 12, commandées par des moteurs de 3 chx, 7 1/2 chx et 12 chx. La vitesse moyenne de frappe est de 85 pièces par minute et la pression totale nécessaire pour les grosses pièces est de 26 t par cm^2. Il y a 8 élévateurs, dont 1 pour voyageurs, construits par la Stocker et Parrish C°; ils sont commandés par des moteurs compounds de 30 à 50 chx. Ils sont contrôlés automatiquement de la cabine et sont pourvus d'un régulateur centrifuge, limiteur de vitesse.

Le tableau de distribution en marbre de Tenessee de 5 cm est divisé en 18 panneaux, 4 pour les générateurs, 2 pour l'éclairage, les autres servant au contrôle des divers moteurs.

Le tableau porte 2 groupes de barres pour l'éclairage et la puissance qui peuvent être alimentés séparément ou en commun.

Des commutateurs permettent de connecter les générateurs à l'un quelconque des groupes de barres. Chaque circuit est pourvu de disjoncteurs automatiques à couteau ; les circuits d'éclairage n'ont pas d'interrupteurs et utilisent, dans ce but, les disjoncteurs.

Un compteur Thomson enregistre la consommation et des ampèremètres Weston indiquent le débit.

Les connexions entre le générateur et le tableau sont établies par des câbles sous plomb de Rœbling, isolés au caoutchouc, ayant des sections de 227, 456 et 607,5 mm^2 correspondant respectivement aux puissances de 150, 200 et 300 kw. Les circuits des divers moteurs aboutissent séparément au tableau, sauf pour les 121 moteurs servant spécialement à la frappe qui sont réunis en 21 circuits correspondant à des salles différentes; ces circuits aboutissent à une large boîte de jonction placée dans la salle. On a admis une chute de tension sur le circuit des moteurs de 6,5 volts.

Les conducteurs pour l'éclairage sont placés dans des tuyaux de fonte et aboutissent à des boîtes de distribution.

Les bâtiments sont pourvus d'une installation téléphonique locale dont le bureau central se trouve dans la salle des gardes et qui comprend 51 appareils de transmission; l'énergie nécessaire est fournie par une double batterie d'accumulateurs.

Les bâtiments sont complètement incombustibles, mais, néanmoins, pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la protection du matériel on a installé un système d'avertissement en cas d'incendie ; ce système se compose d'un enregistreur-inscripteur identique à un appareil de télégraphie, de deux gongs électriques et de 30 boîtes d'alarme disposées en divers points du bâtiment ; l'un de ces gongs est placé dans les salles des machines et l'autre dans le bureau du contremaître principal ; l'enregistreur est placé dans la salle des gardiens. Les boîtes d'appel sont semblables à celles de la *Western Union on American Districts Telegraphs C°* ; lorsque l'on tourne la poignée dans des boîtes d'alarme, l'enregistreur imprime cinq fois le numéro de la station et les gongs sonnent le nombre de coups correspondants. Cet ensemble est aussi commandé par une batterie d'accumulateurs.

Un système de contrôleur de ronde est installé dans la salle des gardiens et comporte 30 postes dans les bâtiments ; en tournant la poignée de la boîte d'un poste, une petite magnéto envoie le courant à la station centrale et à l'électro de l'horloge.

Ce système est appelé *Echo Watchman's Tinte Director*.

Il y a dans tout le bâtiment un ensemble de 51 cadrans commandés par une horloge principale de la Standard Electric Tinte C°.

La batterie d'accumulateurs fournissant le courant pour le téléphone et les appareils d'alarme est formée de 60 éléments n° 5-C, de la Storage Battery C°. Ils sont groupés par 30, et un commutateur intercale automatiquement l'autre groupe d'accumulateurs lorsque la pression est épuisée.

Imprimerie nationale de Philadelphie.

L'Imprimerie nationale de Philadelphie est l'une des plus considérables qui soit en Amérique, mais elle est surtout remarquable par son installation de force motrice qui comporte exclusivement des moteurs électriques.

Pour donner une idée de l'importance de cette imprimerie, nous dirons que la consommation annuelle de papier pour l'impression des livres seulement est de 100 000 rames de papier et 110 000 rouleaux ; que l'on emploie : 3 000 000 feuilles de bristol ; 17 000 rames de papier d'emballage ; 350 000 rames de papier écolier ; 1 700 rames de papier machine ; 4 700 rames de papier Japon et papier toile et 10 000 rames de papier glacé ; que 30 à 35 tonnes de papier passent sous les presses ; que plus de 700 000 volumes sont conservés en magasin ; que l'Imprimerie édite plusieurs périodiques parmi lesquels, le *Patent Office Gazette ;* qu'elle a publié le *Congressionnal Record*. Nous dirons aussi qu'il n'y a pas moins de 2 000 000 de clichés en magasin.

Les divers ateliers sont desservis par cinq monte-charges dont l'un d'eux transporte 2 700 kg de papier du sous-sol au premier étage avec une vitesse de 30 m. à la minute ; un autre a une capacité de 4 500 kg., à une vitesse de 45 m. ; les trois autres transportent 2 225 kg. à 105 m. par minute.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La salle des chaudières comprend huit chaudières marines de 300 hp. du type Scotch, fournies par la « Morris et Cº de Philadelphie », timbrées à 10,5 kg.

L'énergie est fournie par quatre groupes générateurs Crocker-Wheeler, directement commandés par des machines à vapeur compound Allis-Chalmers, pourvues de condenseurs atmosphériques Knowles, et de régulateurs centrifuges Reynols Corliss.

La station génératrice comprend un générateur de 300 kw tournant à 300 t : m. et un de 125 kw, et fournissant le courant à 125 volts ; on leur a adjoint ultérieurement deux générateurs de 600 kw, tournant à 100 t : m., le voltage primitif ayant été maintenu.

Ces générateurs sont surcompoundés de 5 % ; ce compoundage pouvant être réduit à 3 %, au moyen d'un shunt en maillechort ; il a pour but de régler la tension et de régulariser la marche en parallèle.

Ces générateurs ont une garantie de rendement de 94 % et peuvent supporter une surcharge de 25 % pendant quatre heures avec un rendement de 95 1/2 % et une surcharge momentanée de 50 %.

La nouvelle installation électrique de l'imprimerie ne comprend pas moins de 600 moteurs de 1/16 à 100 chx fournis en grande partie par la Crocker-Wheeler Cº, chaque machine ou chaque presse ayant sa commande propre et indépendante.

On peut citer principalement cinq presses Potter à double révolution, d'une forme très compacte, commandées par des moteurs de 5 hp, placés juste en dessous du socle, de telle sorte que la commande par chaîne Reynols se trouve en dessous de la plate-forme et des marches.

Des presses à double révolution Hoe sont aussi commandées par des moteurs de même puissance. Une presse plus importante, la presse Meilhe, à double révolution, commandée par un moteur de 7 1/2 chx, est associée à un distributeur automatique de papier de l'*Electrical Fuller Cº* de New-York, commandé par un moteur de 1 ch.

Indépendamment de ces machines, qui forment la partie la plus importante de l'imprimerie, on peut aussi remarquer les machines à relier de Braun et Cº, commandées par courroie, par des moteurs de 1/2 ch. montés sur des consoles, fixées à la colonne de support.

Un des services les plus intéressants est celui où l'on fabrique les clichés sur cuivre, servant à la reproduction des illustrations.

On sait que le procédé de fabrication comporte l'emploi de courant électrique servant à déposer sur une empreinte de cire, une mince couche de cuivre que l'on vient ensuite renforcer avec du plomb ou du métal blanc.

Les moules de cire sont placés dans des bacs en porcelaine émaillée, contenant une solution de sulfate de cuivre et soumis à l'action d'un courant à basse

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tension, fourni par deux groupes générateurs commandés par des moteurs de 35 chx. Des agitateurs mécaniques, commandés par moteurs électriques, facilitent le dépôt et accélèrent la production en renouvelant le liquide en contact avec les surfaces.

Ces clichés sont ensuite retouchés et finis au moyen de machines spéciales.

La grosse presse Hoe a été installée pour imprimer et plier le *Record* qui a une production de 80 000 exemplaires de 8 pages par heure ou 40 000 de 16 pages ; elle est construite sur le principe de la plaque stéréotype courbe qui imprime sur des bandes fournies par deux rouleaux à chaque bout de la machine.

Les deux bandes imprimées sont ensuite réunies pour passer dans une machine à plier et à couper, placée au milieu de la longueur de la machine.

La longueur totale de la machine est de 7,30 m, sa hauteur, de 2,65 m, sa largeur, de 1,84 m.

Elle est commandée par un moteur de 30 chx tournant à 825 t : m placé en dessous du système plieur et distributeur sur le socle de la machine ; un autre moteur de 7 1/2 chx, tournant à 875 t : m, peut être utilisé pour faire fonctionner la presse à faible vitesse (environ 6 % de la vitesse normale) pour le guidage du papier, ce petit moteur commandant l'arbre portant l'engrenage réducteur au moyen d'un embrayage à griffes ; lorsque l'on fait tourner le grand moteur, ces griffes s'ouvriront par la force centrifuge et le petit moteur cessera de commander la machine.

Une série de commutateurs de commande sont placés en divers points de la machine.

PITTSBURG

La ville. — Les usines Westinghouse en Amérique et en Europe. Chemins de fer.

Notre promenade à bâtons rompus à travers l'Amérique nous ramène à Pittsburg dont l'aspect extraordinaire nous avait profondément impressionnés, alors qu'à peine débarqués à New-York nous nous dirigions dans notre train Pullmann vers Saint-Louis. Nous tenions à revoir le royaume du milliardaire Carnegie ; notre curiosité n'a pas été déçue.

Pittsburg, c'est la ville d'Enfer. Elle ne s'est révélée que depuis quelques années, grâce à MM. Carnegie et Frick qui y fondèrent des aciéries formidables et peuplèrent de buildings à vingt-cinq étages, de forges et d'usines, cette ville qui couvre un immense terrain, recélant des trésors de minerai et de pétrole.

Il y a un siècle, il n'y avait là que des forêts presque inextricables ; des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chemins ont été tracés, des maisons furent édifiées ; une foule de travailleurs peuple aujourd'hui les anciennes solitudes. Des forêts de cheminées de tôle ont pris la place des arbres séculaires et les bruits mystérieux de la forêt sont remplacés par les voix formidables des forges et le vacarme continu des convertisseurs Bessemer. Le jour, une poussière voile la ville du travail d'une buée perpétuelle... La nuit, le spectacle change et c'est une vision gigantesque ! Tous les sommets s'embrasent ; de toutes les cheminées, de toutes les usines, des flammes s'envolent, rouges dans la nuit, et l'on croirait assister à l'incendie merveilleux d'une ville considérable ! C'est une sombre, hallucinante et magnifique fête du Feu ! On ne voit de tels spectacles qu'à Pittsburg !

Partout des fumées opaques que des millions d'étincelles piquent et éclairent, partout des trains comblés de rails, des cuves énormes, de plaques de roues dentées, de cylindres, de chaudières immenses. Et l'étonnement du visiteur de ce monde chaotique, où tout est cependant si merveilleusement ordonné, vient de ce que dans cette immensité de halls — dont les dimensions rappellent notre Galerie des Machines — si peu d'ouvriers soient employés à ce prodigieux effort d'activité.

C'est que les Américains sacrifient moins à la théorie qu'à l'expérience, que leurs machines sont agencées de façon à exécuter le travail d'une foule d'ouvriers et que quelques mécaniciens habiles suffisent à les mettre en marche et à régler leurs mouvements. C'est ce qui permet de combattre la cherté de la main-d'œuvre qui, à Pittsburg, comme dans toute l'Amérique d'ailleurs, nous l'avons constaté par la suite à New-York, est très coûteuse. Les ouvriers touchent des salaires dont s'effaroucheraient les patrons français et ces salaires augmentent toujours. Par contre, la substitution de la machine à la main-d'œuvre est également toujours croissante, et nous avons pu voir qu'un seul ouvrier dirige une machine qui fournit à elle seule le travail de 3 000 ouvriers ; de même que trois hommes suffisaient à fournir le charbon nécessaire à son fonctionnement...

Il n'est pas rare de voir des ouvriers gagner 4, 5, 6 dollars par jour. On se rend compte de la somme de travail qui peut être fournie dans les conditions que nous venons de dire et on apprendra sans étonnement que la seule ville de Pittsburg produit le tiers de l'acier américain. Il est question d'établir dans cette ville une école industrielle française où viendraient se perfectionner les lauréats de nos grandes écoles : il est évident qu'ils y recevraient des leçons expérimentales qu'aucune autre ville ne pourrait leur donner, aussi frappantes, aussi complètes.

C'est à Pittsburg que nous pouvions nous rendre compte du fonctionnement des Compagnies Westinghouse, bien connues en France et dont les usines construisent toutes les pièces diverses des machines électriques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La Compagnie Westinghouse a trois usines; elles sont situées dans les environs de Pittsburg; deux à East Pittsburg, une à Wilmerding.

A East Pittsburg se trouvent les ateliers de construction d'appareils électriques et les ateliers de construction d'appareils à vapeur. — A Wilmerding se trouvent les ateliers de construction des freins à air comprimé pour les trains et tramways.

Nous avons visité les usines de East Pittsburg.

Les ateliers construisant les appareils électriques sont formés par quatre halls immenses, accolés, et s'étendant sur 400 mètres de longueur et 100 mètres de largeur.

Deux de ces halls, occupant toute la hauteur des bâtiments, sont utilisés pour le montage des machines de grandes dimensions; les autres ateliers, à deux étages, servent pour la construction des autres appareils. Tous les ateliers sont desservis par trains et ponts roulants, jusqu'à 50 tonnes.

La marche générale du travail est ainsi réglée :

Par une extrémité de l'atelier arrivent les pièces de fonderie qui sont travaillées pour le dégrossissage, finissage, pose des pièces polaires, des tôles, etc. Par l'autre extrémité de l'atelier se font les enroulements, les collecteurs, les montages accessoires et les essais d'isolement. La marche, les unes vers les autres, de ces différentes pièces, les amène au montage, qui se fait ainsi au milieu de l'atelier, d'où la machine part à l'emmagasinement après essais de rendement, de température et d'isolement.

Nous avons remarqué en construction un grand nombre de commutatrices de toutes puissances, de 150 à 1 500 kw (250 tours, 2 500 ampères, 600 volts), elles sont compoundées et munies d'amortisseurs Leblanc.

Il en est de même des moteurs de tramways pour traction monophasée. Ces moteurs sont à collecteur type série, les inducteurs sont lamellés avec pièces polaires, très plates, munies de fentes, de façon à diminuer la réaction transversale de l'induit.

Également en construction un grand nombre d'alternateurs destinés aux turbo-générateurs. L'inducteur est spécialement établi pour la grande vitesse angulaire que donnent les turbines type Parsons. Il consiste en un cylindre d'acier fait de façon à laisser la place de deux ou quatre bobines, qui formeront les deux ou quatre pôles. Ces bobines sont profondément enfoncées dans des rainures, où elles sont maintenues par des cônes en bronze; ces rainures sont ensuite fermées par des plaques de cuivre qui rendent parfaitement continue la surface de l'inducteur. Ce dernier est tourné une dernière fois lorsque le montage est terminé. Quelques passages sont ménagés pour que l'air puisse refroidir le bobinage pendant la rotation. Pour une génératrice de 5 000 kw l'inducteur a quatre pôles; il a 2,10 m de diamètre, et pèse environ 40 tonnes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Par suite de la grande vitesse de rotation, 700 à 5 000 tours, les inducteurs des turbo-générateurs doivent être bien équilibrés. La vérification a lieu lorsque le bobinage a été terminé, en les faisant tourner à leur vitesse de régime sur un bâti spécial. On arrive à faire coïncider l'axe géométrique avec l'axe de gravité en déplaçant de petits écrous sur les bases du cylindre.

Nous avons vu enfin en construction des transformateurs pour 50 000 volts, et les grands alternateurs qui doivent compléter la Station Centrale du Sub-Way de New-York.

Les ateliers de la Westinghouse Electric C° sont outillés pour faire l'alésage des induits de ces génératrices dans d'excellentes conditions. Nous rappellerons que ces induits ont près de 10 m de diamètre.

Nous avons trouvé les ateliers Westinghouse parfaitement conduits ; tous les travaux s'y font avec ordre et méthode. Les machines-outils sont nouvelles et très perfectionnées. Elles sont naturellement actionnées par moteurs électriques, le plus souvent chaque machine a son moteur. Presque tout le travail de rabotage, mortaisage et alésage se fait à la fraise.

Les moteurs d'ateliers sont alimentés par du courant diphasé ; on utilise le courant continu pour les ponts roulants et les essais. La station centrale génératrice comprend : 6 alternateurs diphasés de 400 kw sous 220 volts, 25 périodes et un moteur à gaz naturel de 750 chevaux, actionnant une génératrice de 500 kw 500 volts, 150 t : m.

Dans un autre local sont deux turbo-générateurs de 750 kw tournant à 1 500 tours.

Les chaudières à vapeur sont du type Babcock et Wilcox et sont munies d'appareils automatiques pour l'alimentation, en combustible, de la grille.

A l'extrémité des ateliers, dont nous venons de parler, se trouvent la fonderie de cuivre et la fonderie des pièces de fonte de petites dimensions.

La fonderie des grandes pièces se trouve à plusieurs kilomètres de l'usine. Les ateliers Westinghouse occupent 5 000 ouvriers. Nous avons été étonnés du grand nombre de femmes occupées dans les ateliers. Ce sont elles qui fabriquent les isolants, exécutent les enroulements des induits des petits moteurs, et en général font les travaux demandant plus de doigté que de force. Ces travaux se font aux étages supérieurs des halls.

En principe les ouvriers sont payés aux pièces, mais on paye à l'heure ceux qui ont à exécuter un travail minutieux tel que les enroulements et les isolements.

Depuis la fondation de la première usine Westinghouse, il y a 40 ans, diverses Sociétés prospères se sont réunies à la Société fondatrice pour former une association puissante.

Nous citerons en tête la *Westinghouse Electric M/g. C°*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette Compagnie fut fondée il y a 18 ans, pour la fabrication des appareils électriques, lorsque l'énergie de l'électricité commençait à être employée industriellement. Organisée en 1886, avec 200 ouvriers, le commerce de la Westinghouse prit une telle extension qu'elle dut élever le nombre de ses employés à 9000 dans sa principale usine, située à East Pittsburg, et 3000 autres personnes furent occupées dans les différentes succursales de Newark, Cleveland, New-York, Pittsburg et Brigeport.

L'usine, dans laquelle la Compagnie commença ses opérations, était située à Pittsburg, mais l'accroissement continu des demandes de machines électriques fut tel que Mr. Westinghouse reconnut bientôt la nécessité de faire construire une usine plus grande et plus moderne. En conséquence, il fit l'acquisition d'un terrain de 16 hectares, situé près de la ligne principale du Pennsylvania Railroad, à East Pittsburg, et, en 1895, la Compagnie fit construire les premiers magasins nécessaires à l'extension de l'usine. Cette première construction couvrit une surface de 46450 m², et put contenir environ 3000 personnes.

L'extension des affaires nécessita, d'année en année, à partir de 1899, l'agrandissement des ateliers; après l'achèvement des nouveaux magasins, la surface des premières usines d'East Pittsburg a été quadruplée, l'espace couvert par l'installation dépassant 185000 mq.

Du fait que les employés de la Compagnie demeurent à des points intermédiaires entre les ateliers et la ville de Pittsburg, la « Railroad C° » a établi pour leur commodité, 6 trains spéciaux matin et soir. Les ateliers sont aussi reliés avec la ville par deux lignes de trolley.

Un viaduc privé relie la station de chemin de fer avec les bureaux et les ateliers.

Le bâtiment contenant les bureaux, qui est à six étages, en briques et *fire-proof*, a été construit en 1899. A cette époque, on pensait qu'il serait assez grand comme dimensions pour répondre aux besoins des années suivantes, mais il ne tarda pas à devenir insuffisant.

Le corps seul des ingénieurs comprend 350 experts mécaniciens et électriciens, dirigés par des ingénieurs connus du monde entier pour leur compétence en électricité.

Les bureaux et ateliers sont reliés entre eux au moyen d'un système de téléphonie locale, avec 400 appareils et d'un système de tubes pneumatiques pour la prompte distribution du courrier.

Passant des bureaux aux magasins par une entrée privée, on peut voir d'un balcon une des ailes du bâtiment, remplie de grandes machines à divers degrés de construction.

Cette aile a un peu plus de 21 m de large et 360 m de longueur et est traversée de part en part par des grues mobiles d'une force de 30 à 50 tonnes chacune.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une autre aile, à droite, semblable en dimensions et arrangement, peut également être vue du même balcon.

Enfin, une troisième aile, de beaucoup plus grande, occupe la partie centrale. Cette aile a plus de 21 m de large et 535 m de long.

Les principales installations auxquelles a pris part la Westinghouse sont les suivantes :

The Interborough Rapid Transit Company, New-York.
South Side Elevated Railroad Company, Chicago.
Niagara Falls Power Company, Niagara Falls.
Louisiana Purchase Exposition, Saint-Louis.

Elle a organisé un système d'apprentissage qui fonctionne très bien. Il y a deux sortes de cours : un pour les apprentis ordinaires, c'est-à-dire non techniques, et un autre pour les apprentis-ingénieurs, ouvert seulement aux élèves des écoles et collèges techniques. Un ordre systématique a été adopté pour le passage des apprentis d'une section à une autre, si bien que lorsqu'ils ont terminé les cours, ils ont passé par toutes les diverses sections.

On les emploie alors soit dans les bureaux ou dans les ateliers de la Compagnie. Ceux présentant des aptitudes pour le commerce sont destinés à la vente ; les autres deviennent mécaniciens.

La Compagnie, soucieuse du bien-être de ses employés, a fait organiser récemment un « Casino », où tous les employés peuvent prendre leurs repas à des prix très raisonnables, et se livrer à divers amusements ; ils ont à leur disposition une salle de billard, une bibliothèque, etc. Elle vient également d'organiser un Club pour tous les employés des bureaux.

La *Westinghouse Electric Manufacturing C°* a englobé un certain nombre de Compagnies qui sont devenues ses filiales !

La *Bryant Electric C°*, fondée en 1899 à Bridgeport, Conn., la *Perkins Electric Switch Mfg. C°*, organisée à Hartford, Conn., en 1894, fut transportée au printemps 1902 à Bridgeport.

Chacune de ces Compagnies est au capital de 625 000 000 fr., elles construisent, ce qui peut être appelé l'appareillage courant, les supports de lampes, les rosaces, interrupteurs, commutateurs et autres appareils pour l'éclairage.

La *Sawyer Man Electric C°* fut organisée en 1886 par Mr. William Edward Sawyer et Mr. Albon Man.

Les usines occupent un important ensemble de bâtiments dans le cœur de New-York et des succursales sont établies dans vingt villes importantes des États-Unis. Cette Compagnie construit tous les types courants de lampes à incandescence, mais elle peut aussi fournir des lampes de formes quelconques utilisables pour la décoration.

La *Westinghouse Air Brake C°*, fondée en 1869, a ses ateliers et ses bureaux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

installés à Wilmerding, Pa. Elle construisait déjà en 1870, à Pittsburg, des freins, alors qu'aucune usine n'en avait encore fabriqué pour les chemins de fer.

L'*American Brake C°* débuta dans la construction de freins à air dans une petite usine, au coin de la « Twenty-fifth Street » et Liberty Avenue à Pittsburg ; elle employait alors environ 100 hommes et construisait deux pompes et dix réservoirs et cylindres de voiture par jour. Quelques mois après une plus grande usine fut installée à Allegheny, puis en 1889, on dut établir l'usine actuelle à Wilmerding, Pa, à environ 21 km de l'Union Station à Pittsburg.

Les usines de Wilmerding emploient actuellement 3 000 ouvriers environ et fabriquent à peu près 1 000 équipements de freins par jour.

Cette Compagnie a, jusqu'à présent, équipé plus de 85 000 locomotives et plus de 1 856 000 wagons de voyageurs et de marchandises. Ces nombres dépassent de beaucoup les productions des autres Compagnies du monde entier.

Elle fut fondée en 1880.

La *Westinghouse Traction Brake C°*, fondée en 1901 à Wilmerding Pa, construit des équipements de freins exportés dans tous les pays du monde, mais elle construit aussi divers dispositifs accessoires pour la traction, parmi lesquels les tampons à frottement ; cet appareil, très répandu aux États-Unis, est appliqué sur 4000 locomotives et 85 000 wagons de voyageurs.

L'*American Brake C°*, qui a ses bureaux et usines au coin de Broadway et Tyler Street à Saint-Louis, s'est associée à cette Compagnie ; elle construit aussi les tendeurs automatiques.

Un grand nombre de voitures de la « Saint-Louis Transit C° » ont été équipées avec des freins de cette Compagnie.

Les freins magnétiques ont été appliqués sur un grand nombre de tramways, ainsi que le coupleur automatique à air et à vapeur.

La *Westinghouse Machine C°*, organisée en 1881, avec le concours de 10 ouvriers, a maintenant des usines importantes à East Pittsburg et à Trafford City, Pa., et Cragin, Ill., qui occupent 3 500 ouvriers.

Ces usines couvrent une superficie de plus de 20 hectares et une surface d'ateliers de 8,25 hectares.

Elles construisent sept types de machines différentes :

1° Les turbines Westinghouse-Parsons, jusqu'à des puissances de 10000 kw et 15000 chx ;

2° Les machines à vapeur Westinghouse-Corliss, jusqu'à 10000 chx ;

3° Les machines à gaz Westinghouse, à double effet, pour des puissances jusqu'à 6000 chx ;

4° Les machines Westinghouse « Marine » compound allant jusqu'à 2500 chx ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

5° Les machines automatiques Westinghouse, à grande vitesse, simple ou compound, se fabriquant jusqu'à 500 chx ;

6° Les machines à gaz verticales, à simple effet pour des puissances de 300 chx ;

7° Les grilles mécaniques Roney.

Un grand nombre de stations génératrices de grosses puissances ont été pourvues de machines de cette Compagnie ; il suffit de dire, qu'à New-York seulement, il y a plus de 159000 chx fournis par les moteurs Westinghouse, et 148 000 chx correspondant à des grilles mécaniques.

Les contrats qui sont actuellement passés pour les installations de puissance s'élèvent à 156000 chx.

Cette énorme production a nécessité l'agrandissement des importantes fonderies de la Compagnie à Trafford située à quelques kilomètres des usines principales, ces usines étant desservies par un chemin de fer spécial du « Interworks ».

La *Westinghouse Church Kerr and C°*, fondée en 1884 à New-York, se charge de l'étude et de la construction de toutes les installations importantes.

L'installation des génératrices de l'Exposition, représentant une puissance de 14000 chx, a été établie par cette Compagnie.

La *Cooper Hewitt Electric C°*, fondée en 1901, pour l'exploitation des brevets de Mr. Peter Cooper Hewitt et la fabrication des lampes à vapeur de mercure, a ses usines à New-York.

La *Nernst Lamp C°* fut organisée en 1901, avec Mr. Westinghouse comme président, et Mr. A. J. Wurts, comme directeur. Elle se trouve maintenant installée à Pittsburg, sur la place Garison, au coin de La Fayette Street.

Les bâtiments occupent une superficie de 1800 mq avec une surface de magasins de 9090 mq ; 13 succursales ont été établies dans les principales villes des États-Unis.

Ces lampes se font pour des intensités de 20 à 500 bougies et sont adoptées pour tous les usages courants.

C'est vers 1897, que le Dr. Nernst, physicien allemand, qui en était l'inventeur, s'entendit avec Mr. Géo Westinghouse pour l'exploitation et la fabrication de ce brevet, mais son emploi ne fut publiquement consacré que vers 1901 à l'Exposition de la Pan American. Le Palais de l'Électricité était illuminé par six guirlandes de lampes à incandescence de ce type.

Cette Compagnie avait installé à Saint-Louis, indépendamment de son exposition au Palais des Machines et de l'Électricité, l'éclairage du Palais de l'État Illinois, le Palais du Brésil, de nombreuses concessions dans le Pike, et l'éclairage du Palais des Beaux-Arts, qui ne comprenait pas moins de 4780 lampes de ce type.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

The *Union Switch and Signal C°*, fondée en 1882, est établie à Swissvale, Pa., sur la principale ligne du chemin de fer de Pensylvanie, à 130 km à l'Est de l'Union Dépôt de Pittsburg.

Ses usines sont réunies par des raccordements à la ligne principale.

Les bâtiments couvrent une superficie de plus de 15 800 mq, la surface totale des ateliers représente environ 27 500 mq.

La puissance nécessaire pour la commande des machines-outils est fournie par 4 moteurs à gaz Westinghouse, dont un d'une puissance de 300 chx vient d'être installé récemment ; c'est un moteur du type horizontal à double effet.

La Compagnie n'utilise pas moins de 1 000 ouvriers et employés pour ses usines et bureaux principaux ; mais elle a aussi 300 à 600 hommes répartis sur les diverses voies de chemin de fer.

Cette Compagnie a établi le système de signaux par section qui est répandu dans les divers pays étrangers. Le système de contrôle partiellement automatique, qui est employé actuellement sur le « New-York Central » et les chemins de fer de New-Haven, Hartford et de Long Island, a été aussi établi par elle.

Le système de contrôle électropneumatique employé sur les chemins de fer de Pensylvanie, le Central de New-Jersey, la New-York Central, la Chicago and Northwestern, etc., est dû également à cette Compagnie.

Elle construit aussi des dispositifs moins coûteux, tels que les sémaphores commandés par des moteurs électriques et dont la fermeture se fait par leur propre poids. Les premières installations de ce type ont été exécutées en 1897. La Compagnie, en avril 1904, avait déjà installé plus de 5629 sémaphores à moteurs électriques.

Le système d'enclanchements multiples et les machines Saxby et Farmer ont été, pour la première fois, installés sur le chemin de fer de Pensylvanie pour l'Exposition Centenale de 1876, mais les premiers systèmes d'enclanchements furent installés aux États-Unis par la *Toucey and Buchanan C°*, à laquelle l'*Union Switch and Signal C°* succéda.

Aujourd'hui, la Compagnie construit les machines Saxby et Farmer perfectionnées, la Johnson, la Nationale, la Stevens et beaucoup d'autres ; elle a aussi établi des systèmes d'enclanchements hydrauliques et électropneumatiques qui furent bientôt remplacés par la machine électropneumatique Westinghouse, dont le premier type fut construit en 1891. La Compagnie a, actuellement, installé plus de 4726 leviers de ce type.

La *Pittsburg Meter C°*, dont les bureaux et usines furent installés en 1890 à East-Pittsburg sous le nom de « Fuel Gaz and Mfg. C° », a pris son titre actuel en 1895.

Cette Compagnie construit des compteurs à gaz sec Acme, des régulateurs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de pression de gaz, des compteurs à eau Keystone, des vérificateurs de compteurs d'eau et des purgeurs automatiques.

Au début, la Compagnie s'était spécialisée dans la fabrication des régulateurs et compteurs pour gaz naturel, mais elle construit maintenant couramment des compteurs pour les usines à gaz artificiel et elle a entrepris, en 1897, la construction des compteurs à eau du type Keystone, dont plusieurs milliers sont exportés par an en différents points des États-Unis et du Canada.

Elle emploie comme force motrice le gaz naturel ; elle le tire d'un puits qui se trouve au milieu de l'usine et qui est la propriété même de la Compagnie.

La *Canadian Westinghouse C°, Ltd*, fondée en 1903, est une filiale de la « Westinghouse Electric and Mfg. C° » de Pittsburg, Pa.

Elle englobe la production des freins, des machines à vapeur ou à gaz et des dynamos pour le Canada.

Les bureaux principaux et usines sont à Hamilton et les succursales se trouvent à Montréal, Toronto, Halifax, Vancouver et Winnipeg.

Indépendamment de ces usines situées sur le sol américain, d'autres usines ont été organisées en Europe. Nous en donnons l'énumération :

La *British Westinghouse Electric and Mfg. C°, Ltd*, emploie 5000 à 6000 personnes ; ses usines occupent un bloc de près de 600 hectares dans le parc de Trafford, à Manchester, et 220 hectares de cette bande de terrain sont occupés par les bâtiments.

Le bâtiment seul des bureaux a une superficie de 7 hectares. Le plus grand bâtiment du groupe a 300 m sur 129 m.

Quoique cette Compagnie soit depuis peu de temps organisée, puisqu'elle a été fondée en 1899, elle a déjà passé des contrats considérables, et l'importance de ses travaux peut être représentée par le tableau suivant :

Chemin de fer souterrain de Londres	150 000 chx
Chemin de fer Métropolitain de Londres	50 000
Éclairage et Tramways de Glasgow	50 000
Métropolitain de l'Electric Supply C° de Londres	25 000
Transmission de puissance de la Clyde Valley Electric Power C°. Ltd	16 000
Chemin de fer de North Eastern	15 000
Éclairage et Tramways de Manchester	14 000
Éclairage de la ville de Londres	10 000

Les bureaux principaux se trouvent dans les bâtiments Westinghouse à Norfolk St., Strand, à Londres, W. C.

Des succursales sont établies à Manchester, Glasgow, Newcastle-on-Tyne, Cardiff, Birmingham et Sheffield en Angleterre, et dans des villes importantes en Australie, Nouvelle-Zélande, dans les Indes et l'Afrique du Sud.

La *Société Anonyme Westinghouse* fut organisée en 1901 ; elle reprit les affaires de la Société Westinghouse, déjà existante en France.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Elle a deux usines, l'une au Havre et l'autre à Freinville, près Paris (Seine-et-Oise), pour la fabrication des freins, signaux, pompes et autres appareils similaires.

Les pays dans lesquels la Compagnie a une licence d'exploitation sont : la France, la Belgique, l'Espagne, le Portugal, etc.....

Les principaux bureaux se trouvent, 2, rue Sadi-Carnot, au Havre, et 45, rue de l'Arcade, à Paris.

La *Westinghouse Brake C°, Ltd*, fondée en 1874, a établi d'importantes usines à Londres et à Hanovre pour la construction des freins, et a une licence d'exploitation pour l'Europe (excepté les régions concédées à la Compagnie française, et la Russie), l'Asie, l'Afrique et l'Australie.

La *Westinghouse C°, Ltd, de St-Pétersbourg*, organisée en 1898 à Saint-Pétersbourg, construit des signaux, des freins et les diverses machines Westinghouse pour l'empire russe.

Elle a passé des contrats pour les divers chemins de fer de ce pays.

La *Westinghouse Electricitäts-Actiengesellschaft*, installée à Berlin en 1901, construit les équipements de freins pour l'Allemagne, l'Autriche, etc.....

Son principal bureau se trouve 19, Jägerstrasse, à Berlin W.

Parmi les installations qu'elle a réalisées, on peut citer : la station génératrice de Waderlosh (Westphalie), l'usine municipale d'éclairage et de force de Posen, les Compagnies du chemin de fer austro-hongrois, la Compagnie municipale du gaz, de l'eau et de l'électricité de Cologne, et les chemins de fer de l'État prussien.

Nous ne quitterons pas Pittsburg sans consacrer une page à la Compagnie du chemin de fer de cette importante ville industrielle.

Nous avons eu en mains le rapport annuel de la Compagnie du chemin de fer de Pittsburg pour l'année finissant le 31 mars 1904, et nous en détachons divers renseignements.

Pendant l'année, les lignes suivantes ont été ajoutées à l'ensemble du réseau :

Le Pitcairn Wilmerding Street Railway, allant de Wilmerding, à travers Pitcairn, à la ville de Trafford, et le *Wilkinsburg and Verona Street Railway*, allant de Wilkinsburg à Verona et Oakmont.

Le *East Mc Keesport Street Railway* fut continué jusqu'à Wilmerding par un long viaduc sur les lignes de la Compagnie du chemin de fer de Pensylvanie et aboutit à Airbrake-Avenue, dans Wilmerding, assurant ainsi une communication à travers le Turtle Creek Valley à Keesport. Le tramway du Pittsburg et Charleroi Street termine la ligne entre Castle Shannon et la ville de Monongahela.

Les voitures non directes partent du point terminus de l'élévateur de Pittsburg et vont de Pittsburg à Allenport, à une distance de 53 km. Le résultat

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'exploitation de ces lignes a, pendant les mois de l'hiver et de l'automne, indiqué que ce tramway sera d'un bon rapport surtout lorsque les voitures iront directement de Pittsburg, à travers le tunnel du mont Washington et par un embranchement privé, à Castle Shannon.

Sur cette ligne circulent dix wagons fermés à double truck, du type adopté pour le trafic interurbain à grande vitesse.

Les voies du tramway de Mc Keesport et Reynoldton Street ont été étendues jusqu'aux limites méridionales de Glassport.

Celles du tramway de Howard et East Street ont été prolongées jusqu'aux limites de la ville Allegheny et les voies du tramway de Bellevue et Perrysville Street à West View. Les résultats de l'exploitation de ces tramways, pendant l'été et l'automne, ont été satisfaisants.

La Compagnie, durant l'année, a construit 56 km de voies nouvelles, et la longueur totale des lignes maintenant exploitées est de 722 km. La Compagnie a acheté 200 voitures dans le courant de l'année, dont 100 sont des voitures automotrices fermées à vestibule et dont 100 des remorques fermées.

La Compagnie a entretenu ses voies en bon état. Plusieurs lignes de lourd trafic ont subi une réfection complète, et les joints furent soudés, les rails redressés, et de nouvelles éclisses remises aux joints. On pense que ces réparations, quoique très coûteuses, feront durer la voie trois ou quatre ans de plus.

La Compagnie a soigneusement entretenu ses stations génératrices et ses usines. L'avancement de la station génératrice de Brunot's Island a été lent, mais depuis le 1er avril 1904, les constructeurs ont activement poussé les travaux, de telle sorte que, d'après les indications actuelles, l'usine pourra fournir le courant au commencement de juillet 1905.

Pendant l'année, la Pennsylvania Cº a terminé le surélèvement de ses voies sur la ligne principale d'Alleghany, ce qui supprime tous les passages surélevés dans la ville.

Les recettes brutes de l'exploitation, jusqu'au 1er janvier 1904, montrent un accroissement de bon augure. La lourdeur générale des affaires et la fermeture d'un grand nombre de manufactures dans le district ont occasionné une légère diminution de recettes entre le 1er janvier et le 31 mars 1904. L'accroissement brut des recettes pour l'année est de 0,481 %, ce qui donne une légère augmentation sur les bénéfices nets.

Le temps extrêmement rude de l'hiver a aussi affecté les recettes et a augmenté les dépenses d'exploitation. La principale cause de l'augmentation des dépenses se remarque dans le chapitre du transport et est due à l'augmentation des salaires de toutes les classes d'ouvriers, spécialement aux wattmen et aux conducteurs, et au prix du charbon fourni qui s'élève de 40 % au-dessus du chiffre de l'année précédente ; mais grâce à la concurrence, la Compagnie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pourra obtenir le charbon à un prix plus réduit pour l'année prochaine. Le chapitre relatif à l'entretien de la voie et des ouvrages d'art présente aussi un accroissement dû aux réparations coûteuses faites sur tout le réseau.

Ci-dessous se trouve l'état des opérations de la Compagnie pour l'année finissant au 31 mars 1904.

COMPTE DU REVENU DES PROFITS ET PERTES POUR L'ANNÉE ÉCHUE AU 31 MARS 1904

Recettes brutes pour l'exploitation		$ 8 661 394,48
Dépenses d'exploitation.		
Dépenses générales	$ 607 735,04	
Salaires des employés	2 922 431,99	
Entretien de la voie et des ouvrages d'art	405 393,48	
Entretien de l'équipement	650 166,18	
Dépenses pour les Parcs et le jardin Duquesne	60 612,35	
Dépenses totales d'exploitation	4 646 339,04	
Péage des ponts	118 217,73	
Taxes	422 325,11	
Total des dépenses et des taxes		$ 5 186 881,88
Bénéfices nets		$ 3 474 512,60
Autres sources de revenus.		
Annonces dans les voitures	$ 37 711,91	
Dividendes des actions à recevoir	62,50	
Rente des bâtiments et immeubles	65 310,60	
Intérêts et décomptes	17 437,76	
Divers	17 133,67	
Total des revenus supplémentaires		$ 137 656,44
Revenu total		$ 3 612 169,04

DÉDUCTIONS SUR LE REVENU.

Rentes des Compagnies lésées.		
United Traction Cº. de Pittsburg	$ 370 785,04	
Consolidated Traction Cº	757 098,00	
Intérêts et engagements courants	150 996,76	
Dépenses d'habitations	14 924,89	
Déductions totales du revenu		$ 1 293 804,69
Revenu net		$ 2 318 364,35

CHARGES FIXES.

Intérêt sur la dette consolidée		$ 1 464 440,84	
Dividendes offerts sur les actions.			
United Traction Cº. de Pittsburg	$ 150 000,00		
Consolidated Traction Cº	720 000,00	870 000,00	2 334 440,84
Déficit pour l'année			$ 15 076,49
Excédent du 31 mars, 1903			206 961,79
			$ 190 885,30
Comptes défavorables réunis		$ 224,50	
Primes sur les actions vendues		$ 8 353,63	8 578,13
			$ 199 463,43

NOTE. — Durant l'année fiscale finissant au 31 mars 1904, les recettes brutes pour l'exploitation augmentèrent de $ 384 829,48 au delà de celles de la même période de l'année précédente.

Voyageurs transportés		174 400 055
Nombre de voitures-miles		34 748 836
Recette par voiture-mile	$	0,2 532
Dépense par voiture-mile (y compris les taxes)		0,1 492
Bénéfice net par voiture-mile		0,1 040

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SCHENECTADY

La General Electric C°. — Un rapport sur son exploitation.

Ayant visité les formidables usines Westinghouse, nous désirions voir la *General Electric Company* renommée comme la plus puissante Compagnie d'Amérique dans notre industrie, et la seule qui peut entrer, avantageusement, en comparaison avec les fameuses usines de Pittsburg.

Les immenses ateliers de la *General Electric Company* sont installés à Schenectady, à trois heures de New-York; nous allâmes donc à Schenectady peu curieux de la ville, mais invinciblement attirés par notre curiosité professionnelle.

Cette Compagnie nous a paru encore plus puissante que la Westinghouse C°.

L'aspect des ateliers est tout différent de l'aspect de ceux visités à East-Pittsburg. Ces derniers sont en longueur, tout d'une pièce, alors que les ateliers de la *General Electric C°* sont constitués par autant de bâtiments séparés qu'il y a de travaux distincts à exécuter. Ces bâtiments, parallèles entre eux, sont placés de chaque côté et perpendiculairement à une allée centrale.

Il y a quatorze ateliers dont les dimensions sont de 100 à 150 m de longueur sur 50 m de largeur.

A part un de ces ateliers dont les deux étages sont occupés par des femmes, pour la fabrication des isolants, et le rez-de-chaussée pour la construction des appareils de tableaux de distribution, aucun autre bâtiment n'a d'étages.

C'est la seule usine de ce type que nous ayons vue en Amérique. Pour la première fois, nous constatons que les ouvriers sont bien éclairés pour travailler, et que la lampe à incandescence éclairant chaque machine-outil est supprimée.

Les ateliers sont répartis comme suit :

Génératrices de grande puissance, autres machines et moteurs, transformateurs, moteurs et matériel de traction, commutatrices et divers appareils de contrôle, tableaux de distribution et isolants, fonderies, construction des turbines. Ce dernier atelier sera bientôt remplacé par un autre, immense, que l'on construit actuellement.

Les ateliers de la *General Electric C°* occupent à Schenectady 11 000 ouvriers et employés.

La Compagnie a, en outre, trois autres ateliers de moindre importance, dont une fonderie, un atelier pour les appareils de mesure et un atelier pour les lampes électriques.

Le personnel total est de 19 000 ouvriers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La *General Electric C°*, qui a été formée par la réunion des Compagnies Edison et Thomson-Houston, s'est fusionnée il y a peu de temps avec l'Allgemeine Gesellschaft de Berlin. Elle est en pourparlers actuellement avec Siemens et Halske et Schuckert. C'est le début d'un trust dans la construction de l'appareillage électrique, trust qui n'en deviendra véritablement un que lorsqu'il pourra englober aussi la Westinghouse C° qui dispute à la General Electric C° la suprématie sur le marché américain.

Nous compléterons nos impressions personnelles en donnant ici le résumé du rapport annuel de la *General Electric C°* pour l'année finissant au 31 janvier 1904. Il montre que les bénéfices de la Compagnie pour l'année passée, comprenant un produit de $ 138644,06 sur les garanties et de $ 750796,69 sur les droits, dividendes, profits divers (en déduisant les dépenses générales, et en ajoutant une somme de $ 553773,01 pour les brevets et $ 2027841,52 pour l'installation des usines et des machines)

S'élèveraient à	$ 7865376,89
Intérêts et obligations	76007,15
Reste net	$ 7789369,74
Si l'on retranche les sommes payées pour les brevets de la Stanley Electric Mfg. C°, et les brevets des turbines, acquis par la Compagnie soit	$ 1470098,98
Il reste	$ 6319270,76
L'excédent total à la fin de la dernière année d'exploitation était de	$ 4482701,99
Les profits s'élèvent donc à	$ 10801972,75
Dividendes versés durant l'année	3508284,00
Excédent au 31 janvier 1904, ou bénéfice net	$ 7293688,75

Le rapport établit que les troubles financiers et autres ont considérablement affecté les affaires de l'année passée, et que le pourcentage du bénéfice sur les affaires a été plus petit que pour l'année précédente ; que l'augmentation du prix de la main-d'œuvre et la diminution du travail effectif, les importantes dépenses pour le développement des turbines à vapeur, ainsi que la diminution du prix de vente ont aussi contribué à ce résultat.

Le total de la vente (somme facturée aux clients) durant l'année passée s'est élevé à $ 41699617.

Les commandes passées durant l'année comprennent : générateurs, commutatrices et turbines à vapeur, d'une puissance globale de 900000 chx. Plus de 7000 moteurs de traction, d'une puissance totale de 300000 chx ; des transformateurs d'une puissance totale de plus de 650000 chx ; plus de 75000 lampes à arc et 110000 compteurs.

L'équipement du *Manhattan Elevated Road* à New-York a été complété, et maintenant plus de 1 million de voyageurs sont transportés chaque jour. Il a fallu une année pour exécuter cette transformation, et malgré le manque de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pratique des conducteurs et l'énorme accroissement de trafic, il n'y a pas eu un seul accident grave pour les voyageurs pouvant être attribué à un appareil électrique.

La majeure partie des équipements de l'*Interborough Rapid Transit C°*, à New-York, a été fournie par la General Electric C° et un grand nombre de voitures ont été en service pendant plusieurs mois sur les lignes du Manhattan.

Équipements pour chemins de fer à vapeur. — Les affaires avec les Compagnies de chemins de fer se sont considérablement accrues pendant l'année. Le New-York Central Railroad a passé avec la Compagnie d'importantes commandes d'appareils électriques pour ses trains du sud de Croton (à une distance de 55 km de la Grand Central Station). Les administrateurs et les ingénieurs d'un grand nombre de Compagnies de chemins de fer suivent attentivement les progrès de la traction électrique, et se tiennent prêts à adopter ce mode de traction aussitôt que son fonctionnement économique sera prouvé par les installations en construction.

Les South Side et Lake Street Elevated Railways de Chicago et le Manhattan Elevated Railway de New-York, qui employaient à l'origine la traction à vapeur, ont adopté actuellement la traction électrique. Le South Side Elevated et le Manhattan sont équipés respectivement avec des systèmes de contrôle à unités multiples tels que le système *Sprague* et *Sprague General Electric*, et sont tous pourvus des appareillages de la General Electric Company.

Le tableau suivant indique la comparaison des résultats donnés par la traction à vapeur et la traction électrique :

Année.	Recettes brutes.	Dépenses d'exploitation.	Bénéfices nets.	Pourcentage des dépenses d'exploitation sur les recettes brutes.
		SOUTH SIDE ELEVATED, CHICAGO.		
A vapeur, 1895.....	$ 744 167	$ 573 704	$ 230 463	69,1 %
Électrique, 1899.....	1 170 381	516 206	654 175	44,1
		LAKE STREET ELEVATED, CHICAGO.		
A vapeur, 1895.....	517 305	290 000	227 298	56,1
Électrique, 1899.....	697 513	331 553	365 960	47,5
		MANHATTAN ELEVATED, NEW-YORK.		
A vapeur, 1901.....	9 416 888	5 253 230	4 163 658	55,8
Électrique, 1903.....	12 208 337	5 460 793	6 747 544	44,7

Les chiffres correspondant au Manhattan sont surtout intéressants, car le nombre des passagers transportés passant de 190 045 751 en 1901, à 246 587 022 en 1903, les dépenses résultantes de trafic n'ont augmenté que de $ 207 564.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les chiffres donnés ci-dessus pour 1903 correspondent à une année finissant au 30 juin 1903, mais les résultats obtenus depuis cette date sont encore en faveur de la traction électrique.

Contrôle à unités multiples. — Les équipements de contrôle Sprague General Electric sur le Manhattan Elevated ont continué à donner entière satisfaction aux employés et ingénieurs et ont prouvé, par un essai prolongé, leur résistance, leur durée et leur commodité. Ces résultats s'appliquent aussi aux équipements de l'Interborough, pendant le temps qu'ils ont été employés. L'année passée, la Compagnie a reçu du chemin de fer surélevé de Boston une commande d'équipements du système Sprague General Electric.

Des commandes analogues pour les voies souterraines du système Yerkes, à Londres, ont été passées par la British Thomson-Houston C°, et pour le Métropolitain de Paris par la Compagnie française Thomson-Houston.

Le Central Interborough Railway de Londres a été également équipé complètement avec le système de contrôle Sprague General Electric.

Moteurs de traction. — Depuis l'organisation de la Compagnie en 1892, il a été vendu 92 557 moteurs de traction ayant une puissance totale de 3 420 537 chx. Ces moteurs ont été expédiés dans toutes les parties du monde.

Installation de transmission de puissance. — L'une des plus importantes entreprises terminées pendant l'année est la station génératrice de Guanajuato (Mexique). La puissance est transmise à une pression continue de 60 000 volts ; la ligne de transmission a environ 162 km de long, et les conducteurs sont portés sur des tours de 13,50 m de diamètre, distantes de 135 m, tandis qu'avec le dispositif usuel avec poteaux, l'espacement n'est que de 30 à 48 mètres.

En comprenant les installations à vapeur et hydraulique, la Compagnie a installé et reçu les commandes jusqu'à ce jour de : 1 230 270 chx pour les alternateurs polyphasés. Sur ce nombre, 514 919 emploient l'eau comme force motrice. La Compagnie a maintenant cinq grandes usines en construction qui emploient une tension de 60 000 volts. La puissance moyenne des transformateurs, utilisés dans ces installations, s'est accrue de 100 kw à 1 000 kw et la puissance maxima d'environ 300 à 2 500 kw.

Les diverses installations qui transportent l'énergie à grande distance, et dont il a été fait mention dans les rapports précédents, ont continué à faire de bonnes affaires; beaucoup d'entre elles ont été agrandies. C'est ainsi que le gouvernement de Mysore a commandé pour l'usine de Cauvery-Kolar des générateurs représentant une puissance de 5 000 chx, ce qui double presque la puissance primitive de cette usine.

Les 5 000 chx pour la station n° 2 des chutes du Niagara ont été complétés, et il y a maintenant en fonctionnement à cette station 11 machines de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

General Electric C°, ce qui fait un total de 55 000 chx. La Compagnie a aussi expédié les premiers générateurs de 10 000 chx pour les usines canadiennes aux chutes du Niagara ; les autres machines de ce type vont être bientôt achevées. Ces générateurs sont les plus considérables que l'on ait construits.

Turbines à vapeur. — L'année dernière a été marquée par l'introduction sur le marché de la turbine à vapeur Curtis. Une série étendue de turbo-générateurs de puissances variant entre 1 1/4 à 7 500 chx a été établie.

La Compagnie a vendu environ 350000 chx, dont 35000 chx ont déjà été installés et fonctionnent parfaitement.

BILAN.

Le bilan s'établit ainsi :

ACTIF.

Comptant		$ 3 289 445,18
Actions et obligations	$ 14 665 346,27	
Biens immobiliers (autres que les usines)	424 082,74	
Notes et comptes à toucher	15 207 480,74	
Travaux en cours	2 046 488,43	
	32 343 398,18	

INVENTAIRE DES MARCHANDISES.

Aux usines	$ 10 488 464,63	
Aux bureaux généraux et locaux	1 247 754,37	
Consignations	69 899,38	
	11 806 118,38	
		44 149 516,56
Usines	6 500 000,00	
Brevets, droits et commission	2 000 000,00	
		8 500 000,00
		$ 55 938 961,74

PASSIF.

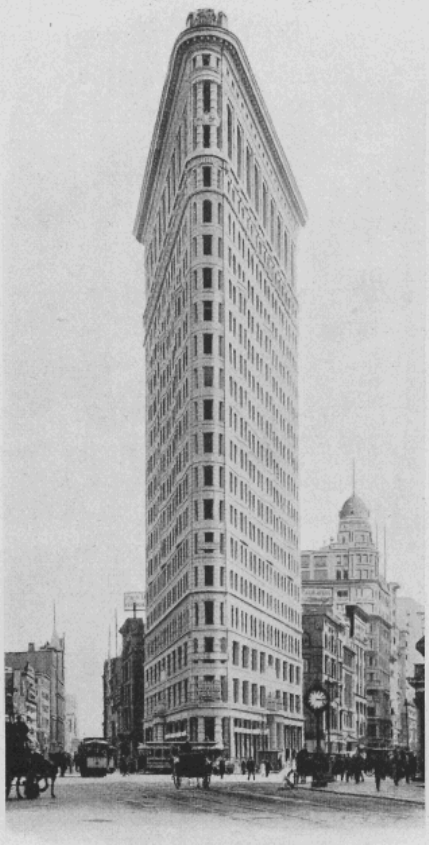
Coupons payables à 3 1/2 % en or	$ 2 049 400,00	
Coupons payables à 5 % en or	82 000,70	
Intérêt et amortissement	683,33	
Acomptes échus	1 810 664,54	
Dividendes non-réclamés	1 824,42	
		$ 3 944 572,99
Compte des « brevets de Turbines Curtis »		834 000,00
Capital		43 866 700,00
Excédent		7 293 688,75
		$ 55 938 961,74

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NEW-YORK

La ville. — Broadway Street. — Les Buildings. — Les ascenseurs. — L'Hôtel Astor. — La station du Bord-de-l'Eau de la Cie Edison. — Éclairage municipal de New-York. — Prix de revient de l'éclairage. — Les cars. — L'Elevated Railroad. Interborough Rapid Transit Subway Co. — Statistique du transport des voyageurs. Les Postes et Télégraphes. — Le Téléphone. — Long Distance Telephon. — La Vie sociale de New-York. — Le Péril américain. — Conclusion.

Toujours courant, furetant, regardant, questionnant, nous avons utilisé notre temps, selon la formule américaine. Nous avons marché, pendant les jours qui se succèdent trop rapidement à notre gré, de surprises en surprises, d'étonnements en admirations. Car il n'est pas d'autres mots pour exprimer nos sentiments et nos sensations de fils de la vieille Europe nonchalante, en présence de cette formidable activité, féconde en résultats extraordinaires, parfois extravagants : l'audace ne va pas sans défaillances, le génie sans lacune.



Le « Flat Iron building » à New-York.

Mais notons de petits détails recueillis en cours de route.

A l'exception de la Nouvelle-Orléans et des centres limitrophes du Canada, c'est à peine si l'on comprend le français aux États-Unis ; on peut même dire qu'on ne le comprend pas du tout. Ce ne fut pas là une difficulté pour nous, rompus par nos assauts oratoires du Jury à toutes les nuances de la langue américaine. Nous fûmes plutôt mis en défaut par la différence des heures sur le territoire des États-Unis. Il y a des quantités d'heures et leur dénomination ne manque pas d'allure. Il y a l'heure orientale, l'heure centrale, l'heure des montagnes, l'heure du pacifique, et toutes ces heures ne laissaient pas que d'embarrasser fort le voyageur obligé de régler sa montre à chaque ville qu'il traverse. C'est ainsi que lorsqu'il est 9 heures à San-Francisco, il est 10 heures à Denver, 11 heures à Chicago, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

midi à New-York ! L'heure locale avance ou retarde parfois de 30 minutes sur l'heure normale et quand on voyage en chemin de fer, on ne saurait prendre à ce sujet de trop grandes précautions, car on a tôt fait de manquer un train.

Nous ne manquons pas cependant celui qui devait nous ramener à New-York. Nous ne cacherons pas que c'était là le but et l'objet de notre promenade à travers les États-Unis dont nous avions visité les autres villes principales, surtout comme motifs de comparaison avec la capitale, ou comme Pittsburg ou

New-York. — South street et le pont de Brooklyn.

Schenectady, en raison de leur importance comme centres industriels. Notre curiosité, avide de saisir dans ses rouages essentiels l'âme américaine, était bien légitime.

Les statistiques sont toujours désobligeantes. Cependant les chiffres ont une telle éloquence et les statisticiens ont parfois tant d'ingéniosité dans leur manière de « statistiquer » que nous n'hésitons pas à reproduire quelques-unes de leurs brèves opérations : En ce qui concerne le développement de la ville de New-York, on sait qu'elle compte 3 300 000 habitants. Eh bien, la statistique a

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

calculé que mis en ligne, épaule contre épaule, les habitants de New-York atteindraient la ville de Saint-Louis, située environ à 1 000 milles de là. En marchant par couples, jour et nuit, ils mettraient trois semaines à défiler. D'autre part, les chemins de fer qui circulent dans les rues de New-York possèdent 5 000 voitures qui parcourent annuellement 80 millions de milles, a peu près la distance de la terre au soleil. Ces trains transportent par jour 1 300 000 voyageurs.

Ceci dit à titre d'information documentaire, considérons la ville dans son ensemble.

Si l'œil ne s'y peut arrêter à aucune manifestation très caractéristique de l'art architectural, du moins voit-on des maisons parfaitement construites et disposées avec un sens précis de l'utilité qu'auront pour leurs habitants les divers locaux. Il convient d'ajouter que les Américains savent très harmonieusement combiner les matières diverses — nous avions déjà fait cette remarque à Philadelphie — et qu'ils ont parfois dans leurs motifs décoratifs une hardiesse révélatrice d'une imagination neuve et une sobriété qui n'est pas sans élégance et sans grandeur. Ils ont en outre le sens du décor et leur architecture, leurs luxueux magasins de la cinquième avenue, par exemple, ressortent admirablement sous l'intense lumière de leurs puissants réflecteurs électriques et l'éblouissement des annonces lumineuses répandues à profusion dans les rues et avenues de la ville.

New-York a une beauté particulière et géante. Le célèbre pont de Brooklyn pourrait même être pris comme un exemple de hardiesse.

Si Paris a ses boulevards, si Londres s'enorgueillit de Piccadilly, New-York, reine de l'Atlantique, a Broadway Street. Imaginez des boulevards sur huit kilomètres de longueur, ruban immense qui se déroule à perte de vue, bordé de buldings, encombré, sur sa chaussée, inabordable aux piétons, de voitures, d'automobiles, de camions, d'omnibus, de trains, tout cela s'agitant dans un tapage, un fracas, un trépidement de fièvre. Ce qu'il est impossible d'imaginer quand on ne l'a pas vu, c'est l'activité dévorante, la course éperdue, affairée, de tout ce peuple qui se croise, s'entrecroise, se poursuit, se dépasse, tendant vers un but, toujours le même : le dollar ! Il y apparaît une intensité de vie et de mouvement, de lutte d'efforts, qu'on ne peut soupçonner ailleurs. Là, point de flaneurs, point de gens occupés à lire leur journal dans la rue et obstruant les trottoirs, point d'oisifs. L'espèce en est ignorée en Amérique, et qu'y deviendrait-elle dans cet engrenage humain qui met en mouvement toutes les forces sans en perdre une parcelle.

Broadway a, comme nos boulevards, des physionomies diverses ; la partie, située entre la Battery et Union Square, qui s'étend sur un espace comparable à celui qui sépare la Madeleine de la Bastille, est le centre de l'activité new-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

yorkaise. A toutes les heures du jour, c'est un flot houleux de population, un torrent de vie qui circule, impétueux. Le matin, à 8 heures, les files interminables d'hommes qui le traversent, déversées par Brooklyn-Bridge et par les

Angle de Broadway et de la 34e rue. — Chemin de fer aérien. — Modèle d'éclairage de la *General Electric C°* avec un ingénieux système de transparent lumineux indiquant le nom des rues sans le secours d'une autre source lumineuse que celle de la lampe principale.

ferry-boats, les cars, les trains, etc., offre le spectacle le plus impressionnant qui se puisse voir : C'est un fleuve humain, sans cesse alimenté, qui grossit de minute en minute menaçant de déborder, et qu'absorbent les maisons immenses

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aux vingt étages et qu'on appelle des buildings : On ne peut en effet appeler ces constructions des maisons, le mot ne se traduit pas, ce sont des bâtiments immenses où s'agite une ville entière, c'est un monde, et plus simplement un *building*.

Ces « buildings » renferment toute l'activité américaine : c'est là que s'engloutit la foule des employés, maîtres, contremaîtres, directeurs, gens d'affaires, spéculateurs, vendeurs, acheteurs, etc., et tout le jour on a l'impression d'une fourmilière en danger ; c'est l'allée et venue continuelle de gens affairés, pressés, qui semblent en proie à une obsession, à une idée fixe dont aucune pensée d'art, de philosophie, ou simplement de plaisir, ne pourrait les distraire. C'est dans un tel spectacle que s'affirme puissamment la différence de nos races. On le constate sans s'en étonner outre mesure.

Cette nation active est un composé d'hommes groupés dans les mêmes régions par le même désir d'indépendance, le même amour de liberté et le même besoin de s'enrichir. Ici plus de sentimentalité, plus de rêveries dont se berce la vieille Europe. On sent qu'on a affaire à des commerçants, à des industriels, à des spéculateurs, qui vont vite et auxquels ne pourraient convenir nos allures et nos mœurs familiales.

Au rez-de-chaussée des « buildings » sont ouvertes les portes des nombreux ascenseurs « elevators ». Ces ascenseurs reçoivent les gens par douzaines : les uns ne fonctionnent qu'au-dessous du 10e palier, d'autres ne s'arrêtent qu'au delà, évitant ainsi, pour le visiteur des étages supérieurs, des stations nombreuses et inutiles. Tout est réglé pour économiser le temps qui, comme chacun sait, est de l'argent.

Il est prudent, lorsqu'on n'est pas très au courant des elevators, de se renseigner auprès du chef de l'ascenseur qui vous indiquera, avec la plus parfaite courtoisie, la cage qui s'arrêtera exactement à l'office où vous appellent vos affaires.

La marche des ascenseurs est autrement rapide qu'en France : elle est de deux mètres à la seconde, alors que nos ascenseurs parisiens s'élèvent péniblement à raison de 30 centimètres à la seconde ! Et tandis que chez nous, des gens pondérés s'insurgent contre cette dernière vitesse d'élévation qu'ils jugent excessive, en Amérique, au contraire, on trouve que ce n'est pas assez de deux mètres à la seconde et que « ça ne va pas assez vite ». Nous devons avouer que les premiers jours de notre séjour, nous fûmes, sinon effrayés, du moins un peu ahuris d'une telle vitesse, mais nous nous y sommes faits rapidement, tandis qu'il nous est plus difficile maintenant d'admettre la noble et inconcevable lenteur de nos appareils ascensoriaux.

Beaucoup de buildings possèdent de 20 à 30 ascenseurs. La descente, comme la montée, s'opère de la façon la plus simple et la plus rapide. On

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

appuie sur un bouton à l'étage où l'on se trouve, ce bouton allume une lampe à feu rouge qui indique au chef de l'ascenseur qu'il y a quelqu'un à prendre à tel ou tel étage et aussitôt l'ascenseur s'arrête devant vous.

Dans les caves claires du building est installée toute la machinerie nécessaire à la production de l'électricité, qui se répand des caves mêmes jusqu'au 24e étage, et du froid des glacières ; ces machines règlent aussi la pression d'eau pour les calorifères, ils actionnent les ventilateurs et distribuent la force motrice utile aux elevators, etc. Des ouvriers spéciaux veillent au fonctionnement de toutes ces machines, de tous ces appareils.

En opposition avec les immenses capharnaüms que sont les buildings, nous avons visité un des plus beaux hôtels de New-York : l'hôtel Astor. M. Astor est, nul ne l'ignore, un des « 400 de New-York ». Son magnifique hôtel qui nous intéressait, non seulement au point de vue de la richesse, de son ordonnance et de son luxe, mais aussi, et surtout, au point de vue de l'installation électrique, est situé à l'ouest de Times-Square, entre la 44e et la 45e rue. Il se trouve, par conséquent, dans le centre agréable de New-York, entouré de tous les théâtres.

Cet hôtel a coûté environ 5 000 000 de dollars qui doivent être ajoutés à 1 million de dollars pour la valeur du terrain et environ 700 000 dollars pour l'aménagement intérieur. Cet hôtel a une superficie de 3 500 mètres carrés ; il possède 11 étages et contient environ 500 chambres à coucher ; sa cuisine est capable d'alimenter 3 500 personnes à la fois.

Au-dessus du 10e étage, on a installé de très beaux jardins et d'agréables terrasses.

Les étages sont desservis par 6 élévateurs électriques et la cuisine est reliée aux différents étages au moyen de monte-charges électriques automatiques.

Chaque chambre à coucher possède un téléphone pour les communications locales ou les communications à grande distance. A cet effet, l'appareil est muni du bouton-poussoir ordinaire qui provoque au Bureau central de l'hôtel l'allumage d'une petite lampe et le fonctionnement d'un vibrateur semblable à celui employé dans les installations téléphoniques les plus modernes.

Chaque chambre possède également un régulateur de température automatique qui peut être commandé par le voyageur et qui permet d'obtenir la température désirée.

La chaleur et l'éclairage sont produits par une installation située dans les sous-sols qui comprend : 4 chaudières Babcock et Wilcox alimentant 4 machines Corliss compound tandem reliées directement à 4 dynamos de 250 kw construites par la Western Electric C°; ces machines tournent à la très faible vitesse

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 120 tours par minute; les dynamos sont compound, mais néanmoins sont disposées pour pouvoir charger une batterie d'accumulateurs; les dynamos étant toutes deux au voltage de 120 volts, on a fait usage de 2 survolteurs reliés par un tableau : l'un d'eux a une puissance de 17,5 kw, l'autre de 30 kw, mais agissant comme booster différentiel.

Les pompes d'alimentation sont alimentées les unes à main et les autres au moyen de moteurs électriques commandés automatiquement.

Enfin, il est fait usage de puissants ventilateurs absorbant 250 chevaux pour fournir l'air dans tous les bâtiments, la cuisine, les salles à manger, etc.

Une disposition ingénieuse a été employée pour la montée des plats : ceux-ci sont placés dans des monte-charges électriques qui peuvent être arrêtés automatiquement à un étage déterminé; quand ils sont arrivés à la hauteur voulue, la porte est automatiquement décondamnée; un signal résonne jusqu'à ce qu'elle soit ouverte. Quant aux plats et assiettes qui doivent être descendus pour être lavés, ils sont portés par un convoyeur électrique qui les distribue dans les laveries.

Nous pensons que ces brèves explications permettront de se rendre compte de l'importance considérable que joue l'électricité dans ce palais que l'on peut qualifier « le plus beau du monde ».

Puisque nous avons tant fait que de détailler l'hôtel Astor que nous avons pris comme type et modèle des grands hôtels de la grande cité américaine, et que nous en sommes aux descriptions, nous ne nous arrêterons pas en si bon chemin : nous n'entreprendrons certes pas de mener le lecteur à notre suite dans tous les monuments de la ville; il y faudrait des volumes qui, d'ailleurs, ont été écrits. Mais, la jolie promenade que nous fîmes sur les rives de l'Hudson vaut d'être relatée, d'autant qu'elle fut le prétexte de notre visite à la station du Bord-de-l'Eau (River Side) de la Cie Edison.

La River Side est une magnifique installation sur les bords de l'Hudson. Déjà M. Lieb, général Manager de la New-York Edison Co, nous avait, avec la plus parfaite complaisance, donné les autorisations nécessaires pour visiter les stations et sous-stations de New-York. C'est encore M. Lieb qui nous permet de détailler la magnifique station du Bord-de-l'Eau.

Station du Bord-de-l'Eau de la Cie Edison à New-York.

La New-York Edison Co avait à fournir le courant au quartier animé des affaires et aussi à ceux, très étendus, des habitations privées, s'étendant au nord à plus de 16 km du cœur de la cité.

En disposant de nombreuses stations, on avait une solution peu économique du problème; on dut donc adopter une distribution par courant alternatif, mais le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

courant continu étant plus approprié aux usages habituels, on installa 16 stations de transformation et l'on utilisa les anciennes stations qui durent, en outre, fournir le courant supplémentaire en cas de surcharge sur leur réseau particulier. Dans une ville aussi étendue et présentant des quartiers aussi divers, les courbes de consommations des nombreux quartiers ne présentaient pas leur maximum a un même moment de la journée ; par exemple, pour la partie de la ville au-dessous de Eight Street (quartier des affaires), la courbe s'élève brusquement vers 5 heures, tandis que dans les quartiers des habitations, comme au-dessus de Fifty-ninth Street, la courbe offre une pointe entre 3 et 4 heures. On voit qu'il y avait avantage à unifier la production de façon à faire travailler les machines à leur puissance maxima.

Description de la Station centrale (*River Side*). — La station génératrice, placée au centre du réseau, couvre une superficie de 816 × 60 m.

Les fondations du bâtiment et des machines sont en béton et reposent directement sur le roc.

La salle des chaudières a 816 × 23 m ; elle est séparée de la salle des machines qui a la même longueur et une largeur de 35 m.

Sur le côté se trouvent les bureaux qui sont desservis par un ascenseur de la Marine Engine and Machine C°.

La charpente en fer a été fournie par Millikon Brothers et deux ponts roulants de 25 et 50 tonnes servent pour le montage des machines.

Manutention du Charbon. — Un quai de 4,60 m au-dessus de l'étiage reçoit le charbon ; le charbon est élevé dans la tour de recette du charbon par une noria pourvue d'augets de 1 1/2 tonne, qui le *décharge* dans une trémie, d'où le charbon descend dans le broyeur, puis passe dans le transporteur placé dans un couloir le long du quai ; il tombe ensuite dans des trémies à bascule où il est repris par des norias qui l'élèvent dans le grenier où un transporteur horizontal le distribue dans les diverses soutes. Ces soutes ont une capacité de 10 000 tonnes, ce qui représente la consommation de deux semaines. Le charbon tombe par une glissière dans les trémies de chaque chaudière.

La soute est garnie de béton de façon que le charbon ne puisse s'oxyder au contact du fer ou se confiner dans les coins, ce qui pourrait occasionner une inflammation spontanée.

Tous les appareils servant à la manutention du charbon ont été fournis par l'*Exeter Machine C°*.

Chaudières. — Les chaudières de l'*Aultman and Taylor Mfg C°* de Mansfield sont disposées en deux rangées de chaque côté de la salle de chauffe. Elles ont 5,50 m de long avec une surface de chauffe de 645 m² ; elles peuvent fournir la vapeur nécessaire pour 650 chx si l'on compte sur une consommation de 9 kg ; or, la consommation étant de 5,5 kg de vapeur par cheval, on peut donc compter qu'elles peuvent servir pour 1625 chx et plus lorsqu'elles fonctionnent avec soufflage forcé.

Elles sont construites pour supporter une pression de 19,8 kg, quoiqu'elles fonctionnent ordinairement à 12,6 kg. Elles sont équipées avec des grilles mécaniques Roney ; 16 ventilateurs peuvent forcer l'air sous la grille. Les grilles ont une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

longueur suffisante, d'une inclinaison permettant d'avoir une combustion aussi parfaite que possible du combustible bitumineux. 16 machines Westinghouse de 5 chx commandent les grilles.

Il y a 4 cheminées d'acier de 5,20 m de diamètre et de 10,40 m de haut dont les viroles ont 1,34 de haut et 15,8 mm d'épaisseur, les cheminées sont pourvues, sur un tiers de leur hauteur, d'un garnissage de briques réfractaires de 20 cm ; le restant de la hauteur est garni de briques ordinaires. Les cendres sont déchargées, par les trémies, dans des chariots qui sont remorqués par de petites locomotives électriques jusqu'au quai où on les décharge dans des péniches. Un emplacement a été laissé dans les fondations pour l'installation des surchauffeurs.

Canalisation de la vapeur. — Un tuyau de 25 cm amène la vapeur de chaque chaudière dans 8 collecteurs de 35,6 cm qui vont à la salle des machines. Ces collecteurs se rendent à des séparateurs d'eau d'alimentation, placés en dessous de la salle des machines. Les chaudières sont pourvues de réchauffeurs d'eau d'alimentation du type Wainwright, de 127 mm de diamètre et de 49 cm de long, contenant 46 tubes de 29 mm, ce qui donne une surface totale de chauffe de 122 m². Ces réchauffeurs sont intercalés entre la pompe d'alimentation et les chaudières, et reçoivent la vapeur d'échappement des pompes d'alimentation et machines de commande des grilles et autres moteurs auxiliaires.

L'eau d'alimentation est fournie par la canalisation de la ville, mais on pourra utiliser l'eau de condensation, épurée dans quatre batteries de réservoirs de séparation, installées dans le sous-sol, ainsi que des filtres à sable. Les pompes d'alimention sont du type Worthington.

Tunnels d'eau de condensation. — L'eau de condensation est prise loin de la rive par un tunnel de prise construit par la *General Tunnel Engineering C°*, suivant les brevets Lande. Ce tunnel est composé de deux viroles de 6 mm laissant un espace de 38 cm rempli de béton. Ce tunnel construit à l'*Elisabethport* fut amené en le laissant flotter après avoir fermé ses extrémités. On a laissé la place d'un autre tunnel identique ; le retour d'eau se fait par des tunnels semblables de section ovale de 2,40 m de haut.

Machines. — Il y a 16 machines de la « Westinghouse Machine C° » du type marin vertical ; deux cylindres à basse pression et un seul à haute pression commandent directement les alternateurs.

Les dimensions principales des machines à vapeur sont les suivantes :

Diamètre du cylindre à haute pression	1,12 m
— — basse —	1,94 m
Course des pistons	1,525 m
Pression de la vapeur	11 kg
Degré de vide	68,5 cm
Vitesse de rotation	75 t : m
Puissance	5 200-5 500 chx
Charge maxima	8 000 chx
— limite avec détente de 5/8	10 000 chx
Consommation de vapeur en kg par cheval-heure	5,68

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les cylindres à basse pression sont à simple enveloppe, car on compte employer de la vapeur surchauffée.

L'arbre coudé a un diamètre de 68,5 cm, il est percé d'un trou de 25 cm de part en part et porte trois manivelles calées à 101°, 133°, 126°, de façon à donner un mouvement de rotation constant. Le volant pèse 41 000 kg et a un diamètre de 5,85 m. Les soupapes sont commandées par des excentriques, les soupapes d'admission sont à déclic.

Le régulateur contrôle les deux soupapes et peut d'ailleurs être ajusté au moyen d'un petit moteur électrique, que déplace le poids de réglage, afin de faciliter la synchronisation des générateurs en agissant sur la vitesse de rotation. Une soupape de sûreté ferme l'admission de vapeur en cas d'emballement et est actionnée par un mécanisme qui agit par la force centrifuge.

La vapeur, sortant du petit cylindre, traverse un réchauffeur d'une capacité de 5940 dm^3.

Le système de graissage se fait particulièrement par la gravité et aussi par des pompes de compression pour les cylindres.

Les condenseurs sont du type Worthington, ils ont une surface refroidissante de 920 m^2.

Les différentes parties de la machine peuvent être facilement surveillées, grâce à des plate-formes disposées aux divers étages.

Générateurs. — 16 alternateurs triphasés de 4 500 kw fournissent le courant à 25 p : s et à 6600 v.

L'inducteur tourne à 75 t:m et il a 40 pôles ; il est claveté sur l'arbre et boulonné sur le moyeu du volant. Les bobines inductrices sont boulonnées sur la jante de l'inducteur ; elles sont formées de ruban de cuivre enroulé de champ. Le courant inducteur, à 220 volts, est amené au moyen de deux bagues de fer et de 4 balais de charbon du 38 mm de côté. Les tôles de l'armature sont assemblées à queue d'aronde ; il y a 240 trous, 2 par phase et par pôle. Les têtes des bobines sont disposées de façon à laisser 25 mm entre les enroulements voisins.

L'inducteur pèse 59 000 kg, l'armature 56 700 kg et les bâtis 9 000, ce qui fait pour le poids total de chaque générateur, 125 000 kg.

Pour effectuer une réparation à une des bobines, il suffit simplement de la déboulonner, on peut alors facilement la retirer.

L'enroulement induit peut supporter pendant 24 heures une charge non-inductive de 250 ampères par phase sans élévation de température de plus de 30° C. au-dessus de l'air ambiant.

Une charge non-inductive de 400 A amène une élévation de moins de 50° C. au bout de 3 heures. Ces températures sont mesurées par l'augmentation de résistance.

Les armatures doivent supporter un essai à 15 000 volts alternatifs pendant une demi-heure, et un essai à la rupture de 25 000 volts alternatifs pendant 1 minute. L'isolement des diverses parties de l'alternateur est tel qu'il peut supporter continuellement une tension de 2 500 volts.

Le rendement à pleine charge et à un quart de surcharge est de 97 %; aux trois

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quarts de la charge, il est de 96 %; à demi charge 95 % et au quart de charge de 91 %. La régulation est telle que si l'on supprime brusquement la charge, la tension ne s'élève pas de plus de 8 % à excitation constante.

Groupe des Excitatrices. — On a installé 3 groupes d'excitatrices, formées par des moteurs asynchrones de 225 chx à 6 000 v, directement accouplés à des générateurs à courant continu de 150 kw à 4 pôles donnant une tension de 200 à 280 volts.

Ces excitatrices peuvent fonctionner d'une façon continue à pleine charge sans que la température s'élève de plus de 40° cent. au-dessus de l'air ambiant et peuvent supporter une surcharge de 33,5 % pendant trois heures sans être détériorées.

Afin d'assurer la constance absolue du courant d'excitation, on a installé une batterie d'accumulateurs d'une puissance suffisante pour fournir le courant aux 16 générateurs pendant une heure. C'est une batterie du type « Chloride » de l'*Electric Storage Battery C°*.

Tableau de contrôle et de distribution pour la haute tension. — Chaque générateur est commandé d'une colonne individuelle de contrôle et chaque feeder est contrôlé par un panneau spécial. Ce dispositif évite donc les erreurs et les confusions d'appareils.

Ces instruments sont montés sur des transformateurs en série ou en dérivation sur les câbles principaux, une des sorties étant mise à la terre par mesure de sécurité.

Ils sont du type horizontal *de profil* de la *General Electric C°*.

Les câbles des générateurs sont des conducteurs simples de cuivre de 253 mm², isolés au papier de 9,5 mm et protégés par une feuille de plomb de 3,2 mm. Les conducteurs des inducteurs sont des fils simples de 110 mm², isolés avec une épaisseur de caoutchouc de 0,4 mm non recouverte de plomb.

Ces cinq câbles et les sept conducteurs, servant aux signaux, sont placés dans un couloir et portés par des consoles. Les câbles passent ensuite dans des conduites cloisonnées de brique pour gagner les interrupteurs individuels. Ces interrupteurs à huile de la General Electric sont commandés par un moteur et placés dans un compartiment de brique et de tôle. Les deux transformateurs sont aussi placés dans des compartiments semblables et servent pour la synchronisation.

Les barres omnibus. — Les barres omnibus à haute tension sont disposées dans une salle, construite en briques, et placée derrière le tableau de contrôle à haute tension.

Il y a deux groupes de barres : les barres principales et les barres auxiliaires. Chaque barre est composée de 4 bandes de 3,2 × 65,5 mm de cuivre laminé supportées par une tige métallique entourée d'un tube isolant et soutenue par des isolateurs de porcelaine. Les barres sont éloignées de 76 cm et séparées par des cloisons de pierre de talc. Les câbles des différentes barres sont éloignés de 30 cm et séparés par des cloisons en briques de 10 cm.

Les feeders traversent le plancher à travers des tubes de porcelaine. Les interrupteurs de sélection des feeders sont du type à couteau et sont montés sur des socles en pierre de talc. Un dispositif d'enclanchement empêche de réunir un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

feeder à deux barres à la fois. En dessous des interrupteurs de sélection sont deux interrupteurs à rupture dans l'huile. Le premier commande un tableau par l'interrupteur-pilote et le second fonctionne comme disjoncteur au moyen d'un relai à temps. Ce relai, que l'on peut ajuster, ouvre le circuit si le courant dépasse une certaine intensité pendant une période de temps donnée, pouvant varier entre 2 à 6 secondes, le courant variant entre 2 à 6 1/2 ampères. Un transformateur d'intensité, servant pour ce relai, a un rapport de réduction de 70 à 1 ; le courant dans le feeder pourra donc varier entre 140 à 455 ampères.

Les relais de la station génératrice sont réglés pour 4 secondes et ceux des autres stations pour 2 secondes.

Données générales sur le tableau. — Ainsi que nous venons de le décrire, le tableau à haute tension occupe quatre galeries. Le tableau principal est placé dans la troisième galerie environ au niveau de la plate-forme supérieure des machines. Le courant parcourt le chemin suivant : du générateur, il va par un fil simple à l'interrupteur de la première galerie, de là à l'interrupteur de sélection dans la galerie haute — ce qui permet de réunir le courant soit aux barres principales, soit aux barres auxiliaires qui sont placées derrière cette galerie — puis passe par deux interrupteurs à huile pour gagner le feeder ; on est ainsi certain que l'un au moins de ces interrupteurs fonctionne. De là le feeder gagne le sous-sol et les souterrains.

Tableau de répartition pour la basse tension. — Ce tableau, placé au premier étage, se divise en deux ; chacun porte trois groupes de barres qui peuvent être réunis en cas de besoin ; l'un porte les appareils de réglage des générateurs et les interrupteurs ; l'autre est celui d'alimentation de la sous-station locale de transformation, et sert à la fourniture du courant aux maisons voisines et à la commande des ponts roulants et élévateurs de l'usine. Les barres générales d'excitation sont alimentées par les 4 excitatrices et la batterie d'accumulateurs qui, à son tour, est chargée par un survolteur spécial ; ces excitatrices maintiennent un voltage de 240 à 250 volts aux barres inférieures. Les barres supérieures, à un voltage plus élevé, servent pour l'excitation en cas de surcharge ou de facteur de puissance très bas et seront alimentés par le survolteur ou une excitatrice à haut voltage.

Des disjoncteurs empêchent, au cas où les moteurs alternatifs du groupe d'excitatrices cesseraient d'être alimentés, que le générateur continu fonctionne comme moteur.

La *sous-station locale* se compose de 6 commutatrices de 500 kw, d'une batterie d'accumulateurs locale et d'un survolteur, et huit feeders à basse tension desservent la partie de la ville entre Fourth Avenue et East River, et Thirteeth et Fifteeth Streets. Actuellement, il y a seulement une batterie et un survolteur installés et les deux tableaux sont réunis en un seul, ce qui peut se faire, car les divers moteurs et solénoïdes de contrôle peuvent fonctionner sous 240 à 250 volts. Le tableau à basse tension a été construit par la *General Incandescent Arc Light C°*, sur les indications de la *New-York Edison C°*. Tous les ampèremètres sont du type Van Vleck « de profil » construits par la « Weston Electrical Instrument C° » et fonctionnent sur shunt.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau de contrôle à basse tension. — Les rhéostats et interrupteurs de contrôle des excitatrices, commutatrices et survolteurs sont montés sur des socles, et directement au-dessus se trouve un panneau de marbre portant les instruments.

Distribution du courant. Canalisation. — Le courant alternatif à 6600 volts est distribué aux diverses sous-stations de transformation au moyen de canalisations représentant une longueur de 1600 km.

Les câbles sont tirés dans des tuyaux de fonte placés dans le béton ou dans des poteries vernissées, posées sur un lit de béton. Des regards sont disposés aux croisements des rues et à des distances de 75 m pour permettre le tirage des câbles et de faire les épissures; en outre, des regards auxiliaires pour faire les prises des abonnés sont disposés sur les conduites de distribution.

La dimension des câbles a été déterminée de façon à utiliser le mieux possible les conduites de 76 mm. La chute de tension maximum admise est de 5% et le courant maximum toléré a été de 250 ampères par phase. Par suite, on a adopté une section de 64,5 mm pour chaque conducteur. La Compagnie emploie maintenant des conducteurs isolés sous papier, chaque conducteur étant formé de 37 brins de fil de cuivre donnant une section de 110 mm². L'isolement au papier a une épaisseur de 3,9 mm autour de chaque conducteur et une même épaisseur autour de l'ensemble. L'armature de plomb a 3,5 mm d'épaisseur et contient de 2 à 3% d'étain.

Les espaces vides entre les conducteurs sont remplis de jute imprégné d'un composé imperméable à l'humidité. On essaie l'isolement des conducteurs entre eux et entre l'armature de plomb à 15000 volts alternatifs pendant une heure et la résistance d'isolement doit être de 480 mégohms km à 14°,4 c. Cette résistance est vérifiée chaque semaine ainsi que l'exigent les règlements de la *Subway C°*. On emploie pour ces essais périodiques des voltmètres électrostatiques et des indicateurs de terre de la *General Electric C°*. Ces appareils sont installés dans chaque sous-station et donnent immédiatement des indications sur l'abaissement de la valeur d'isolation.

En général, les feeders principaux vont en droite ligne aux sous-stations, mais on adopte aussi quelquefois la distribution en boucle.

Sous-stations. — La Compagnie a maintenant 16 sous-stations de transformation, dont quelques-unes ont aussi des installations génératrices à vapeur.

Nous ne décrirons pas les diverses sous-stations, nous donnerons seulement, à titre d'exemple, une indication sur la composition-type d'une sous-station qui comprend le matériel suivant :

(1) Tableau de haute tension pour les feeders et les commutatrices.
(2) Transformateurs à ventilation forcée.
(3) Tableau de basse tension pour la commande des commutatrices.
(4) Régulation des convertisseurs tournants.
(5) Convertisseurs tournants.
(6) Tableau des barres en courant continu à basse tension portant les instruments et appareils de synchronisation.
(7) Batterie d'accumulateurs et groupe survolteur.
(8) Compensateurs de la distribution à trois fils.
(9) Tableau des feeders à basse tension.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les transformateurs sont du type à insufflation d'air et sont montés sur une plate-forme au centre de laquelle débouche la conduite d'air, qu'un ventilateur force à une pression de 2,2 à 3,3 gr par cm². Ils ont une puissance de 3 × 200 kw pour les convertisseurs de 500 kw ou de 3 × 400 kw pour ceux de 1 000 kw. Le rapport de transformation est de 6300 à 170 volts, mais on peut changer les connexions de façon à tenir compte des chutes de tensions des divers feeders. Un thermomètre donne les indications de température.

Ces transformateurs peuvent résister à une surcharge de 25 % pendant 3 heures après un fonctionnement de 24 heures à pleine charge, ou à 50 % de surcharge pendant 1 heure sans échauffement excessif. Le rendement de ces transformateurs est de 97 1/2 % à 98 %; ils sont fournis par la « General Electric » et la « Westinghouse Cº ».

Survolteurs de la « General Electric ». — Les secondaires des régulateurs sont montés en série entre les interrupteurs et les bagues de la commutatrice, et les primaires ou rotors sont montés en dérivation sur les secondaires et peuvent être déplacés d'un certain angle au moyen d'un petit moteur.

Les régulateurs ont une puissance de 65 kw pour les commutatrices de 500 kw et de 190 kw pour celles de 1 000 kw.

Les régulateurs sont soufflés et, par suite, on les a placés sur la même plate-forme que les transformateurs.

Commutatrices. — Les commutatrices sont à six phases et de deux puissances différentes; celles de 1 000 kw tournent à 187,5 t : m et donnent une tension continue de 270 volts. Celles de 500 kw tournent à 375 t : m et produisent une tension de 300 volts ou de 375 volts. Elles peuvent supporter après un fonctionnement normal une surcharge de 25 % pendant 3 heures ou 50 % pendant une heure.

Le régulateur permet d'obtenir une variation de voltage de 240 à 360 volts pour le courant continu.

Le rendement de ces commutatrices est élevé et peut atteindre 96 % en moyenne.

Batteries d'accumulateurs. — La batterie-type comprend 150 éléments, 75 par pont, ayant une capacité unitaire de 2000 ampères-heures pour une décharge en une heure, 3000 a-h pour une décharge de 3 heures et 4 000 a-h pour une décharge de 10 heures; 20 éléments à chaque bout servent à régler la tension et les connexions peuvent être établies au moyen d'un petit moteur contrôlé du tableau. Le survolteur est formé d'un moteur de 110 chx 240 volts à 750 t : m et deux générateurs de 40 kw à 50 volts montés sur le même arbre.

L'équilibrage des ponts est obtenu par la batterie, et par un petit groupe compensateur formé de deux dynamos à 125 volts accouplées rigidement.

Câbles principaux et feeders à basse tension. Ces câbles sont tous souterrains et du type à isolement au papier, ces câbles ont remplacé les anciens câbles Edison.

Les feeders sont formés de câbles concentriques, chaque conducteur ayant une section de 506,4 mm². Ils doivent supporter une tension maxima de 750 volts et ont un isolement au papier de 3,9 mm et une armature de plomb de 3,5 mm. Un seul

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fil neutre sert pour les feeders. La canalisation complète représente une longueur totale de plus de 550 km.

Puissance fournie par la Compagnie. — La charge maxima atteinte par la Compagnie a été de 35 000 kw indépendamment de la distribution en courant alternatif et de l'éclairage par arcs à courant continu pour le service de la Compagnie.

Les installations électriques alimentées par la Compagnie Edison dans l'île de *Manhattan* comprennent:

Lampes à incandescence	970 897
Lampes à arcs	13 140
Moteurs	50 634
Total (en lampes de 16 bougies)	1 867 442

Chaque lampe à arc est supposée égale à 10 lampes de 16 bougies.

La distribution totale dans l'île de *Manhattan* et le *Bronx* est de 2 282 980 lampes.

Éclairage municipal de New-York.

Comme suite à notre visite de la station de la Compagnie Édison du Bord-de-l'Eau, nous parlerons du projet de l'éclairage municipal des rues de New-York et du prix de revient de l'éclairage par lampe à arc aux États-Unis.

La ville de New-York a élaboré récemment un projet d'eclairage municipal des rues, et, à ce sujet, d'intéressantes statistiques ont été établies concernant le coût de l'éclairage, suivant les différents systèmes d'illuminants dans les principales villes des États-Unis.

C'est ainsi que le prix moyen de l'éclairage au gaz a varié de 225 francs par lampe municipale en 1869 à 85 francs à l'heure actuelle.

Les premiers essais d'éclairage électrique pour Manhattan eurent lieu en 1881. Le coût est de 1127,50 fr par lampe. Ce prix a diminué graduellement jusqu'en 1890, où il atteint une valeur fixe de fr 730, — par lampe à arc de 2 000 bougies. La lampe à arc de cette puissance étant prise comme type dans les différentes villes, les dépenses sont les suivantes:

Villes.	Service souterrain.	Service aérien.	Nombre de lampes.	Durée du contrat en années.
New-York	730 fr.	730 fr.	4 867	1
Chicago	715	518 »	5 308	1
Boston	602,25	602,25	3 670	5
Philadelphie	552,80	552,80	9 282	1
Providence	547,50	547,50	2 074	6
Baltimore	499,60	499,50	1 625	5
Milwaukee	495 »	405 »	1 812	5
Jersey-City	.....	487,50	1 402	5
Saint-Louis	481,90	481,90	968	10
Newark	475 »	475 »	1 950	5
Pittsburg	.....	480 »	2 835	1
New-Orléans	450 »	375 »	1 665	10
Louisville	.....	420 »	1 758	4
Washington	400 »	.....	965	1
Cleveland	375 »	375 »	1 098	1
Los Angeles	.....	405 »	1 050	1

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'après les devis, qui ont été établis, le coût d'une installation complète pour l'éclairage public à New-York, c'est-à-dire celui des rues et des bâtiments municipaux, mais non pour desservir les consommateurs privés, sont les suivants:

COÛT DE LA STATION CENTRALE.

Installation des chaudières pour 10 000 chx avec économiseurs, chargeurs, surchauffeurs, tuyauteries et fondations	Fr	2 500 000 »
Moteurs verticaux avec condenseurs, fondations et tuyauteries		1 625 000 »
Génératrice de 10 000 kw, comprenant excitatrices, tableaux, etc		1 500 000 »
Bâtiment et terrassements		1 250 000 »
Total		6 875 000 »

Ce qui ressort à fr 687,50 par kw, c'est-à-dire un peu plus que ne coûte l'usine destinée au souterrain de New-York.

DÉPENSES D'INSTALLATION.

Station génératrice comme ci-dessus	Fr	6 875 000 »
Feeders à haute tension		1 300 000 »
Feeders suburbains à 3 500 volts		200 800 »
Circuits de distribution à incandescence		450 000 »
Transformateurs à courant constant pour 12 000 lampes à incandescence		600 000 »
Transformateurs à potentiel constant, 7 500 kw		375 000 »
Tableaux de sous-stations		375 000 »
Câbles et circuits d'arc		2 950 000 »
Construction des postes de distribution		250 000 »
Poteaux de lampes à arc		2 475 000 »
Lampes à arc et accessoires		1 250 000 »
Bâtiments des 9 sous-stations		750 000 »
Valeur immobilière des sous-stations		525 000 »
Travaux d'art et accessoires		1 850 000 »
Intérêts durant la construction		715 000 »
Total		20 940 000 »

Les dépenses de production et de distribution sont évaluées à fr 1 837 500 par an, basées sur une comparaison des statistiques des Compagnies d'électricité locales, ou sur le coût moyen de fr 0,0635 le kw-h.

En supposant l'énergie à ce prix, et en comptant 25 francs pour l'entretien, 101 francs pour la dépréciation et fr 52,50 d'intérêts, le coût total par an de chaque lampe à arc reviendrait ainsi à fr 330,50. — En se basant sur les mêmes données, le coût du kw-heure pour l'éclairage à incandescence serait de fr 0,2737.

Il est intéressant de relater ces quelques chiffres au moment où la question de l'éclairage électrique de Paris est de nouveau à l'ordre du jour; de même nous donnerons les résultats de l'enquête récemment faite à New-York dans le but de savoir si le prix de revient de l'éclairage par lampes à arcs, prix variant de fr 0,44 à 0,565 le kw-h, était exagéré.

D'après M. Charles E. Phelps, ingénieur en chef de la commission d'élec-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tricité de Baltimore, les conditions de fourniture de l'éclairage sont les suivantes :

La ville était éclairée par 1625 lampes à arc de 480 watts qui coûtent en moyenne fr 499,60, ce qui met la dépense moyenne à fr 0,26 par kw-h. La

Vue de la 5ème avenue de New-York. Éclairage par lampes à arc (*General Electric C°*).
L'hôtel Waldorf-Astoria.

municipalité payait autrefois une redevance de fr 638,75 par lampe et par an, mais ce prix a été réduit à la suite de la construction d'une usine municipale. La dépense par lampe à arc et par an ressort à fr 230, mais ce chiffre se rapporte exclusivement à l'entretien et aux dépenses de production du courant, de sorte qu'en tenant compte des frais généraux, il faudrait compter sur un prix de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fr 395, sans tenir compte de l'amortissement de la canalisation et des ouvrages souterrains.

Le prix de revient du courant peut varier dans de grandes limites, c'est ainsi que la station centrale Purnell, de Baltimore, d'une puissance de 500 kw, prétend que le kilowatt-heure lui revient à fr 0,20, et que, par suite d'un contrat entre la Baltimore et Ohio Railroad et la Baltimore United Railways, le courant, pris au tableau, est vendu à fr 0,05.

D'après M. Edward Ellicott, électricien de la ville de Chicago, la station génératrice municipale alimente plus de 1 300 lampes de 450 watts; la dépense totale a été d'environ 750 000 fr. Les lampes sont réparties sur plus de 240 km, soit en moyenne 5 lampes au km; on procède actuellement à l'installation de 4 500 lampes nouvelles, qui entraîneront une dépense de machines et de bâtiments de 860 000 fr et le coût moyen par lampe sera de 268 francs, à la municipalité. Mais ce chiffre ne tient pas compte de la dépréciation que l'on peut évaluer à 5 %. Les dépenses d'exploitation s'élèvent à 220 fr. et se décomposent ainsi :

Combustible	Fr	91,70
Charbon à arc		20,05
Globes		3,30
Réparations aux machines à vapeur		10,50
Réparations aux machines électriques		4,40
Réparations des lampes à arc		14,30
Réparations des circuits et poteaux de support		17,20
Dépenses diverses non classées		7,75
Direction		8,65
Ouvriers chargés de changer les charbons		6,55
Chauffeurs et ingénieurs		35,60
Total	Fr	220,00

La ville possède plus de 800 km de conduites souterraines se composant au moins de deux conduites et souvent de plus de quatre dont le prix est d'environ fr 6,64 par mètre linéaire.

On remarquera que l'usine municipale ne fonctionne pas pendant le jour, de telle sorte que, en cas de brouillard, on est obligé d'avoir recours à la *Chicago Edison C°*.

Les lampes ne sont pas vérifiées chaque nuit et il n'y a que trois inspecteurs pour 2 000 lampes.

Il est intéressant de signaler que le charbon revient de fr 15,75 à 11,15 la tonne et que les divers ouvriers et ingénieurs sont payés par mois, à raison de :

Ingénieurs	Fr	500-575
Chauffeurs		375
Ouvriers chargés de changer les charbons		340-375
Ouvriers de précision		450

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ouvriers chargés des réparations des lampes	Fr	416,60
— — — — à la station		375
— — de la surveillance des dynamos		416,60
Manœuvres, par jour		10

En outre des 1300 alimentées par l'usine municipale, un grand nombre d'autres sont desservies par la *Chicago Edison C°*. En 1903, le nombre total des lampes était 4827 dont 1817 reliées aux canalisations souterraines et 3008 aux canalisations aériennes. La C^ie^ Edison percevait de la ville 715 fr par lampe dans le premier cas et 518 dans le second.

A Chicago, comme à New-York, la durée de l'allumage est de 3950 heures par an; mais à New-York les lampes consomment 696 watts, soit 2874 kw-h par an, tandis qu'à Chicago elles consomment 450 watts, soit 1800 kw-h par an. A Chicago le coût est donc de 13,3 centimes par lampe-heure, ou 30 centimes le kilowatt-heure; dans les prix ci-dessus les frais généraux s'élèvent à 200 francs environ.

Transports par tramways.

La ville de New-York est desservie par tramways superficiels, par trains aériens et par trains souterrains, le tout à l'électricité.

Nous avons étudié sur place ces divers modes de transport qui, par leur ensemble, par leurs départs fréquents, par leur nombre, composent un réseau de communications aussi parfait que possible. En un mot, les Américains peuvent être fiers, à juste titre, d'avoir su créer tout ce qui active la circulation et la locomotion.

Les voitures des *tramways superficiels* sont longues et spacieuses, toujours montées sur deux boggies qui ont leur paire de roues, tantôt de même diamètre, tantôt de diamètre différent (type dit à grande adhérence). Tous ces tramways sont électriques, à trolley aérien ou souterrain. La voie ne comporte jamais de contre-rails, excepté dans les courbes.

Ce qui étonne et même effraie à New-York, comme à Chicago et surtout à Saint-Louis, c'est la vitesse avec laquelle circulent ces tramways dans des rues très fréquentées ; là où en Europe on atteindrait les 9 ou 10 kilomètres à l'heure, on fait du 20 à 25, et cela sur un parcours restreint qui oblige à atteindre le maximum de vitesse en un temps très court. Il en résulte un démarrage violent et un freinage énergique; or un tel démarrage n'est obtenu qu'avec des moteurs puissants où le cuivre n'a pas été épargné; c'est ce que nous avons remarqué à la « Westinghouse C° » et aussi à la « General Electric C° », qui équipent les 9/10 des tramways américains. De semblables moteurs sont onéreux, puisqu'ils sont établis pour une puissance supérieure à celle qu'ils doivent normalement fournir; mais les Compagnies de tramways sont largement rémunérées par une circulation intense et si bien comprise des voyageurs que les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

voitures hippomobiles n'existent pour ainsi dire pas dans les grandes villes américaines.

Encore ne suffit-il pas pour aller vite d'avoir de bons moteurs, il faut un public qui s'y prête, ce qui est le cas du public américain. Chacun faisant attention à soi, il en résulte que, quoique motormen, cochers et piétons soient nombreux dans la rue, tout se passe dans le meilleur ordre. On n'entend jamais

New-York. — Broadway et la circulation des tramways électriques.

aucun cri de cocher, sonnerie de tramway ou corne d'automobile. Nous devons ajouter que les accidents ne sont pas pour cela plus nombreux, au contraire.

Les *tramways aériens* existent à New-York, Chicago et Boston. Ils circulent à hauteur du premier étage des maisons. La voie est établie sur des poutres treillis supportées par des piles métalliques. Ils arrêtent moins souvent que les tramways superficiels et vont par conséquent à une vitesse plus grande. Ils sont équipés avec une motrice pour deux voitures, 4 moteurs par motrice. Un train se compose en général de six voitures, trois motrices et trois remorques; on utilise ainsi la moitié de l'adhérence du train. Les moteurs de ces motrices sont mis en mouvement et connectés à l'aide du système Sprague; le motorman qui se trouve sur la première voiture actionne les contrôleurs, placés sur les motrices, par servo-moteur électrique. L'équipement électrique est fourni par « Westinghouse » et la « General Electric C° ».

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La prise de courant se fait par troisième rail, le sabot frotte au-dessus du rail et est maintenu par un parallélogramme articulé, fixé au châssis de la voiture. Le freinage se fait par frein Westinghouse. Un petit compresseur, monté sous chaque motrice et actionné électriquement, rétablit automatiquement la pression dans le réservoir d'air comprimé dès que celle-ci descend au-dessous d'une certaine limite.

Ces tramways aériens, particulièrement commodes par leur rapidité, sont très disgracieux. Lorsque les deux voies sont montées côte à côte sur la même structure, les rues sont presque dans l'obscurité. Enfin leur passage faisant vibrer la charpente métallique provoque un bruit assourdissant.

Les rails sont posés sur des traverses en bois, il n'y a aucun parapet. Les supports sont complètement en acier. En un certain point de la ville, par suite d'une dénivellation du sol, la voie se trouve à 40 m de hauteur, les stations y sont desservies par ascenseur.

Lorsque la rue est assez large, la voie aller et la voie retour sont séparées et se trouvent au-dessus de chacun des trottoirs de la rue. Dans ce cas, les supports sont particulièrement simples. La rigidité de l'ensemble est maintenue par des poutres treillis traversant la rue à hauteur des voies. Nous avons vu cette construction dans la rue appelée « Bowey », rue particulièrement curieuse par son trafic. Elle est complètement occupée par quatre voies de tramways à troley souterrain et deux voies de tramways à chevaux, soit 8 voies en y ajoutant les deux voies des trains aériens.

C'est à M. Van Vleck, ingénieur en chef mécanicien de l'Interborough R. T. C., qui nous facilita notre visite à la station du Métropolitain — *Rapid Transit Subway C°* — encore en période d'établissement, et qui appartient à l'Interborough Rapid Transit C°. M. Van Vleck, dont nous avons pu apprécier la haute intelligence et l'urbanité, a fait, lui-même, le plan de toute la construction de l'usine de ce nouveau métro.

Avec la plus parfaite bonne grâce, il nous signale les innovations intéressantes apportées par la Compagnie qui a décidé d'équiper 340 voitures à deux moteurs de 150 chx :

1° Le contrôleur est en partie automatique, car un relai électromagnétique en série avec les moteurs permet simplement le déplacement cran par cran du tambour de contrôle, même si le wattmann actionne brusquement sa manette ; on a ainsi une automaticité facultative et le disjoncteur et les fusibles interviendront beaucoup moins dans la mise en marche.

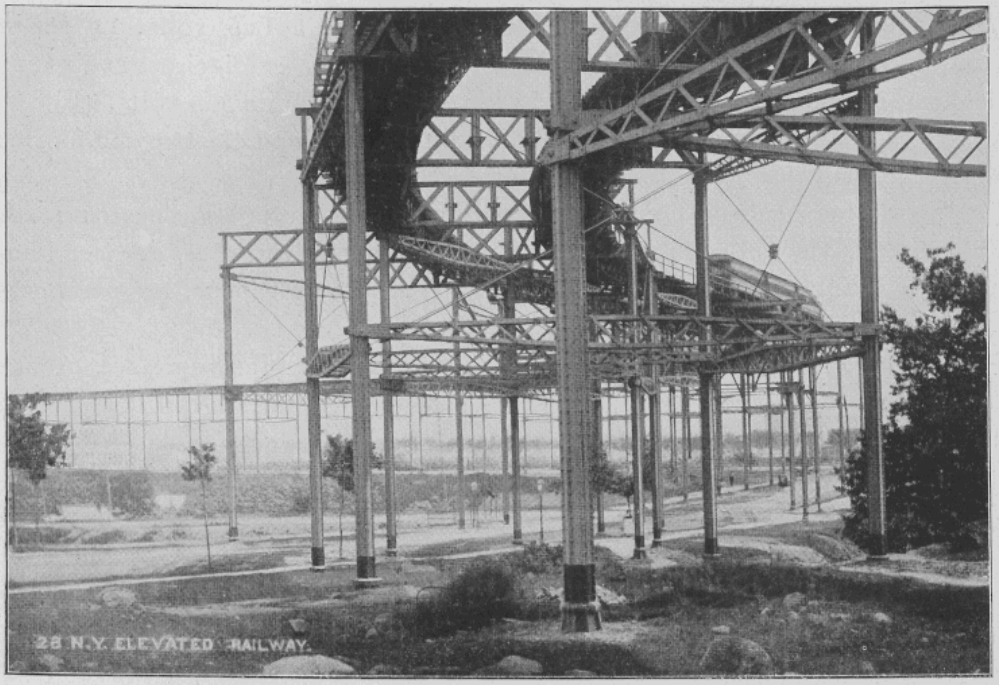
2° Les résistances de démarrage sont distinctes pour chaque moteur ou groupe de moteurs, ce qui, tout en nécessitant plus de contacteurs, permet d'avoir des pièces plus petites, puisqu'il y passe moins de courant, et un seul contacteur en remplace quelquefois deux ; on peut réaliser 12 crans en position de marche avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

16 contacteurs, tandis qu'au chemin de fer de Manhattan à New-York on avait 10 crans avec 14 contacteurs.

3° Les contacteurs sont plus légers et groupés par deux ou trois sur des bases communes.

L'installation complète d'un chemin de fer souterrain, le *Rapid Transit*



New-York. — Elevated Railway.

Subway de New-York, doit comprendre une longueur de 34 km prévue par le contrat.

Le tunnel, creusé dans le gneis, est revêtu de béton maintenu par des poutres en fer.

La construction de la partie du tunnel qui se trouve sous la rivière Harlem, est particulièrement remarquable. Une digue de charpente fut placée dans le lit du fleuve. La partie supérieure du tunnel fut construite sur un radeau maintenu au-dessus de la digue par des chaînes. Le tunnel fut alors immergé, puis placé sur la digue. On put ensuite compléter la section après avoir épuisé l'eau, une pression de 0,84 kg : cm^2 étant suffisante pour empêcher les rentrées d'eau.

Il y a sur la ligne 12 puits d'épuisement aux points bas, l'eau étant enlevée par des pompes ou des béliers.

La voie est du type normal de I. A. S. C. E. avec des rails Vignole de 50 kg

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

placés sur des traverses de pin jaune de 125 mm sur 200 mm posés sur une épaisseur de 12 cm de ballast.

Le troisième rail pèse 37 kg et est protégé par un coffrage en bois sur la partie supérieure.

Le courant est fourni sur la ligne par 9 sous-stations, 8 à New-York et 1 à Brooklyn.

Ces sous-stations sont du même type ; elles comprennent six convertisseurs Westinghouse de 2 500 kw, fournissant du courant à 625 volts. La station centrale produisant du courant triphasé à 11 000 volts, celui-ci est abaissé par des transformateurs dévolteurs de 550 kw à une tension de 400 volts.

Il y a aussi dans chaque sous-station un petit groupe électrogène fournissant le courant pour le système de signaux.

La station centrale comprend une construction de 275 m sur 161 m. La salle des machines et celle des générateurs sont disposées à côté, l'espace intermédiaire étant occupé par la canalisation d'eau et de vapeur, les pompes et machines auxiliaires.

Il y a quatre voies : deux voies latérales pour les trains s'arrêtant à toutes les stations, et deux voies centrales pour les trains express qui desserviront directement la cité. Ces derniers trains marcheront à une vitesse de 50 km à l'heure.

Tous les signaux sont manœuvrés par un système genre Westinghouse, c'est-à-dire avec mouvement transmis par l'électricité et exécuté par l'air comprimé. Un toc spécial à chaque disque coupe le courant sur la locomotive si celle-ci dépasse le signal à la position d'arrêt.

Les feeders haute tension sont dans une galerie spéciale, latérale, les conducteurs basse tension et téléphoniques dans une autre galerie.

Les stations sont parfaitement bien aménagées et spacieuses. Le garnissage des murs est en céramique. Elles sont éclairées par la lumière du jour arrivant par la partie supérieure ; les trottoirs des rues au-dessus des stations ont été établis en ciment armé avec des barres de fer encadrant des losanges dans lesquels sont sertis des lentillons de verre de 5 cm de diamètre sur 3 cm d'épaisseur.

Les stations sont numérotées en concordance avec les rues et avenues situées au-dessus d'elles. Elles sont de plus reconnaissables par des panneaux de différentes couleurs placés le long des murs.

Les premiers essais de la ligne avec trains électriques ont été faits une quinzaine de jours après notre visite ; on a constaté à l'aide de sismographes que le passage des trains express ébranlait fortement les fondations des grands édifices de la cité, placés à proximité de la ligne.

La station qui se trouve à la 59e rue, 12e avenue, sur le bord de l'Hudson,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fournit actuellement une puissance de 75 000 chx avec une surcharge de 50 %.

Il y a actuellement en service 9 unités de 7 500 chx comprenant des moteurs compound Allis Chalmers, commandant des alternateurs triphasés de 5 000 kw tournant à 75 t : m et produisant un courant de 11 000 volts et 25 p : s.

Alternateurs. — Ils ont été construits par la « Westinghouse Electric Co ». Les dimensions de ces alternateurs sont remarquables, le diamètre total est de près de 11 mètres. Les pièces polaires, très plates, sont munies d'amortisseurs Leblanc. Il y a quatre encoches par pôle et par phase. L'arbre est creux, son diamètre est d'environ 80 cm; des tôles sont boulonnées au moyeu et à la carcasse polaire, la partie tournante est ainsi absolument pleine.

Un synchroniseur Westinghouse se trouve à chaque groupe électrogène. L'aiguille de ce synchroniseur est actionnée par deux champs tournant en opposition, l'un produit par le courant de la machine, l'autre par celui du réseau.

Si ces champs tournent à vitesse rigoureusement égale, l'aiguille reste immobile dans la position verticale et si le synchronisme n'est pas atteint, l'aiguille va à droite ou à gauche, selon que la machine tourne trop vite ou trop lentement. Les deux mécaniciens qui se trouvent aux valves d'arrivée de vapeur au moment du couplage ont ainsi sous les yeux le sens dans lequel ils doivent régler la marche de la machine.

L'excitation des alternateurs sera fournie par deux groupes pilon compound, de 300 chevaux, placés au milieu de la salle des machines.

Machines à vapeur. — Chaque alternateur est actionné à chaque extrémité de son arbre par une machine Allis. Ces deux machines ont chacune une arrivée de vapeur, ce qui les rend indépendantes l'une de l'autre; elles sont du type cross compound avec cylindre « haute pression » vertical, « basse pression » horizontal, et manivelles calées à 135°, soupapes à déclic sur la haute pression, Corliss sur la basse pression. Un régulateur avec amortisseur à huile agit sur les deux cylindres des deux machines.

Chaque machine développe 5 000 chevaux à 75 tours : m avec une pression de vapeur de 12 kg : cm² et un vide au condenseur de 60 cm. La pression dans le réservoir intermédiaire est de 0,800 kg : cm². Le condenseur est commun aux deux machines.

Trois turbines Westinghouse Parsons de 1250 kw, commandant des alternateurs triphasés, donnent du courant à 60 p : s et servent pour l'éclairage du tunnel; les turbines tournent à une vitesse de 1200 t : m.

Cinq groupes d'excitatrices de 400 chx, dont trois sont commandées par moteur électrique alimentés par du courant à 4 000 volts, les deux autres commandées par des machines compound.

Le tableau et le groupe des barres sont placés dans des galeries sur le côté du bâtiment; la table de commande est placée sur une plate-forme placée à 75 cm au-dessus du sol de la salle des machines.

La salle des générateurs peut contenir 72 chaudières, mais il n'y en a encore que 60 installées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces chaudières sont construites par la « Babcock et Wilcox C^e^ »; elles ont une surface de chauffe de 550 m² et sont disposées par batterie de deux; elles ont une surface de grille de 9,30 m².

Chaque chaudière est formée de trois bouilleurs de 1,65 m de diamètre et 7,10 m de long et de 294 tubes de 0,10 m de diamètre et 5,50 m de long; il y a 21 rangées de 14 tubes.

Elles sont construites pour une pression de 12,6 kg à 14 kg par cm²; elles sont pourvues de surchauffeurs des types Tooter et Babcock et Wilcox et de grilles mécaniques quoique la plupart des chaudières se chargent à la main.

Chaque batterie est pourvue de quatre carneaux de tôle réunis à un carneau horizontal placé au-dessus des chaudières, de telle sorte que les gaz pourront traverser un économiseur ou être renvoyés directement à la cheminée.

L'installation complète est divisée en 6 sections semblables comprenant chacune deux groupes électrogènes de 5 000 kw, deux groupes de condenseurs, deux pompes alimentaires et six batteries de deux chaudières et une cheminée. Les chaudières sont placées en trois étages superposés. Les cheminées, au centre de chaque section, sont supportées par six colonnes d'acier, de telle sorte que leur base se trouve à hauteur de la soute à charbon placée dans les combles.

Ces cheminées ont 4,60 m de diamètre au sommet qui se trouve à 67,50 m au-dessus du niveau des grilles.

Des conduites déversent le charbon sur le sol devant les chaudières.

De petits wagonnets reçoivent les cendres sur une voie à traction électrique qui les déchargent dans des péniches.

Le charbon est amené par bateau; il est déchargé, broyé et reçu dans un petit magasin, d'où il est envoyé par un convoyeur à courroie de 50 cm dans un petit tunnel à la station.

La distribution d'eau de la ville amène l'eau d'alimentation dans neuf bassins placés dans le sous-sol; ils ont 14 m de long, 4,30 m de large et 2,50 m profondeur; l'alimentation est réglée par des flotteurs.

Chaque machine est desservie par six chaudières réunies à un tuyau commun dont le diamètre augmente de 30 cm à 43 cm.

12 tuyautages placés dans toute la longueur du bâtiment permettent de faire les différentes combinaisons pour la distribution.

Les machines auxiliaires comprennent une pompe d'alimentation, une pompe à vide et une pompe de circulation à commande à vapeur. L'eau d'alimentation passe dans des réchauffeurs recevant la vapeur d'échappement des machines auxiliaires. Des tunnels amènent l'eau de condensation à la rivière.

Les condenseurs sont fournis par « l'Alberger Condenser C^e^ ».

Les transports.

Tramways superficiels, aériens, souterrains, c'est, dans la grande ville américaine, le dernier mot de l'activité et du mouvement perpétuel. En nous-mêmes, nous comparons aux modes de traction américains les moyens de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

locomotion parisiens! D'aucuns prétendent que Paris a du mouvement. Que penseraient-ils de New-York? Il suffit, en effet, de rapprocher quelques chiffres pour se rendre compte de la circulation médiocre de Paris comparativement à celle de New-York. Et on en vient à se demander comment il se fait que nous en soyons restés encore à nos omnibus démodés qui abattent péniblement du 6 à 10 km à l'heure et pourquoi nous ne nous sommes pas inspirés déjà pour nos modes de locomotion aux sources même du progrès qui, il faut bien en convenir, coulent en Amérique. Nous ne saurions donner une idée plus exacte de l'extraordinaire mouvement des voyageurs et de l'importance des entreprises de traction qu'en citant quelques chiffres pris dans le rapport du Board of Railroad Commissioners de l'État de New-York pour 1903.

Interurban : Février 40 127 983. — Mars 46 217 524. — Avril 47 260 603. — Mai 49 267 987.

Brooklyn Rapid. — Février 22 160 457. — Mars 26 217 555. — Avril 26 541 652. — Mai 30 609 884.

Manhattan. — Février 19 969 943. — Mars 23 042 060. — Avril 22 974 934. — Mai 22 679 788.

Les réseaux de traction de New-York sont les suivants : Le Manhattan, avec un nombre moyen de voitures en service variant de 1100 à 1500, et un nombre d'employés de 1500 à 1600. — L'Interurban, avec 2 000 voitures et 6 000 employés. — L'Union, avec 210 voitures. — La Brooklyn Rapid Transit, avec 1 750 voitures et 9 500 employés. — La Coney Island et Brooklyn, avec 180 voitures et 600 employés. — La New-York and North Shore, avec 10 voitures. — La New-York and Queen's Country, avec 280 employés.

Veut-on savoir maintenant le nombre maximum de voyageurs transportés dans une seule journée par quelques-unes des ces Compagnies en 1903.

La Manhattan a atteint un maximum en avril avec 917 060 voyageurs ; L'Interurban le 9 mai avec 1 790 464 voyageurs ; la Brooklyn Rapid Transit le 30 mai avec 1 217 369 voyageurs ; la New-York City Railway, le 12 mars dernier, qui était le premier jour de la grève du chemin de fer souterrain, transporta 2 300 000 personnes, ce qui peut être considéré comme le record des tramways à New-York ; en temps normal, ces tramways transportent 1 000 000 de passagers payants, et 600 000 avec correspondance.

Et veut-on établir un point de comparaison avec notre Métro ? Le mouvement le plus élevé de notre mode de traction parisien a été enregistré le 14 juillet par 370 879 voyageurs.

La longueur totale des voies aux États-Unis était, au 30 juillet 1903, de 36 383 km. 97 % sont exploitées électriquement et 94,3 pour cent de ces dernières ont des prises de courant. Le nombre total des voitures est de 66 782, — le nombre des stations d'énergie motrice est de 805 contenant :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2 336	machines à vapeur	1 298 133 chevaux.
159	moteurs hydrauliques	49 153 chevaux.
15	moteurs à gaz	1 925 chevaux.
	Il y a 3 853 chaudières fournissant	93 205 chevaux.

Comme machines électriques, on compte dans les stations :

2 861	dynamos à courant continu	972 361 chevaux.
441	dynamos à courant alternatif	231 924 chevaux.
731	transformateurs	63 456 chevaux.
16 471	éléments d'accumulateurs	19 744 chevaux.
104	survolteurs	18 319 chevaux.
71	excitatrices	5 044 chevaux.
83	commutatrices	27 861 chevaux.

Les progrès des tramways à New-York et aux États-Unis.

Alors que près de 2 000 trains à unités multiples sont déjà en fonctionnement aux États-Unis, où on rend maintenant pleine justice aux avantages de ces trains et au développement que leur avait prédit, il y a près de dix années, l'inventeur F. Sprague; après les 900 équipements du Manhattan de New-York, qui est entièrement exploité par trains à unités multiples; en plus des 340 équipements de l'Interurban et des 150 équipements de Boston, Chicago et Brooklyn, plus de 50 équipements nouveaux ont été mis en fonctionnement à l'époque de l'Exposition de Saint-Louis pour le chemin de fer intra mural de cette ville.

Chaque équipement comporte 4 moteurs de 30 kw; les trains sont composés de 3 voitures motrices.

On voit que dans l'établissement de son matériel roulant, comme dans celui de ses usines, la ville de Saint-Louis n'a pas ménagé ses efforts en vue d'arriver à temps pour l'Exposition universelle.

Encore une observation à tirer du rapport du Bureau de tramways, et qu'il sera intéressant de rapprocher des conditions actuelles en France :

Aux États-Unis, où la population est cependant peu dense, le nombre des kilomètres de ligne par 100 000 habitants s'élève :

Pour les États	de New-England, à	117,5 km.
—	de l'Est, à	67,5
—	du Centre, à	61
—	du Sud, à	16
—	de l'Ouest, à	54,5

La valeur moyenne des capitaux affectés à la traction est, par tête, de :

Dans les États	de New-England	215 fr.
—	de l'Est	350
—	du Centre	176
—	du Sud	45
—	de l'Ouest	120

mais la moyenne atteint encore plus de 192 fr par tête pour l'ensemble des États-Unis.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Par 100 km de voie, le nombre moyen de voitures est de 160.

Enfin les tramways électriques représentent la majorité mais non la totalité des lignes de tramways qui se répartissent ainsi :

Lignes exploitées par traction électrique	1 110
— — — câble	241
— — — chevaux	326
— — — vapeur	400

Le nombre des voitures motrices est, pour l'électricité, d'environ 59000. Pour la traction par câble, de près de 1462. Le nombre de voitures pour la traction par chevaux est de 1303; et pour la traction par vapeur, de 226.

L'accroissement des installations électriques aux États-Unis se chiffre à plus de 7000 voitures nouvelles; les autres systèmes de traction sont au contraire en décadence :

La traction par câble a perdu près de 200 voitures;

La traction par chevaux a perdu près de 350 voitures;

La traction par vapeur bat tous les records de la décadence, le nombre des voitures étant passé de 3 102 à 226.

C'est peut-être ces deux chiffres qui donnent le mieux la mesure du progrès de l'électricité dans le champ d'application (les lignes interurbaines et les lignes desservant les faubourgs) jusque-là réservé à la vapeur.

A signaler aussi la répugnance très marquée et très intelligente du public américain, et par conséquent des Compagnies de tramways, qui, là-bas, interprètent mieux qu'ici les désirs de la population, à l'égard des remorques; alors qu'en France on peut à peine voir en circulation une voiture motrice qui ne soit malheureusement suivie d'une remorque, placée là comme pour l'alourdir, aux États-Unis on répudie les remorques presque entièrement, et on préfère faire un service à grande fréquence et à grande vitesse : c'est ainsi que, pour 58658 voitures motrices électriques, en service en 1902, il existait moins de 700 remorques dont une faible partie seulement en service.

New-York est la ville des États-Unis qui possède le maximum de voitures de types différents, sauf les voitures à câble qui furent employées en fort grand nombre il y a quelques années, mais qui ont entièrement disparu :

Le nombre de ses voitures motrices est de	14834
— remorques est de	1721

Le nombre des voitures à chevaux a atteint 1025, et est demeuré le même pour toute l'année 1902, ainsi que la longueur des lignes desservies, qui est de 110 kilomètres.

Enfin, de même que la traction par câble a été rapidement remplacée, la traction à vapeur l'a également été pour les services interurbains et les faubourgs.

Comme conclusion de cet aperçu rapide sur le développement considérable des modes de traction à New-York et aux États-Unis, nous donnons, au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

point de vue financier, un extrait du rapport de la *New-York State Railroad Commission*.

Ce rapport pour 1904 établit que le coût de la voie et de l'équipement jusqu'à cette année a été de $ 470668 920, soit une augmentation de $ 16 000 000 sur 1903.

Les bénéfices nets d'exploitation ont été de $ 567 122 en 1904 contre $ 20 715 127 en 1903. Les tramways comprennent encore un nombre de 4443 chevaux pour la traction, mais ce nombre a subi une diminution de plus de 600 depuis 1903.

Les chiffres les plus intéressants du rapport sont les suivants :

	1903.	1904.
Nombre de voyageurs transportés y compris les correspondances	1 267 563 057	1 341 766 931
Nombre de correspondances	305 548 230	312 860 257
Tonnes de marchandises transportées	514 460	633 674
Voitures miles pour les voyageurs	192 583 182	199 767 097
— — pour les marchandises et le courrier	724 950	1 097 498
Voitures miles pour les dépêches	214 698	219 790

Pendant l'année, 193 personnes furent tuées par les tramways et 878 blessés.

Les Postes, Télégraphes et Téléphones.

Nous ne sortirons pas du domaine électrique. A New-York plus qu'en aucune autre ville du monde, il est vaste et offre, à chaque détour, une curiosité ou un intérêt nouveau. Notre bonne fortune nous mit en présence, au cours d'une de nos promenades à travers New-York, de M. de Nerville, membre du Congrès de l'Électricité à l'Exposition de Saint-Louis. Nous ne perdîmes pas une si bonne occasion de parler avec lui des choses du télégraphe et nous nous plaisons à reproduire ici une partie de notre conversation, attachant une grande importance à l'opinion de ce savant ingénieur, collaborateur assidu des progrès de l'Administration des Postes et Télégraphes.

D'après M. de Nerville, on a l'impression très nette, en arrivant en Amérique, que le télégraphe est exploité, non par l'État, mais par des Compagnies concurrentes, qui rivalisent toutes pour offrir les facilités les plus grandes au public pour l'envoi et la réception de ses télégammes ; c'est ainsi que, presque à chaque pas, on trouve un établissement d'où on peut expédier des télégrammes. Mais laissons la parole à M. de Nerville :

« Ce résultat ne peut être obtenu que par la concurrence que se créent mutuellement d'importantes Compagnies.

« Si on entre dans l'un des bureaux de ces Compagnies, on est frappé de l'habileté que possèdent les employés. Ils arrivent à des résultats extrêmement remarquables. En effet, ils parviennent généralement à envoyer

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

40 dépêches à l'heure par appareil ; en duplexant et en quadruplexant les lignes on arrive donc à envoyer environ 150 télégrammes à l'heure.

« En France, avec les télégraphes Baudot et Hughes montés en quadruplexe, on n'arrive guère à des résultats supérieurs si l'on veut considérer le rendement moyen d'un bon appareil en service.

« Toutes les réceptions de télégrammes se font en sounder. Ce procédé rustique paraît bien imparfait, étant donné que l'on ne peut contrôler la transcription faite par un employé ; mais les erreurs sont extrêmement rares, car les Américains sont très exigeants de leur personnel, et, en cas d'erreur, ils remplacent immédiatement l'employé. Or, comme celui-ci est fort bien payé, il est très attentif dans la crainte de perdre sa situation.

« En France, avec nos télégraphes imprimant, nous n'obtenons pas des vitesses moyennes sensiblement supérieures, et, par contre, il faut, pour la manipulation de ces appareils, des employés tout à fait spécialistes, que l'on a beaucoup de peine à recruter. Au contraire, le télégraphiste américain se rencontre partout : les enfants, les domestiques, les employés, tout le monde sait envoyer un télégramme en Morse et lire les télégrammes qui, la plupart du temps, sont communiqués à l'intéressé sous forme de signaux Morse tels qu'ils ont été reçus.

« Pour augmenter la rapidité d'émission, on commence même à faire usage de machines ressemblant beaucoup aux machines à écrire, et qui, par le fonctionnement d'une seule touche, envoie la série d'émissions correspondant aux divers signaux constitutifs d'une lettre.

« En somme, la rapidité de transmission est limitée seulement par l'habileté de l'opérateur à percevoir la nature des signaux qui lui sont transmis, et non par la difficulté provenant de la rapide émission de ces signaux.

« C'est pour toutes ces raisons que les télégraphes imprimant n'ont jamais pu s'implanter aux États-Unis, tandis qu'en Europe ils ont au contraire reçu des applications universelles. »

Nous avons pris des renseignements supplémentaires sur le fonctionnement du télégraphe et du téléphone à New-York, laissant à nos lecteurs le soin de faire des comparaisons et d'en tirer les conclusions utiles.

Le réseau télégraphique des États-Unis appartient presque entièrement à la Compagnie dite *Western Union Telegraph C°* dont le quartier général est à New-York. En 1902, les États-Unis avaient un service télégraphique représentant 1 318 350 miles de fils télégraphiques et le nombre des télégrammes s'élevait à 91 655 827.

Les bureaux, succursales (Branch-Offices) sont ouverts jour et nuit ; il y a environ 200 succursales disséminées dans toute la ville, en particulier dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tous les grands hôtels, au Grand Central Dépôt, dans Broadway, dans les 5e et 6e avenues.

Environ 40 de ces bureaux reçoivent les télégrammes pour le câble transatlantique (le tarif pour les télégrammes de la petite poste à New-York et Brooklyn est de 20 cents les 10 mots, chaque mot en plus 1 c, pour les autres parties des États-Unis il s'élève de 25 cents à 1 dollar les 10 mots, l'adresse et la signature sont gratuites). Il existe encore une autre Compagnie importante, la *Postal Telegraph-Cable C°*, qui a plusieurs succursales et qui transmet principalement les télégrammes pour le continent.

Voici le tarif des télégrammes par câble transatlantique :

Angleterre, France et Allemagne, 25 cents le mot. — Belgique et Suisse, 30 cents le mot. — Pays-Bas et Italie, 32 cents le mot. — Danemark et Norvège, 35 cents le mot. — Autriche-Hongrie, 34 cents le mot. — Suède, 39 cents le mot. — Et Russie, 43 cents le mot.

En 1902, les États-Unis avaient un réseau téléphonique de 4850486 miles avec 2 178 366 abonnés.

Le réseau de téléphonie est principalement entre les mains de la *New-York Telephone C°*, dont le siège social est à Broadway, et qui a de nombreux bureaux de téléphones dans la ville d'où l'on peut téléphoner aux abonnés du *Telephon Exchange* (10 cents par 5 minutes).

La plupart de ces bureaux se trouvent dans les hôtels, les pharmacies (Drug-Stores), les succursales du télégraphe, les gares des bateaux-baes.

Le réseau de téléphonie à longue distance (*Long Distance Telephon*) s'étend jusqu'à Chicago, Albany, Boston, Philadelphie, Washington et San-Francisco.

La vie à New-York.

Revenons donc à la vie intime de New-York que nous avons vécue pendant quelques jours, parcourant la ville en tous sens, avec le désir de nous imprégner des habitudes et des coutumes du peuple américain. Sans vouloir entreprendre une étude économique et sociale de la vie du travailleur aux États-Unis, ce qui pourrait nous entraîner fort loin, nous terminerons ce chapitre consacré aux grandes industries de notre profession par un aperçu sur les conditions de la vie du prolétaire. A New-York, par exemple, la nourriture n'est pas d'un prix exagéré; l'ouvrier trouve le pain à 2 sous et la viande à 7 et 9 sous la livre.

Les questions de prix sont d'ailleurs complexes. Les aliments, les vêtements et tous les objets de consommation courante, surtout dans la classe ouvrière, sont en général d'un prix moins élevé que dans les villes européennes. En revanche, le logement est plus cher. Nous avons interrogé un monteur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

électricien à ce sujet, et il nous répondit qu'il ne changerait pas le logement qu'il occupait contre le loyer moins onéreux d'un appartement parisien ; car au moins jouit-il d'un confortable que l'ouvrier parisien ne soupçonne pas. — Il est, en effet, habitué à une vie plus large et répugnerait aux sordides habitations de nos faubourgs. Il ne se plaint donc pas de cette augmentation de loyer qui a son équivalent en confortable et en bien-être. La classe ouvrière, en effet, ne diffère pas des autres classes : elle vit de son revenu qui lui suffit. — Le haut salaire qui lui est appliqué dépend de la somme de richesses existant antérieurement ou produites chaque jour par le travail, et de la quantité moyenne de richesse produite individuellement par chaque travailleur.

Il est juste de reconnaître à l'ouvrier électricien américain une supériorité marquée sur l'ouvrier européen. Supériorité qui modifie non seulement les conditions du travail, mais les rapports du patron à l'ouvrier. Il convient de dire que cette supériorité serait facilement atteinte, sinon dépassée par l'ouvrier européen si on lui en donnait le moyen. — L'ouvrier américain se passionne pour le progrès de la machine, il lui est permis d'essayer, lui-même, de l'améliorer ; c'est le collaborateur le plus sûr du patron. Sa responsabilité et sa dignité s'en augmentent. — Lorsque l'un d'eux soumet à un patron une idée de modification à apporter à telle ou telle machine, ce dernier n'a pas le dédaigneux sourire, qui, le plus souvent, en Europe, récompenserait une semblable initiative ; il se tient d'ailleurs en relation constante avec ses employés, les connaît, sait leur effort, leur travail, leur « valeur », comme on dit là-bas. Car du haut en bas de l'échelle sociale américaine, un homme « vaut » ou « ne vaut pas ». De son côté, l'ouvrier, en général, conserve un anonymat qui le met à l'abri des jalousies et des injustices des contremaîtres. Ces derniers ne le connaissent que par le numéro qui lui est attribué à son entrée dans l'atelier ou dans l'usine, et c'est sous la signature de ce numéro que l'ouvrier dépose dans des boîtes *ad hoc* les réclamations ou les idées qu'a fait naître en lui son commerce intime avec la machine. Et cette idée, si elle est pratique, si elle est exploitable dans un sens favorable à l'industrie, est largement rémunérée ou achetée, ou encore son promoteur est associé aux bénéfices qui doivent résulter de sa mise en exploitation. C'est en grande partie ce qui explique le progrès fantastique de la machinerie américaine, par où se révèle plus particulièrement le génie inventif de la race. Il faut avoir vu ces appareils d'une puissance terrible, monstres de fer et d'acier, qui forçaient l'admiration, tels que nous avons pu en étudier au palais des Machines, au palais des Transports, à Saint-Louis, ou dans les usines à Pittsburg ou à New-York même.

L'esprit de l'ouvrier, en dehors de l'ingénieur professionnel, est constamment tendu vers la recherche d'une amélioration dont il sera le premier à profiter pécuniairement. Les progrès accomplis permettent les salaires dont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nous avons parlé déjà, et des prix sur les marchés commerciaux défiant toute concurrence.

C'est le triomphe de la machine qui produit beaucoup et habitue l'ouvrier à travailler vite : l'ensemble de l'éducation démocratique et individualiste que reçoit ici l'ouvrier lui donne une énergie qui est un des caractères les plus saillants du travailleur américain. Il a le génie du travail, son rêve s'agrandit d'heure en heure, et cette tendance remarquable dans toutes les entreprises, propres aux États-Unis, produit une concentration industrielle qui s'affirme chaque jour davantage. — La loi économique du moindre effort incite le manufacturier à produire à bon marché, donc à produire beaucoup, en augmentant la puissance de l'outillage, en réduisant proportionnellement les frais généraux et la main-d'œuvre. La situation de l'ouvrier s'en ressent évidemment. Mais il ne faudrait pas conclure que l'Amérique est l'Éden du travailleur. Il y a le revers de la médaille que l'économiste compétent sait rapidement trouver. — Il ne nous appartient pas à nous, qui n'avons fait que jeter sur les choses et les gens un regard rapide, d'approfondir une question aussi grave d'intérêt universel.

En un mot, la prospérité de l'industrie américaine dépend de causes complexes qui sont étroitement liées les unes aux autres. D'une part, l'intelligence technique et commerciale qui invente, coordonne, dirige, et se résume dans la personne de l'entrepreneur, le capital qui fournit le matériel et paye le travail. L'outillage qui a si magnifiquement accru la puissance de l'homme sur la machine, le travail de création qui met en action l'outillage et en œuvre la matière, et qui accomplit tous les détails de la production : la tête, le bras, l'instrument nécessaire pour assurer le succès.

On a beaucoup parlé, ces dernières années, du péril américain. L'importance colossale prise par les États-Unis dans le monde commercial l'explique surabondamment. A ce sujet, nous découpons dans un journal anglais ces quelques lignes qui cachent sous leur enveloppe humoristique une grande part de vérité :

« Tout américain. L'Anglais sort de son lit pliant fabriqué dans la Nouvelle-Angleterre. Il se rase avec un rasoir de sûreté américain, avec du savon Williams N. Y. Il enfile des chaussettes de la Caroline du Nord, des bottines de Philadelphie; ses bretelles viennent du Connecticut, il glisse dans son gousset sa montre de Waterbury. Il déjeune et s'aperçoit que sa femme porte un corset de l'Illinois et une blouse de soie du Massachusetts. Son pain est fait de farine de blé de l'Orégon. Les huîtres et le saumon conservés viennent de la côte californienne; il mange une tranche de bacon de Kansas City, de la langue de bœuf de Chicago. Les enfants absorbent leur farine d'avoine « Puritan ». Il lit son

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

journal composé et imprimé avec les machines linotypes et rotatives américaines, sur du papier américain. Il sort et prend le tram-car Thomson-Houston. Dans la maison de la cité où est son bureau, il entre dans l'ascenseur Otis. Il ouvre son bureau américain, il fume une cigarette de Virginie ou une pipe de tabac de Richemond. Le soir, nous retrouvons notre Anglais à la plus récente comédie de Manhattan ou au cirque Barnum où il termine la journée par l'absorption de deux pilules antibiliaires de Sommer ».

Songez-donc que les États-Unis occupent un territoire vaste comme l'Europe entière, qu'ils comptent 85 millions d'habitants, qu'ils sont en contact avec les deux grands océans, qu'ils possèdent toutes les richesses végétales et minières, toutes les richesses animales, ayant tous les climats, toutes les matières premières, et que leur esprit avide de nouveau leur suggère toutes les inventions, crée les machines les plus étonnantes et les plus pratiques.

Certes, ce sont des éléments inquiétants et le Nouveau-Monde tend indubitablement à l'absorption de la politique économique et sociale de l'Univers, à l'américanisation du monde entier. Déjà des publicistes américains écrivent que l'avènement des États-Unis d'Amérique, comme première puissance mondiale, est le plus grand phénomène politique, social et commercial de notre époque. Mais n'oublions pas que nous sommes au pays du bluff par excellence et que le spectacle qu'il nous a été donné de voir, cette Exposition éclose dans les conditions que nous avons dit, en est comme une consécration officielle.

Il pourrait même se faire que le grand mouvement industriel américain soit arrivé à son apogée et qu'il s'arrêtât à bout de souffle. Nous avons fait au cours de nos explorations quelques constatations d'un caractère alarmant : A Chicago, la Compagnie Pullman, qui n'occupe pas moins de 16000 ouvriers, fermait ses usines momentanément faute de commandes suffisantes et d'autres usines encore étaient dans les mêmes conditions. Ne serait-ce pas là un indice de la loi naturelle qui veut qu'il y ait des limites à l'effort et au succès, et qu'il y ait un degré que le génie humain ne peut dépasser.

Il n'en est pas moins vrai que le péril américain existerait si nous nous laissions aller à des indolences coupables et si, en présence des dangers qui roulent comme des nuages de l'autre côté de l'Atlantique, l'énergie nationale, nous allions dire l'énergie européenne, ne faisait pas le noble effort d'une réaction nécessaire.

. . . . . .

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les jours ont passé et l'heure du retour a sonné...

Nous quittons New-York par un radieux jour d'automne... Comme des reliques précieuses, nous emportons les souvenirs dont notre âme s'est grandie.

La mer, que tourmentent l'équinoxe et les dépressions, est houleuse et nous donne une traversée mouvementée qui se résout en tempête en vue du Havre. Nous aurons eu toutes les émotions.

Impossible d'aborder.... Mais nous sommes dans les eaux françaises et, au moins, aurons-nous des nouvelles de la terre : un bateau s'approche de nous : « des journaux ! » On va avoir des journaux de France ! C'est le cri à bord. Journaux de Paris, journaux de province, peu importe, ce sont des nouvelles de France que nous voulons !... Nous tendons des mains impatientes et... on nous donne, ne vous en doutiez-vous pas ? le *New-York Herald !*

Décidément, ce n'est pas si facile qu'on se l'imagine de quitter l'Amérique, et, avec le sourire du voyageur qui en a vu bien d'autres, nous nous attardons à constater que le premier journal qu'il nous ait été donné de lire en France, — que disons-nous le premier ?... le seul — est un journal américain.

Reprenant aussitôt, en humant l'air natal, notre accoutumance boulevardière, nous avons trouvé cela « très parisien ».

Au commencement d'octobre, nous étions de retour à Paris.

Nous nous sommes complu, en collaborant par la suite à ce rapport, à revivre les émotions, les joies et même les ennuis professionnels de notre voyage. Ça a été une façon de prolonger notre plaisir : nous souhaitons vivement qu'on ne nous le reproche pas.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ORIGINE ET ORGANISATION

DE L'EXPOSITION DE SAINT-LOUIS

Admission des Exposants. — Comités d'admission.
Description de l'Exposition. — Les Jurys. — Leur composition.
Récompenses obtenues.

Au mois d'avril 1904, s'ouvrit à Saint-Louis (États-Unis), pour une période de huit mois, une Exposition internationale des Arts, de l'Industrie, des Manufactures et des Produits chimiques du sol, des Mines, Forêts et Mers.

Cette Exposition commémorait un grand événement de l'histoire des peuples : la cession par la France de cette Louisiane merveilleuse, rivale de notre Côte d'Azur.

Elle avait aussi pour but de présenter le plus grand perfectionnement dans les lettres, les sciences, les arts et les industries et d'envelopper leur développement d'un coup d'œil rétrospectif.

La France, en raison des souvenirs laissés dans cette terre autrefois sienne, en raison des sympathies qu'elle avait tout intérêt à maintenir, devait tenir à honneur de participer à cette solennelle manifestation.

C'était également pour elle encore l'occasion de montrer la supériorité de l'industrie française, tant vis-à-vis de l'Amérique que des autres nations.

L'Industrie électrique en particulier, par les progrès considérables qu'elle a faits dans tous les pays dans ces dernières années, devait occuper à Saint-Louis une place prépondérante et remarquable.

Un Palais situé dans l'avenue centrale, et qui constituait l'un des éléments principaux de l'ensemble de l'Exposition, réunissait, en un groupement varié, toutes les découvertes, inventions, et applications faites dans la science de l'Électricité. Un tel ensemble présentait une démonstration imposante de l'activité de notre pays dans cette branche de l'industrie.

Les Électriciens avaient bien compris la portée de l'Exposition, et ils avaient su donner à leur participation une importance digne de la large hospitalité qui leur était offerte.

C'est, du reste, en assez grand nombre qu'ils répondirent à l'appel que leur avait adressé le Comité d'admission du Département de l'Électricité.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce Comité, constitué officiellement au mois de mars 1903, réunissait les ingénieurs et constructeurs français désignés ci-après :

MM. Barbou, Javaux, Sciama, Holzschuch, Street, Clerc, Guinier, Darras, Meyer-May, Arnoux, Dennery, Mildé, Portevin, Roux, E. Sartiaux, Weyl, Mascart, Robard.

Le bureau, pris dans son sein, était composé comme suit :

MM. Sartiaux, *Président ;*
Javaux, *Vice-Président ;*
Mildé, —
Dennery, *Secrétaire ;*
J. Holzschuch, *Secrétaire.*

Sur le conseil du Président, une circulaire avait été adressée à tous les Électriciens français dans le but d'obtenir leur participation à l'Exposition. Des renseignements, aussi complets que possible, leur étaient donnés sur les frais incombant aux exposants, et le Président signalait les multiples avantages dont bénéficierait l'Industrie électrique française à être largement représentée dans cette Exposition. De nombreux ingénieurs et constructeurs promettaient aussitôt leur concours, mais devant le silence ou l'indécision de beaucoup d'autres, une seconde circulaire fut jugée utile.

A la suite d'un examen plus approfondi des frais généraux à supporter par les exposants, le Comité pouvait les informer d'une diminution certaine et sensible dans les dépenses primitivement évaluées.

Cette assurance contribuait à ramener au Groupe bien des hésitants.

D'autre part, le Président reprenait sa campagne de recrutement et, après de nombreuses démarches, après plusieurs mois d'efforts constants, il comptait l'adhésion ferme de 75 exposants. C'était un succès, car à Chicago, malgré toute la bonne volonté des organisateurs, il n'y eut que 43 exposants dans les Groupes de l'Électricité. Dans le nombre précité de 75 exposants n'étaient pas compris les Membres du Comité d'admission; ils devaient participer effectivement à l'Exposition suivant une obligation du Comité central.

C'est alors que sous la présidence de M. E. Sartiaux, le Comité se réunissait une première fois le 6 mai 1903. M. le Président rendait compte de son mandat, communiquait les résultats qu'il avait obtenus, et proposait de convoquer les futurs exposants pour entendre leurs desiderata et discuter avec eux les questions qui les visaient plus particulièrement.

Le Comité, appréciant l'intérêt d'une semblable entente, sollicitait à nouveau le concours de son Président pour poursuivre ces négociations.

A l'unanimité, il témoignait à M. E. Sartiaux toute sa reconnaissance pour la collaboration dévouée qu'il lui avait si largement prêtée et rendait hommage à l'activité et au dévouement de son sympathique Président.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. le Président soumettait ensuite au Comité :

1° Une demande de M. Letheule, ingénieur-électricien, qui s'offrait pour représenter le Groupe français à Saint-Louis;

2° Des propositions émanant d'industriels pour les installations à réaliser en vitrines ou autres. Après avoir pris acte de ces communications, le Comité se réservait de les examiner en temps utile.

Pour répondre aux instances du Commissariat général, le Comité avait fixé tout d'abord approximativement à 800 m² la superficie probable qu'occuperait la Section française du Département de l'Électricité; mais, après examen des demandes d'admission, et aussi sur la demande pressante de M. le Président Dupont, un espace de 2 000 m² fut réservé à l'Exposition Électrique française. On s'aperçut, par la suite, que cet espace avait été un peu trop largement réservé.

Installation des Expositions. — Comités d'installation. — Budget des groupes. Décoration.

Par lettre du 7 juillet, M. E. Sartiaux était informé que le Comité d'admission venait d'être converti en Comité d'installation. La composition de ce Comité et celle de son Bureau n'était pas non plus modifiée.

Le Comité se mettait aussitôt à l'œuvre et s'occupait tour à tour d'examiner les demandes d'admission obtenues par le Président, de répartir les emplacements entre les exposants, etc. Il reprenait ensuite la proposition faite antérieurement au Président par un ingénieur qui sollicitait la mission de représenter le Groupe à l'Exposition; préparait de nouvelles circulaires dans le but de mettre les exposants bien au courant de toutes les questions de nature à les intéresser et, enfin, établissait le budget des recettes et des dépenses.

Suivre le Comité dans la marche de tous ses travaux nous entraînerait à donner des détails un peu longs; nous nous contenterons donc de faire un résumé succinct des questions essentielles qu'il dût résoudre et des difficultés qu'il mena à bonne fin.

Il eut, en premier lieu, à s'occuper de la question des transports.

Diverses Compagnies de chemins de fer et de navigation avaient adressé au Président leurs prix et conditions de transport du matériel destiné à l'Exposition.

Le Comité communiqua ces propositions aux exposants, et comme les prix et conditions de transport variaient, pour chacune d'elles, il laissa à chaque intéressé le soin de choisir la Compagnie qui répondrait le mieux à ses desiderata. Toutefois, le Comité engageait les exposants à constituer entre eux des wagons complets de matériel afin de diminuer les frais de transport.

Quant à l'assurance contre les risques de feu, déraillement et collision sur les chemins de fer, les risques habituels de mer, les vols, etc., les exposants devaient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'entendre directement avec les Compagnies de transport qui les garantissaient contre les uns et les autres, moyennant une rétribution peu élevée (0fr,25 à 0fr,35 par 100 francs de valeur déclarée).

Toutes les indications utiles relatives à l'expédition des marchandises étaient de plus données par une circulaire spéciale du Comité central et que le Président du Comité d'installation avait transmise aussitôt à chaque exposant.

Dans cette circulaire étaient détaillées les formalités à remplir pour les caisses d'emballage (inscriptions qu'elles devaient porter tant à l'intérieur qu'à l'extérieur ; étiquettes à apposer sur des côtés différents, et suivant les prescriptions de l'Administration américaine et de la Section française), la nécessité de posséder le certificat d'admission qui, seul, permettait d'obtenir des Compagnies de chemins de fer les réductions de tarifs qu'elles avaient consenties et les pièces à établir pour bénéficier de la franchise à l'entrée du matériel aux États-Unis.

Elle visait également la réception des colis à l'arrivée à Saint-Louis, le magasinage des caisses, etc....

Au fur et à mesure que les demandes d'admission étaient venues au Président du Comité d'installation, il les avait transmises au Comité central qui, en échange, lui en adressait aussitôt un duplicata.

Ces renseignements permirent d'établir, sur un plan de la Section française, la répartition des diverses expositions, suivant leur importance et leur intérêt. Chaque exposant était alors invité, sur convocation spéciale, à s'entendre avec le Président du Comité d'installation pour choisir et arrêter définitivement la place qu'il désirait occuper. Dès que la surface concédée était acceptée et confirmée par lettre, un avis rappelait aux exposants qu'ils avaient à payer au Trésorier du Comité une redevance pour le terrain occupé.

C'est seulement après cette formalité remplie qu'ils étaient définitivement considérés comme exposants et recevaient le certificat délivré par le Comité central, pièce indispensable pour l'expédition de leur matériel.

Ingénieur du Groupe. — Dans une de ses séances, le Comité avait eu à examiner la candidature de M. Letheule, ingénieur-électricien, possédant parfaitement la langue anglaise, ayant déjà résidé aux États-Unis et qui demandait à représenter le Département de l'Électricité à l'Exposition. A ce titre, il devait se charger de réaliser, pour le compte du Comité et pour celui des exposants, toutes les installations ou opérations utiles, suivant un programme à déterminer. Cette organisation ainsi proposée réunissait des avantages très appréciables ; elle diminuait les dépenses des exposants, leur évitant les frais souvent élevés d'une représentation particulière et les déplacements onéreux qui devaient en résulter.

Ce fut donc à l'unanimité que le Comité donna ses pleins pouvoirs au Président pour mener à bonne fin cette négociation.

Se basant sur la somme prévue par le Comité pour couvrir cette dépense, M. le Président fixait le traitement à allouer à M. Letheule. La mission qui lui était

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

confiée commençait au mois de janvier pour se terminer après la clôture de l'Exposition et dès que tout le matériel aurait été emballé et réexpédié aux exposants.

A l'indemnité fixée ci-dessus venaient s'ajouter les frais de voyage tant à l'aller qu'au retour. M. Letheule acceptant toutes les conditions, fut nommé ingénieur de la Section française du Département de l'Électricité.

Cette décision avait été aussitôt transmise au Comité central, qui laissait d'ailleurs toute initiative et toute responsabilité au Département, dans le choix de son représentant.

Budget. — Le Comité, après avoir examiné le projet de budget que lui présentait le Président, discuté sur les renseignements fournis à l'appui, en acceptait unanimement les chapitres. Les dépenses prévues se divisaient comme suit :

1° Traitement de l'ingénieur du Groupe ;

2° Redevance à verser au Comité central pour chaque mètre carré de surface brute occupée (suivant promesse du Comité central, le paiement ne pouvait être exigé avant que le Trésorier ait encaissé des exposants une somme au moins égale) ;

3° Construction d'un bureau pour l'ingénieur, décoration de l'entrée de l'Exposition de la Section française ;

4° Gardiennage et habillement des gardiens ;

5° Gardiennage des caisses, frais d'installation ;

6° Correspondance, gratifications, imprévus, etc.....

Il n'y avait pas lieu de prévoir une dépense pour la décoration générale, les cartouches, les trophées et les drapeaux : le Comité central s'en chargeait.

Quant aux recettes, faciles à établir, elles étaient représentées par le terrain concédé, à raison de 100 francs le mètre carré, prix fixé par le Comité d'admission, dans sa séance du 6 mai 1903.

Description de l'Exposition. — Palais de l'électricité. — Disposition intérieure, aménagement de la Section française.

La surface qu'occupait la Section française de l'Électricité à l'Exposition de Saint-Louis était de 2000 mètres carrés. Dans cet espace se trouvaient répartis les 5 Groupes constitutifs du Département F.

Établi sur le grand bassin et dans le milieu le plus actif de l'Exposition, le Palais de l'Électricité qui était le plus important, couvrait une surface de 35000 mètres carrés. La façade Est de ce bâtiment était du côté de la grande lagune, tandis que la façade Sud donnait sur le grand bassin et commandait la vue des fontaines électriques du péristyle du Hall des Fêtes et du Palais des Arts. A l'ouest et au nord, le Palais avait vue sur les lagunes; il était, par conséquent, entouré d'eau de tous côtés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les architectes de cette construction, MM. Walker et Kimball, de Boston et d'Ohama, qui avaient été les architectes en chef de l'Exposition d'Ohama, avaient donné au plan les lignes hardies et les colonnes de l'ordre corinthien.

C'est dans ce Palais que se trouvait installée la Section française de l'Électricité ; la place d'honneur, qu'elle y occupait, l'obligeait à un effort que d'autres nations, moins bien partagées, avaient d'ailleurs compris la nécessité de faire.

Douze portes donnaient accès dans la Section et deux d'entre elles — les principales — avaient été décorées avec un goût parfait, suivant les plans établis par l'architecte du Groupe, M. Guillaume.

Au centre de la Section avait été réservé un espace de 350 mètres carrés pour constituer un salon, au milieu duquel était un pouf invitant au repos.

Autour se trouvait l'Exposition rétrospective et moderne d'Électricité du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes dont les vitrines avaient été disposées suivant un plan circulaire.

Une frise décorative où étaient inscrits, séparés par des couronnes de lauriers, les noms des savants physiques ou électriciens du XVIII^e^ siècle jusqu'à nos jours, encadrait ce salon.

En résumé, dans la limite des ressources du budget, on put donner à la Section un aspect aussi satisfaisant que possible. Nous devons ajouter que la tâche fut assez difficile, car l'endroit réservé à l'Exposition française avait été trop largement prévu, il eût fallu, pour la décorer, faire des frais que le budget était hors d'état de supporter.

Le Comité d'installation avait cherché à grouper, autant qu'il était possible de le faire, les produits similaires de façon à donner à l'Exposition française de l'Électricité un sens d'unité et d'homogénéité qui mit en relief les efforts des électriciens français : il tenait à présenter à l'Exposition de Saint-Louis des appareils et des produits dignes de l'industrie électrique française.

C'est ainsi que les bronzes d'art, les appareils générateurs de courant, l'électrochimie et ses applications, l'éclairage électrique, la télégraphie et la téléphonie, les appareils de mesure, les divers modes de transmission de l'énergie électrique à distance, sans conducteurs, formaient autant de Sections dans l'Exposition générale.

Le même principe avait été adopté dans l'organisation des expositions murales, où, sous forme de graphiques, de schémas, de courbes, de données d'ensemble et de détail, le fonctionnement et les avantages spéciaux des machines étaient traduits.

De larges et nombreux chemins avaient été prévus et l'on pouvait, grâce à une heureuse disposition, tourner autour de chacun des stands.

De cette façon il était possible d'examiner, en détail, tous les appareils qui y étaient exposés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'ensemble de la Section était recouverte d'un solide plancher, sur lequel on avait établi des plate-formes particulières, surélevées de $0^{m},15$ environ, et où étaient installées les différentes expositions.

La caractéristique de l'arrangement général de la Section était, en dehors du groupement des appareils, dont nous parlons ci-dessus, la netteté dans la répartition des espaces accordés aux exposants; il était, en effet, possible de découvrir, presque du premier coup d'œil, l'exposition qu'on avait l'intention d'examiner. En résumé, si l'espace trop largement prévu avait causé aux organisateurs de sérieuses difficultés pour la décoration générale, il présenta l'incontestable avantage de permettre à chaque exposant de présenter aux nombreux visiteurs de l'Exposition les inventions et applications de l'Industrie électrique française : celles-ci firent souvent sur l'esprit des Américains une impression profonde que leur vanité nationale se refusa de traduire par des récompenses adéquates à leur admiration. Le détail des « opérations » du Jury, que nous donnons ci-après, va d'ailleurs le prouver.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MEMBRES DU JURY INTERNATIONAL DES RÉCOMPENSES

des Groupes de l'Électricité à l'Exposition Universelle de Saint-Louis, 1904.

GROUPE 67. — Machines génératrices.

W. V. H. Powelson, Président.
6. J. Holzschuch, Vice-Président.
26. H. H. Norris, Secrétaire.
5. E. Soleri.
34. C. W. Wason.
P. O. Keilholtz.
H. Floy.
31. E. P. Roberts.
F. G. Baum.
36. J. P. Jackson.
32. O. T. Crosby.
37. G. F. Sever.
11. H. Shibusawa.
H. H. Gerry.
R. B. Owens.
J. W. Esterline.

GROUPE 68. — Électro-Chimie.

21. Carl Hering, Président.
25. Chas. F. Burgess, Secrétaire.
38. Samuel Sholdon.
12. Sosnowski.

GROUPE 69. — Lumière.

Harold B. Smith, Président.
7. Guido Grassi, Vice-Président.
18. D. W. Swenson, Secrétaire.
23. Geo. D. Shepardson.
24. Warren Edward Weinsheimer.
35. C. A. Adams.
10. Alfred Dennery (Suppléant).
22. F. P. Anderson.
33. E. L. Nichols.

GROUPE 70. — Télégraphie et Téléphonie.

20. W. J. Hammer, Président.
4. Gaston Roux, Vice-Président.
16. A. S. Langsdorf, Secrétaire.
3. A. I. da Costa Couto.
17. F. B. Herzog.
30. J. C. Kelsey.
A. E. Kennelly.

GROUPE 71. — Applications variées de l'Électricité.

19. E. B. Rosa, Président.
2. C. V. Drysdale, Vice-Président.
13. M. C. Buckey, Secrétaire.
14. F. A. Wolff.
27. Frederick Bedell.
15. Dr Wm. J. Morton.
1. André Silva.
28. K. E. Guthe.
29. Samuel Reber.
8. Goldsborough.
9. Dr Kahler.

(Les chiffres correspondent au numérotage porté sur la photographie ci-contre).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les membres du Jury des récompenses (Groupe de l'Électricité).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MEMBRES DU JURY INTERNATIONAL DE DÉPARTEMENT

Président : W. L. Powelson, Président du groupe 67.

Vice-présidents : Guido Grassi, Vice-président du groupe 69.

Jacques Holzschuch, Vice-président du groupe 67.

Membres : W.-E. Goldsborough, Chef de département.

J.-E. Smith, Président du Comité.

H.-F. Soughborough, Déléguée des Ladies Manager.

Carl Hering, Président du groupe 68.

Dr Kahler, Vice-président du groupe 68.

Harold B. Smith, Président du groupe 69.

W.-J. Hammer, Président du groupe 70.

Gaston Roux, Vice-président du groupe 70.

E.-B. Rosa, Président du groupe 71.

C.-V. Drysdale, Vice-président du groupe 71.

DÉPARTEMENT F

ÉLECTRICITÉ

GROUPE 67

PRODUCTION ET UTILISATION MÉCANIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

Grands Prix.

Société Alsacienne de Constructions Mécaniques, à Belfort (Territoire de Belfort).

Société d'Éclairage Électrique, 27, rue de Rome, Paris.

Société « Le Carbone », 12, rue de Lorraine, Levallois-Perret (Seine).

Médailles d'Or.

Compagnie de Tréfileries du Havre (Anciens Établissements Lazare-Weiller) 29, rue de Londres, Paris.

Compagnie Française des Cables Télégraphiques, 38, avenue de l'Opéra, Paris.

François (L.), Grellou (A.) et Cie, 43, rue des Entrepreneurs, Paris.

Geoffroy et Delore, 28, rue des Chasses, Clichy (Seine).

Grammont (Alexandre), à Pont-de-Chéruy (Isère).

Hillairet et Huguet, 22, rue Vieq-d'Azyr, Paris.

Holzschuch (Jacques) et Bonnemaison (Paul), 30, avenue d'Antin, Paris.

Poilly de Brigode (De), à Folembray (Aisne).

Société Française des Cables Électriques (Système Berthoud, Borel et Cie), à Lyon (Rhône).

Société Gramme, 20, rue d'Hautpoul, Paris.

Médailles d'Argent.

Société Anonyme des Anciens Établissements Parvillée Frères et Cie, 29, rue Gauthey, Paris.

Société pour l'Exploitation des Brevets Dolter, 50, rue Saint-Ferdinand, Paris.

Médaille de Bronze.

Fontaine-Souverain (Denis), 9, rue des Roses, Dijon.

GROUPE 68

ÉLECTROCHIMIE

Médailles d'Or.

Bardon, Clichy.

Bellios et Reisl, 30, rue des Bons-Enfants, Paris.

Fredet (Henri), à Brignoud (Commune de Froges) (Isère).

Leclanché et Cie, 158, rue Cardinet, Paris.

Société Française des Électrodes, à Vénissieux, près Lyon (Rhône).

Médaille de Bronze.

Delafon (Philippe), 128, rue de la Convention, Paris.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

GROUPE 69

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

Grand Prix.

Compagnie Générale d'Électricité, 5, rue Boudreau, Paris.

Médailles d'Or.

Berne Fils (J.-A.), 68, rue de Lagny, Montreuil (Seine).

Compagnie Française de Charbons pour l'Électricité, 53, rue de Châteaudun, Paris.

Vigreux et Brillié, 30, boulevard de Villiers, Levallois-Perret (Seine).

Société Française d'Appareillage Électrique.

Weissmann (Gustave), 37, rue Taitbout.

Médailles d'Argent.

Bardon (L.), 61, boulevard National, Clichy (Seine).

Clerc (Louis), 8, rue du Faubourg-Montmartre, Paris.

Médaille de Bronze.

Bellios (Eug.) et Reisl (J.), 30, rue des Bons-Enfants, Paris.

GROUPE 70

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE

Grands Prix.

Administration des Postes, des Télégraphes et des Téléphones, 103, rue de Grenelle, Paris.

Société Industrielle des Téléphones, 25, rue du Quatre-Septembre, Paris.

Grands Prix en Collectivité.

Participants :

Ducretet (Eugène), 75, rue Claude-Bernard, Paris.

Blondel (André), 41, avenue Labourdonnais, Paris.

Richard (Jules), 25, rue Mélingue, Paris.

Médailles d'Or.

Darras (Alphonse), 123, boulevard Saint-Michel, Paris.

Grammont (Alex.), Paris.

Paz et Silva, 55, rue Sainte-Anne, Paris.

Chef du Service des Postes et Télégraphes, à Tananarive (Madagascar).

Médailles d'Argent.

Gaillard (Achille), à Béziers (Hérault).

Mildé (Charles) et Fils, 60, rue Desrenaudes, Paris.

GROUPE 71

APPLICATIONS DIVERSES DE L'ÉLECTRICITÉ

Grand Prix.

Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'Usines a Gaz, 16, boul. de Vaugirard, Paris.

Médailles d'Or.

Appareillage Électrique Grivolas, 16, rue Montgolfier, Paris.

Bergonié (Dr J.), 6 *bis*, rue du Temple, Bordeaux.

Chauvin (Raphaël) et Arnoux (René), 186, rue Championnet, Paris.

Compagnie Française des Compteurs (système Aron), 200, quai Jemmapes, Paris.

Hillairet-Huguet, 22, rue Vicq-d'Azyr, Paris.

Radiguet et Massiot, 15, boul. des Filles-du-Calvaire, Paris.

Roux (Gaston), 12, rue Hippolyte-Lebas, Paris.

Société Anonyme d'Électricité et d'Automobiles « Mors », 48, rue du Théâtre, Paris, et Sartiaux (E.), 48, rue de Dunkerque, Paris.

Société Gramme, 20, rue d'Hautpoul, Paris.

Médailles d'Argent.

Angel (Louis), 13, rue Brochant, Paris.

Association Coopérative Ouvrière de Production (ouvriers en instruments de précision), 6, impasse Sainte-Léonie, Paris.

Bardon, à Clichy.

Compagnie de Constructions Électriques, 33 *bis*, quai d'Issy, à Issy-les-Moulineaux (Seine).

Compagnie Continentale pour la Fabrication des Compteurs, 9, rue Pétrelle, Paris.

Vaudrey (Paul), 79 *bis*, boulevard Magenta, Paris.

Médailles de Bronze.

Bagrachow (Grégoire) (Groupe des ouvriers inventeurs et artistes industriels du département de la Seine), 48, rue Gassendi, Paris.

Boudreaux (Louis-François), 8, rue d'Hauteville, Paris.

Lordereau (Gabriel), 1, place Saint-Clair, Lyon (Rhône).

Woittequand (Charles), à Charleville (Ardennes).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU DES RÉCOMPENSES

DÉCERNÉES PAR LE JURY SUPÉRIEUR AUX EXPOSANTS DU DÉPARTEMENT **F**

Pays.	Grands Prix.	Médailles. Or.	Argent.	Bronze.	Nombre d'Exposants
GROUPE 67.					
France	3	10	2	1	16
États-Unis	7	13	16	12	71
Allemagne	0	1	0	0	3
Japon	0	1	0	1	
Italie	0	1	0	0	
GROUPE 68.					
France		5		1	6
États-Unis		8	5	5	25
Allemagne			4	5	22
Angleterre		1	1		2
Belgique				1	
Danemark			1		
Canada			1		
Italie			1		
GROUPE 69.					
France	1	5	2	1	9
États-Unis	4	28	19	20	73
Allemagne	3	3			7
Angleterre		1			3
Argentine				1	
Italie		2			

Pays.	Grands Prix.	Médailles. Or.	Argent.	Bronze.	Nombre d'Exposants
GROUPE 70.					
France	3	4	2		11
États-Unis	2	4	6	9	37
Allemagne		1	1		3
Angleterre		3	0	1	4
Belgique				1	
Brésil	1				
Italie			1		
Argentine		1			
Japon			2		
GROUPE 71.					
France	1	9	6	4	20
États-Unis	6	22	21	15	81
Allemagne	5	4	2		32
Angleterre	1	12	1		14
Belgique		1	1	1	
Brésil		1			
Argentine		1			
Canada		1			
Italie	2	4			
Japon		2	2	1	
Mexique		1			

TABLEAU COMPARATIF DES RÉCOMPENSES

DÉCERNÉES PAR LE JURY SUPÉRIEUR AUX EXPOSANTS DU DÉPARTEMENT **F**

Pays.	Grands Prix.	Médailles Or.	Argent.	Bronze.	Total des récompenses obtenues.	Nombre d'exposants.	Pourcentage du nombre des récompenses au nombre d'exposants.
France	8	38	12	12	70	60	116
États-Unis	19	79	67	42	207	284	73
Allemagne	8	8	7	7	30	67	45
Angleterre	1	17	3	3	24	27	89

Le tableau ci-dessous donne pour chaque catégorie de récompenses le rapport (pour cent) du nombre de récompenses au nombre d'exposants.

France	13,2	64	20,0	20,0
Etats-Unis	6,7	28	23,6	14,8
Allemagne	12,0	12	10,4	10,4
Angleterre	3,7	63	11,0	11,0

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

RAPPORT

DES

Groupes 67, 68, 69, 70 et 71.

LA CLASSIFICATION

Nous avons adopté la classification par groupes du Catalogue et par classes, de façon à donner à ce rapport la plus grande clarté possible.

Notre but n'a pas été de présenter l'exposition d'ensemble de chaque Maison ; il nous a paru plus intéressant de donner, dans les pages qui suivent, des groupements de machines et d'appareils de même espèce afin de permettre la recherche facile des appareils qui intéressent chacun plus particulièrement et aussi l'étude et la comparaison des différents types de machines de même famille. On trouvera donc, groupe par groupe, tous les alternateurs, tous les générateurs, etc., réunis, avec les qualités qui les distinguent et les détails qui les désignent à l'attention.

C'est à dessein que nous avons donné une grande place, dans chacun des groupes, aux tableaux « statistiques » et aux chiffres; ils fourniront aux constructeurs français des éléments d'appréciation sur les données fondamentales et caractéristiques des machines construites aux États-Unis, et des motifs de comparaison pour chaque genre de machines.

Nous avons, dans bien des cas, restreint la place et l'importance qui auraient pu être réservées à certaines catégories de machines : c'est à dessein, et nous ne voudrions pas qu'on nous fît le reproche de les avoir négligées ou même passées sous silence. Nous ne pouvons prétendre que ce rapport soit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une encyclopédie électrique et nous avons volontairement délaissé des machines, intéressantes, sans doute, mais connues de tous, afin de consacrer une étude plus longue et plus complète aux appareils qui soit par leur nouveauté, soit par des dispositions originales, nous ont paru devoir être mis plus spécialement en lumière.

Nous aurions voulu donner plus d'importance aux photographies qui viennent comme complément naturel du texte; mais, là encore, il a fallu nous borner, faire une sélection et donner seulement les reproductions essentielles, cet ouvrage ayant pour but unique de signaler à l'attention des ingénieurs et des électriciens les objets et machines qui, par quelque particularité digne d'être relatée, ont attiré notre attention parmi les diverses expositions.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Groupe 67

CLASSE 428

MACHINES GÉNÉRATRICES — DYNAMOS PRODUISANT DES COURANTS ALTERNATIFS MONO OU POLYPHASÉS — DYNAMOS A COURANTS CONTINUS

Cette classe est, sans contredit, l'une des plus intéressantes, tant par le nombre que par l'importance des machines exposées.

En premier lieu, les groupes électrogènes puissants, réservés aux courants alternatifs, montrent des dispositifs figurant pour la première fois dans une exposition. C'est le cas du groupe générateur Allis-Chalmers Bullock dont les cylindres à haute pression sont horizontaux et ceux à basse pression verticaux. La condensation indépendante se généralise de plus en plus. Les dispositifs de graissage automatique sont généralement employés.

Les machines à grande vitesse sont brillamment représentées par le groupe Delaunay-Belleville et l'Éclairage Électrique.

La station génératrice des tramways de l'Exposition présente le curieux assemblage des machines les plus diverses ; les machines horizontales, simples ou compound, y coudoient les machines verticales et même une turbine hydraulique.

Les générateurs électriques sont tous du même type et fournis par la *Crocker-Wheeler C°*.

Parmi les alternateurs exposés, citons le gros alternateur de la *National Electric C°* et l'alternateur compensé de la *General Electric C°*.

Enfin l'alternateur à fer tournant de la *Warren Electric Mfg C°*.

Dans les groupes de générateurs de courants continus, les progrès ont porté principalement sur les facilités de démontage, sur la ventilation, etc.

La *Bullock C°* présente un dispositif ingénieux de déplacement longitudinal des balais, régularisant l'usure du collecteur.

Citons enfin la dynamo-homopolaire G. H. Gibson, dont le principe, tout différent des autres, n'a encore reçu que de rares applications, et le générateur Wood pour l'éclairage en série.

Les turbines à vapeur font ici un pas caractéristique.

Plusieurs turbines Laval y représentent le prototype de ces engins.

Deux types bien différents caractérisent les fortes puissances : l'un horizontal de 600 chevaux, tournant à 3600 tours par minute, est exposé par la *Westinghouse-Parsons;* l'autre, exposé par la *General Electric C°*, comprend une turbine Curtis à axe vertical tournant à 750 tours par minute seulement ; elle peut développer 3000 chevaux.

Toutes ces machines sont extrêmement intéressantes, tant par le nombre des difficultés vaincues, force centrifuge, vitesse de rotation, etc., que par les résultats obtenus : faible encombrement, économie, emploi de la surchauffe et simplicité.

Les machines à explosion sont représentées par divers types de moteurs à gaz, exposés par la C^ie^ Westinghouse, et par les moteurs Diesel au pétrole.

Enfin une installation hydroélectrique en plein fonctionnement complète admirablement ce que l'on peut appeler : l'exposition de l'asservissement de la force.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

INSTALLATION DE PUISSANCE POUR L'EXPOSITION

La station génératrice de l'Exposition fournit la puissance et l'éclairage sur tous les terrains, ainsi qu'une grande partie des illuminations des principaux palais. Cette installation présente un grand intérêt non pas tant par ses proportions que parce qu'elle forme un tout parfaitement complet.

Les quatre principaux groupes sont identiques. Ils comprennent des machines verticales compound de 3500 chevaux tournant à 85 tours par minute. Le volant et le générateur étant montés entre les cylindres, on a dû, par suite, installer un réservoir intermédiaire, formé d'un tube en plaques de tôles rivées conduisant la vapeur d'échappement du cylindre à haute pression au cylindre de basse pression. Des tiroirs oscillants du type Corliss sont placés directement dans le fond du cylindre. La soupape d'admission est commandée par un encliquetage et celle d'échappement par une bielle. Cet encliquetage assure une détente maxima de trois quarts de la course, ce qui permet à la machine de produire pendant de courtes périodes une puissance de 5 000 chevaux.

Un régulateur centrifuge en vase clos, à graissage automatique, règle la vitesse et l'on peut changer sa sensibilité en modifiant la tension d'un ressort.

Lorsque l'on veut mettre les générateurs en parallèle, on agit sur le régulateur dont on change la sensibilité au moyen d'un poids mobile que l'on déplace par un petit moteur électrique.

Ce moteur est commandé du tableau de distribution, de telle sorte que l'on peut régler la vitesse d'un groupe que l'on vient de mettre en marche afin de l'amener au synchronisme. Un limiteur automatique de vitesse coupe l'admission de vapeur si la machine s'emballe. Cet appareil peut aussi être commandé par le mécanicien au moyen d'un électro-aimant.

Les alternateurs peuvent fournir une puissance de 2 000 kilowatts, en marche normale. Ils sont du type à inducteur tournant.

L'induit porte des rainures partiellement fermées dans lesquelles sont placées les bobines formées de barres de cuivre.

Les bobines inductrices sont constituées par des rubans de cuivre enroulés de champ.

Pour faciliter l'inspection de l'enroulement, la carcasse intérieure peut être déplacée parallèlement à l'arbre.

Trois générateurs Westinghouse, de 80 kilowatts à 125 volts, fournissent le courant d'excitation.

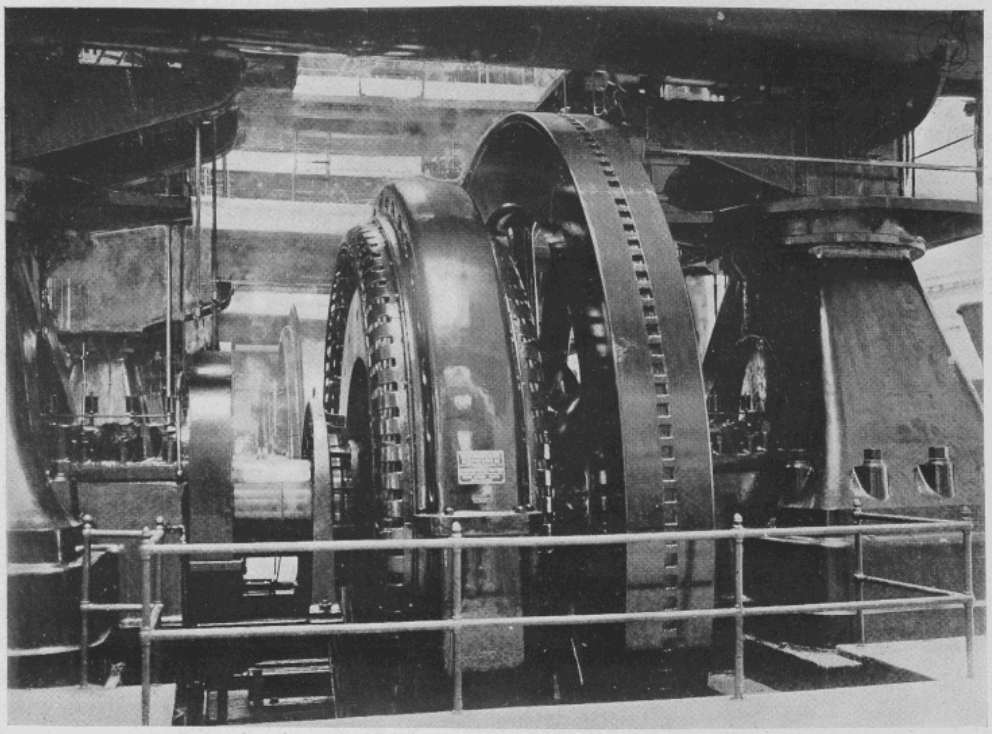
Tous ces groupes fonctionnent à condensation et l'on a installé deux condenseurs de 7 000 chevaux pour chaque moitié de l'installation. Ces condenseurs sont du type à jet ou atmosphérique de Worthington et sont pourvus d'entraîneurs et de pompes rotatives à vide. Des pompes horizontales ou verticales, dont une moitié sert de réserve, font circuler l'eau de condensation. Deux systèmes de canalisation séparés, formés de tuyaux de 325 mm, amènent la vapeur aux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

machines. Ces tuyaux passent dans des galeries tubulaires situées sous le plancher.

Ils sont solidement ancrés à une extrémité pour empêcher le glissement et portés sur des rouleaux permettant la dilatation ou la contraction. L'eau de puisage et de condensation retourne aux chaudières par son propre poids.

La vapeur est fournie par 16 chaudières Babcock et Wilcox de 400 chevaux avec bouilleurs ; il y a deux chaudières par batterie. Les tubes et collecteurs



Groupe électrogène de 3500 chevaux de la station génératrice de l'Exposition.

sont portés sur des charpentes métalliques indépendantes des parois en briques.

Deux canalisations bouclées de 25 cm réunissent 4 batteries de chaudières desservant les tuyaux de 325 mm d'alimentation des machines.

Le chargement des chaudières est effectué par des grilles mécaniques Roney ; chaque groupe de 4 grilles placées en ligne est commandé par une petite machine Westinghouse.

La grille est inclinée pour permettre une descente uniforme du combustible depuis la porte de chargement jusqu'à l'endroit où la grille bascule.

Ce dispositif, copié sur les fours à réverbères, permet une combustion parfaite des produits de la distillation des charbons bitumineux.

La production de fumée est interdite dans l'ensemble de l'Exposition et l'on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fait des vérifications soigneuses des gaz d'échappement pendant le fonctionnement de la journée.

Chaque groupe de chaudières est pourvu de deux ventilateurs pour pousser l'air sous la grille lorsque les chaudières fonctionnent à pleine charge ; ces ventilateurs sont commandés par des machines *Chandleers and Taylor* : ils ont 4,30 m de diamètre.

Un registre permet de fermer le carneau du groupe de chaudières qui ne fonctionnent pas.

Condenseurs de la Station génératrice.

Ces condenseurs, au nombre de 2, sont placés dans le bloc 38 du palais des machines.

Un entraîneur en fonte reçoit l'eau d'évacuation et la répand en nappe sur le condenseur. Au sommet de chaque élévateur se trouve une soupape automatique qui, en cas de manque de vide, laissera une issue de sécurité à travers des tubes rivés en spirale placés sous le toit.

Ce condenseur est caractérisé par l'emploi de pompes séparées pour faire l'épuisement et le vide. Il y a trois pompes centrifuges d'épuisement de Worthington, commandées par des machines à simple effet Westinghouse.

Le condenseur est élevé d'environ 9 mètres au-dessus du pot de condensation et l'eau tombe par son propre poids.

Des pompes à vide aspirent l'air du condenseur et des tuyaux de vapeur, mais au préalable, l'air est refroidi au moyen d'un refroidisseur, de façon à diminuer son volume et à le débarrasser de l'eau entraînée. Dans ces conditions, les pistons des pompes à vide peuvent être graissées avec de l'huile comme les pistons à vapeur. Les espaces nuisibles sont réduits au minimum comme pour les compresseurs. En outre, pour augmenter le rendement, on a placé une petite soupape auxiliaire qui s'ouvre dès que le piston est arrivé à fin de course pour permettre aux gaz de l'espace nuisible de passer de l'autre côté du piston où se fait l'aspiration.

L'absence d'eau et la précision du fonctionnement de la soupape permettent d'avoir une grande vitesse de rotation.

Deux des pompes à vide sont horizontales. Les soupapes d'admission et de vidange sont réglables au moyen d'un volant ; l'admission de vapeur est commandée par un excentrique, et un tiroir d'excentrique peut se placer de façon à changer la détente. La soupape d'aspiration commandée par l'arbre au moyen d'un excentrique, doit être ouverte complètement au moment convenable.

Les pistons à air et à vapeur sont sur la même tige. La troisième pompe à vide est verticale ; les tiges des pistons à air et à vapeur sont montées sur des bielles différentes et renfermées dans une caisse étanche.

L'évacuation de l'air se fait à travers des tuyaux enroulés en spirale placés sur le toit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Groupe générateur Allis-Chalmers-Bullock.

Ce groupe électrogène est le plus puissant qui soit à l'Exposition ; il fournit une grande partie du courant électrique utilisé pour la décoration lumineuse des palais. Il alimente, en effet, 200 000 lampes à incandescence de 8 bougies. Le groupe mis en marche tous les jours à 2 heures fournit jusqu'à 7 heures à la *Saint-Louis Transit C°* une puissance de 3 000 chevaux pour l'alimentation de son réseau.

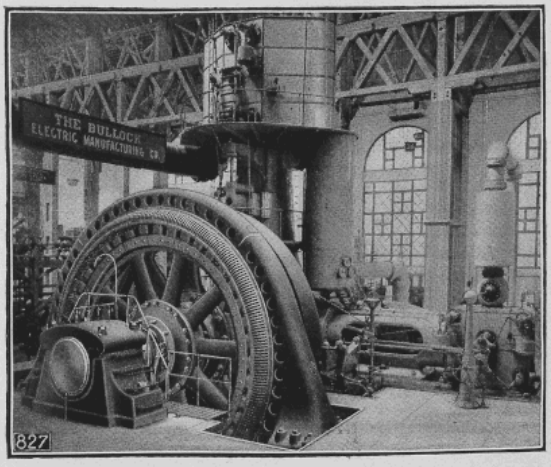
La machine à vapeur a une puissance de 5000 chevaux et peut donner une puissance maxima de 8 000 chevaux. Elle diffère essentiellement des machines Allis, si répandues aux États-Unis, en ce qu'elle comprend deux cylindres verticaux et horizontaux ; les cylindres à haute pression étant horizontaux et ceux à basse pression verticaux.

On évalue la consommation de vapeur à pleine charge à 5,45 kg par cheval-heure indiqué. La pression de vapeur saturée étant de 12 kg : cm² et le vide au condenseur de 66 cm.

Les dimensions et les spécifications générales de la machine sont les suivantes :

Nombre de tours par minute	75
Pression de la vapeur	10 kg : cm²
Diamètre du cylindre à haute pression, horizontal	1,10 m
Diamètre du cylindre à basse pression, vertical	2,40 m
Course	1,50 m
Diamètre de l'arbre creux en acier forgé	68,5 cm
Poids	27 600 kg
Poids de la manivelle	14 500 kg
Poids des parties tournantes (arbre, roue et générateur)	233 tonnes
Poids total de la machine et du générateur	720 tonnes
Hauteur de la machine au-dessus des fondations, environ	12 mètres
Longueur totale d'encombrement	12 mètres

La machine est pourvue d'un condenseur Alberger et d'un filtre ou séparateur d'huile Triumph : ce dernier est à force centrifuge ; il a pour but de séparer l'huile de l'eau condensée avant son retour au réservoir, condition qui a été imposée pour l'Exposition, parce que cette eau fait retour aux lagunes artificielles qui séparent les Palais.



Alternateur Bullock de 3600 kw.

L'alternateur Bullock de 3 500 kw fournit le courant triphasé à 6600 volts et 25 p : s. L'inducteur tournant est formé d'un volant d'acier portant à la périphérie 40 pièces polaires boulonnées : il a un diamètre intérieur de 8,25 m, un diamètre total de 10 m et un poids de 28 000 kg.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'enroulement induit est logé dans 240 rainures ; il y a 2 bobines par pôle et par phase. La garantie de régulation est de 8,5 avec un facteur égal à l'unité et de 17 % avec un facteur de puissance égale à 0,85.

L'élévation de température, après un fonctionnement de 24 heures à pleine charge, est de 35° C.

L'excitatrice est séparée ; elle est commandée par une machine à vapeur compound du type « Ideal » de 350 hp tournant à 200 t : m, sa vitesse est réglée par un régulateur centrifuge placé dans le volant. La dynamo, calée directement sur l'arbre, fournit le courant à 240 volts pour l'excitation de l'alterneur.

L'inducteur à 8 pôles ne présente rien de particulier.

Un dispositif original permet le déplacement de tous les balais suivant la longueur du collecteur.

Groupe électrogène des Sociétés Delaunay-Belleville et l'Éclairage électrique.

Un des groupes électrogènes, fournissant le courant pour l'éclairage de l'Exposition, était formé par un alternateur de 1 000 kw, de l' « Éclairage Électrique », directement accouplé à une machine à vapeur Delaunay-Belleville de 1 500 HP, indiqués tournant à 333 t : m.

Machine à vapeur. — La machine à vapeur est à quadruple expansion ; elle est formée de trois groupes de deux cylindres en tandem, dont les bielles commandent les manivelles calées à 120° sur un arbre coudé. La vapeur arrive dans le cylindre supérieur du milieu qui correspond à la haute pression, passe dans les cylindres supérieurs latéraux ; elle va ensuite dans le cylindre inférieur du milieu ; elle est alors réchauffée dans un réchauffeur, recevant de la vapeur vive, avant de se détendre une dernière fois dans les cylindres inférieurs latéraux.

Chacune des lignes latérales des cylindres en tandem est desservie par un groupe de tiroirs montés également en tandem. Ce sont des tiroirs cylindriques à passage intérieur pour la vapeur ; ils sont commandés par excentriques calés directement sur l'arbre à manivelles.

L'admission de la vapeur dans le cylindre à haute pression est réglée par une soupape cylindrique commandée par le régulateur centrifuge à boules. Ce régulateur est commandé par un engrenage calé sur l'arbre principal et son action est réglée par la tension d'un ressort. L'ensemble de la transmission est pourvu de roulements à bille.

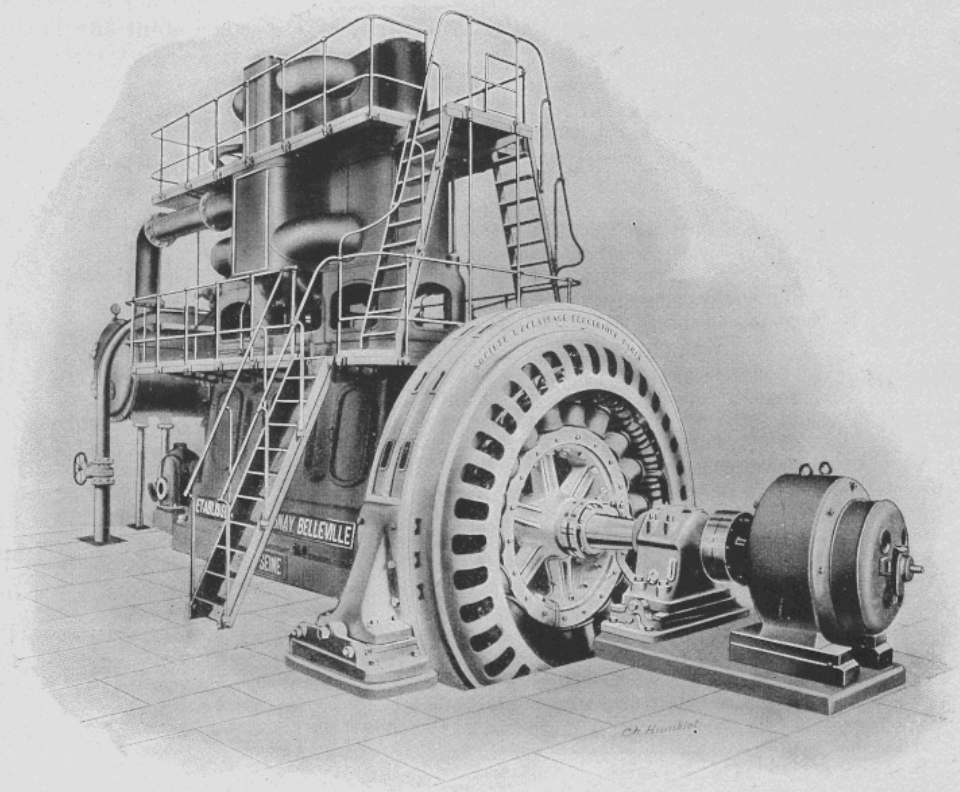
Un robinet by-pass spécial permet l'admission directe de la vapeur dans le cylindre haute pression sans passer par le régulateur, afin de donner à volonté un réglage de la vitesse pour la mise en parallèle de l'alternateur.

Les boîtes à tiroir des cylindres inférieurs latéraux sont réunies par un collecteur qui permet l'évacuation directe de la vapeur au condenseur et la purge des fonds du cylindre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Des robinets permettent l'admission directe de la vapeur dans les divers cylindres pour le réchauffage et le balançage.

Sur la plaque de fondation repose un bâti en fonte formant un espace clos qui contient la bielle et les pièces en mouvement. Cette enveloppe empêche l'introduction de la poussière et évite les projections d'huile ; elle porte des plaques mobiles permettant l'inspection des diverses parties du mécanisme.



Vue, du côté de l'alternateur, du groupe électrogène français à l'Exposition de Saint-Louis.

Une entretoise en fonte, placée à la partie supérieure du bâti, supporte les cylindres ; elle a pour but d'atténuer la transmission de chaleur des cylindres à la partie inférieure de la machine et de permettre une visite facile des garnitures inférieures des cylindres.

Les cylindres placés sur une même ligne sont séparés par une contre-pièce en fonte ou entretoise servant de fond pour ces cylindres et comprenant un seul presse-étoupe pour la tige intermédiaire.

Les pistons, en acier moulé, sont pourvus de segments Ramsbotton, leurs tiges passent dans des garnitures métalliques à serrage élastique.

Les dimensions principales de la machine sont les suivantes :

Longueur	5,60 m
Largeur	2,80 m

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Surface	15,68 m²
soit 1 dcm² par ch.	
Diamètre des cylindres supérieurs	0,34 m
— — inférieurs	0,68 m
Course commune des pistons	0,47
Nombre de tours par minute	333
Poids total, non compris les appareils accessoires	40 tonnes environ
Puissance indiquée	1500 ch
Timbre des générateurs	21 kg
Consommation de vapeur à 300° par ch indiqué, à condensation	4,600 kg

Condenseur. — La machine est pourvue d'un condenseur à surface, composé d'une pièce en tôle recevant la vapeur et de tubes en laiton laminé dans lesquels circule l'eau de refroidissement.

Les machines auxiliaires du condenseur comprennent :

Une pompe à air « Edwards » dont les données sont les suivantes :

Diamètre du piston	0,35 m
Course	0,18 m
Volume engendré horaire	578 m³

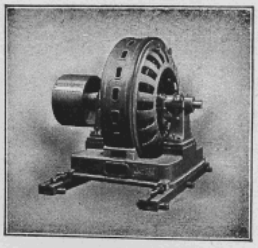
et une pompe centrifuge de circulation dont le débit est de 225^{m3} par heure. Ces deux pompes sont reliées par accouplement semi-élastique à la machine principale.

Graissage. — La machine est pourvue d'un dispositif de graissage continu qui a donné de très bons résultats.

La circulation d'huile sous pression est obtenue par 2 pompes à huile oscillantes sans clapet, à pistons pleins, commandées par excentriques. L'huile sous pression traverse des filtres avant d'être distribuée aux différentes parties de la machine.

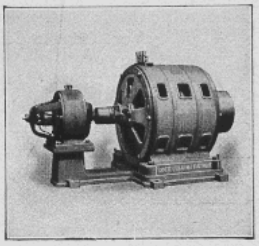
Ce procédé assure une grande douceur de mouvement et élimine presque totalement l'usure des pièces frottantes.

Alternateur. — L'alternateur triphasé est dû aux plans de M. Labour et fournit une puissance de 1500 kva à 2400 volts et 50 p : s.



Alternateur triphasé du type G à Y.

L'inducteur tournant est calé directement sur l'arbre ; il porte 18 pôles rapportés, en acier fondu, qui sont maintenus sur le volant d'acier par des vis et des frettes démontables maintenant la base du pôle. Son diamètre extérieur est de 2,15 m et sa vitesse périphérique de 38 m : s.



Alternateur du type K à M.

Les bobines sont formées de barres de cuivre enroulées de champ.

L'induit en tôle feuilletée présente 108 encoches fermées (6 par pôles) qui contiennent chacune 5 câbles de 112 mm² de section ; l'enroulement est fait à la main.

La carcasse repose sur deux plaques de fondation par des pattes que l'on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peut relever plus ou moins au moyen de coins, afin de faire un centrage exact. Lorsque l'on veut faire tourner l'induit pour une réparation, on enlève les coins au moyen de vis de rappel et on le laisse reposer sur des galets placés au fond de la fosse, en le descendant légèrement.

Les constructeurs donnent les garanties de fonctionnement suivantes :

Puissance en k-volts-ampères	1 500 kva
Nombre de tours par minute	335
Cos φ possible pour le réseau	0,6
Puissance en kilowatts du groupe électrogène	900
Fréquence du courant triphasé	50 p : s
Rendement de l'alternateur	0,96
Consommation de vapeur à 300° à condensation et par kw-heure	7,5 kg
Chute de tension sur réseau de cos $\varphi = 0,6$	9 %
— — cos $\varphi = 1$	5 %
Poids de l'alternateur	8 500 kg.

Excitatrice. — L'excitatrice est accouplée directement à l'alternateur; elle a une puissance de 200 kw soit 2 % de celle de l'alternateur. Elle fournit le courant d'excitation sous 90 ou 100 volts; son poids est de 1 600 kg.

On voit que ce groupe a une disposition originale puisque toutes les machines sont accouplées directement.

Les fondations sont peu importantes, car elles ne comprennent qu'une épaisseur de 60 cm de béton et de 30 cm de briques.

La surface totale occupée en plan, condenseur et excitatrice compris, est de 48 m², ce qui donne 3,2 dm² par kilovolts-ampères, pour un groupe électrogène d'une puissance de 1 500 kilovolts-ampères. C'est à peu près ce que l'on obtient avec une turbine à vapeur.

Groupe électrogène de la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques.

Ensemble électrogène. — L'ensemble électrogène exposé par la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques se compose d'une machine à vapeur, horizontale tandem compound de 750 poncelets avec distribution par pistons-valves, et d'un alternateur triphasé monté sur le même arbre, qui porte aussi l'excitatrice de l'alternateur.

L'utilisation de cet ensemble électrogène comporte en outre : un moteur à courants triphasés actionnant la pompe du condenseur; un transformateur-réducteur à courants triphasés, alimentant le moteur; et un tableau de distribution portant tous les appareils de manœuvre (haute et basse tension), de mesure et de sécurité pour les différentes machines.

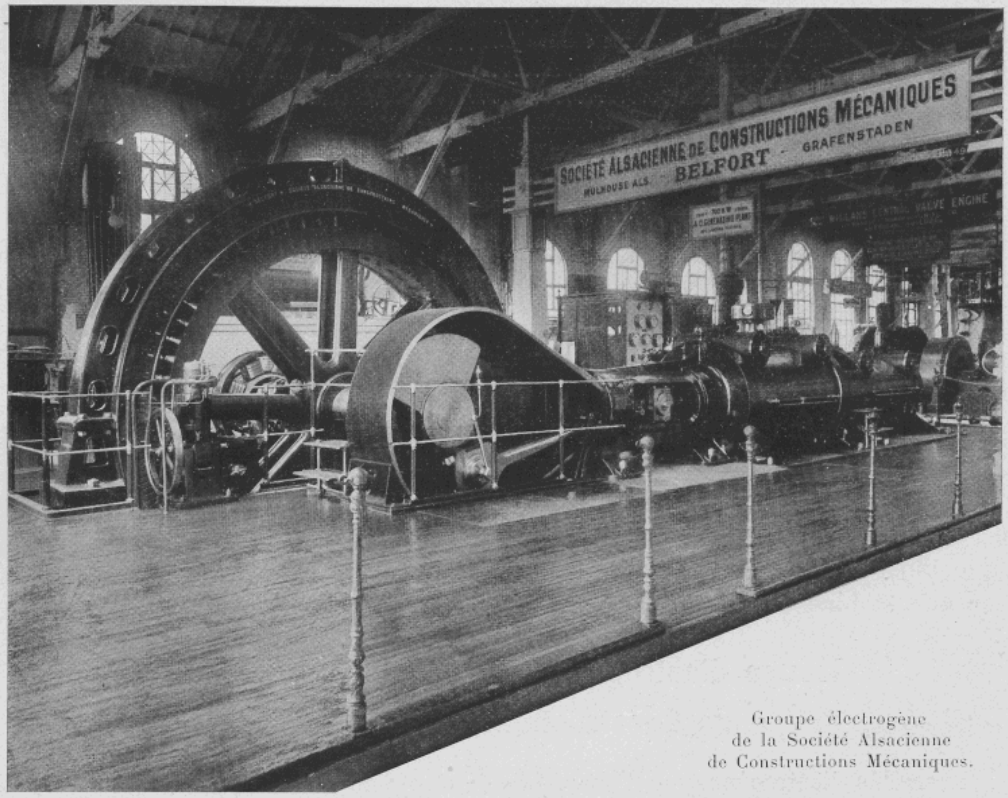
Aternateur à courant triphasé. — Cet alternateur est destiné à participer au service d'éclairage de l'Exposition. Il fonctionnait en parallèle avec l'alternateur exposé par la Société « L'Éclairage Électrique ». Ces deux ensembles fournissent le courant aux lampes à arc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La tension prescrite par l'Administration de l'Exposition est de 2300 volts; la fréquence de 50 périodes par seconde.

La puissance normale de l'alternateur est de 850 kilowatts, à une vitesse de 94 tours par minute, le nombre de pôles est par suite de 64. L'alternateur et l'excitatrice sont accouplés directement à la machine à vapeur.

La carcasse de l'alternateur se compose de 4 parties en fonte; elle est munie de



Groupe électrogène
de la Société Alsacienne
de Constructions Mécaniques.

nombreuses ouvertures pour la ventilation. Le diamètre extérieur maximum de la carcasse est de 637 cm et sa largeur totale de 82 cm.

La partie intérieure de cette carcasse porte un épaulement venu de fonte avec elle et perpendiculaire à l'axe; cet épaulement est consolidé par des nervures radiales.

Les tôles de l'induit sont serrées au moyen de boulons entre cet épaulement et une cornière de fer rapportée en plusieurs pièces.

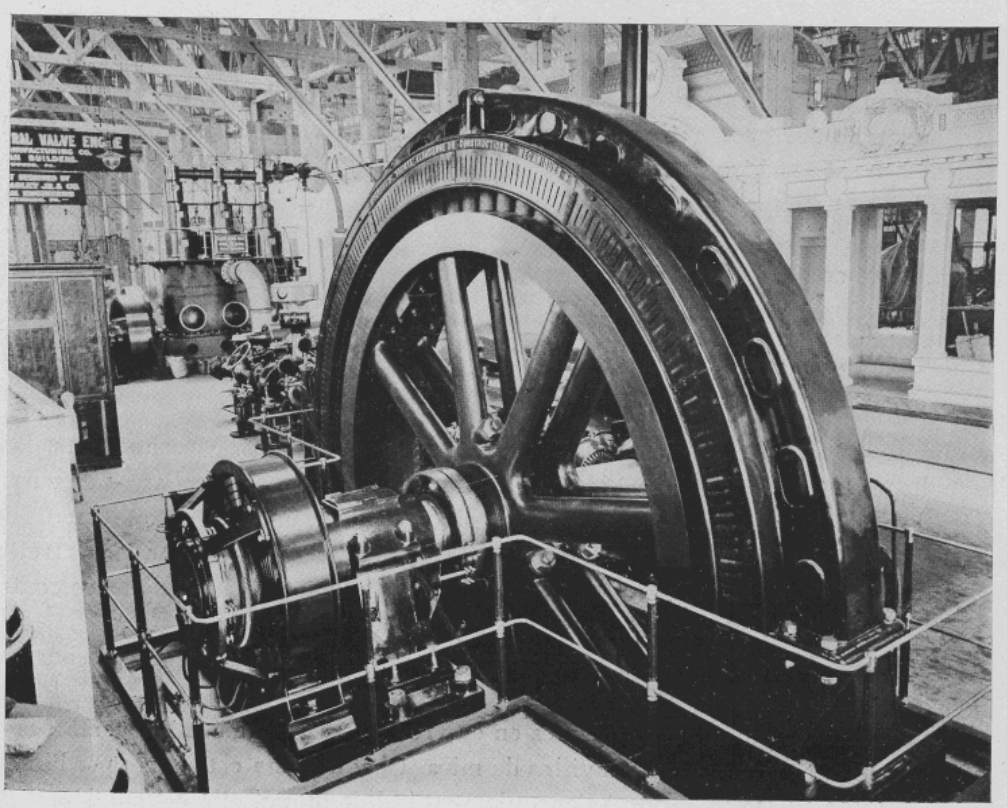
Ces tôles sont isolées entre elles au moyen d'un papier très mince et sont assemblées en deux paquets séparés par une plaque-évent en laiton de 15 mm de hauteur.

Le noyau induit porte 576 cannelures ouvertes, soit 3 par pôle et par phase. Dans ces cannelures sont logées les 32 bobines de chaque phase, soigneusement isolées de la carcasse au moyen de capotes en mica.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les bobines sont formées de barres de cuivre pliées sur des gabarits spécialement étudiés. Il y en a deux séries : l'une ayant les extrémités droites, l'autre les extrémités cintrées. Les bobines de chaque série sont identiques ou interchangeables. Elles sont maintenues en place au moyen de simples cales en bois.

Ces bobines sont essayées au point de vue de l'isolement des spires entre elles,



Alternateur de la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques.

et par rapport à la masse, à une tension triple de celle à laquelle elles seront soumises en service normal. Le volant inducteur, claveté sur l'arbre de la machine à vapeur, se compose d'une roue en fonte en deux parties à 8 bras sur la jante de laquelle sont boulonnés les 64 pôles inducteurs. Pour avoir toute sécurité contre les effets de la force centrifuge et des attractions magnétiques agissant sur les joints, on a employé pour réunir les deux moitiés du volant un joint spécial construit pour permettre un ajustage très exact et qui évite les points faibles des assemblages usuels. Les pôles inducteurs sont constitués par des tôles en acier doux découpées à la presse, rivées ensemble et traversées par une clavette. Cette clavette est destinée à recevoir la partie filetée du boulon qui fixe le pôle à la jante.

L'enroulement inducteur se compose de spires enroulées sur champ en une seule couche. Le rendement de l'alternateur est, en pleine charge, de 95 %.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Excitatrice de l'alternateur. — L'excitatrice est prévue pour pouvoir suffire à de très grandes surcharges de l'alternateur. Elle est construite pour fournir 300 ampères, sous une tension de 110 volts; elle est du type à pôles extérieurs et à induit denté.

L'inducteur, à 8 pôles, est composé d'une culasse et d'électros en acier venus de fonte avec elle. Les électros portent des épanouissements polaires en fonte qui suffisent à maintenir en place les bobines inductrices.

L'enroulement inducteur est formé par des bandes de cuivre isolées les unes des autres. Les bobines sont montées en série avec l'induit. La largeur de la culasse est suffisante pour protéger les enroulements des bobines inductrices. L'induit de l'excitatrice est monté en porte-à-faux sur l'arbre de la machine à vapeur. Le corps de l'induit est composé de tôles de fer doux à haute perméabilité et à faible coefficient d'hystérésis. Les tôles, d'une épaisseur de 0,5 mm, sont isolées les unes des autres. Elles sont empilées et forment 4 paquets séparés entre eux par des plaques-évents de 12 mm destinés à assurer la ventilation de la masse de l'induit. Tous ces paquets de tôles reposent sur un croisillon en fonte à plusieurs bras et sont serrés entre deux plateaux d'extrémité en fonte, au moyen de forts boulons extérieurs à ces têtes.

La partie extérieure de l'armature de l'induit possède des cannelures dans lesquelles vient se loger l'enroulement; ce dernier se compose de barres de cuivre pliées sur gabarit; elles sont toutes identiques entre elles. L'enroulement est soigneusement isolé des tôles au moyen de mica et de carton isolant. De fortes frettes en fils d'acier empêchent l'enroulement de se déplacer sous l'effet de la force centrifuge et le maintiennent dans les cannelures.

Il est très facile de visiter et de remplacer une ou plusieurs sections sans que cela nécessite le démontage complet de l'enroulement.

Le collecteur se compose de lames en cuivre électrolytique étiré, assemblées et isolées entre elles au moyen de feuilles de mica. Chaque lame est réunie par l'intermédiaire d'une ailette en cuivre à l'enroulement induit auquel elle est soudée.

Les différentes lames du collecteur sont maintenues serrées par l'intermédiaire de boulons entre deux emmanchements coniques isolés de celles-ci. L'emmanchement du côté extérieur est formé de plusieurs segments indépendants permettant la visite et, au besoin, le remplacement d'une ou plusieurs lames du collecteur.

Le tambour du collecteur est fixé contre le croisillon de l'induit auquel il est fortement boulonné.

Les balais employés sont en charbon graphitique. Ils sont calés sur le collecteur, de façon à éviter la production d'étincelles nuisibles, et ne nécessitent aucun décalage entre la marche à vide et la marche à pleine charge.

Les blocs en charbon sont solidement maintenus dans les porte-balais, et ces derniers permettent de régler à volonté et pendant la marche la pression de chaque balai sur la surface du collecteur. Le nombre des balais est largement suffisant pour recueillir le courant total de la machine, sans que l'on ait à craindre un échauffement exagéré du collecteur ou la production d'étincelles nuisibles. Les porte-charbons

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont fixés sur des tourillons, en nombre égal à celui des pôles de la machine. Ces tourillons en fer sont supportés par une étoile en fonte amovible et permettant, même pendant la marche, de modifier au besoin la position des balais sur le collecteur.

Groupes électrogènes de la Crocker-Wheeler C°.

L'ensemble de ces groupes a une puissance de 3500 chevaux et est utilisée au centre du palais des machines pour le service des tramways de l'Exposition.

Toute l'installation électrique a été fournie par la *Crocker-Wheeler C°*. Elle comprend 7 groupes générateurs. Le plus important représente une puissance de 900 kilowatts, il est commandé par une machine horizontale compound *Buckeye* tournant à 100 tours par minute. Une seconde unité de 600 kilowatts, tourne à 83 tours par minute et est commandée par une machine horizontale compound *Lane et Bodley*. Trois unités de 500 kilowatts sont commandées l'une par une machine simple Corliss tournant à 100 tours et fournie par les usines métallurgiques *Murray*, les deux autres par des machines verticales compound *Brown Corliss*. La sixième unité est de 400 kilowatts et est commandée par une machine horizontale tandem *Harrisburg*, tournant à 150 tours par minute. On remarquera que ces unités sont commandées par des types divers de machines à vapeur.

Le dernier groupe est d'un type complètement différent : il consiste en un générateur de 100 kilowatts tournant à 700 tours par minute et commandé par une roue à eau fonctionnant sous une pression de 21,2 kg : cm² à la tuyère. L'eau motrice est fournie par une pompe ayant un débit de 0,545 m³ d'eau par minute; la roue à eau est fournie par *Abner-Doble C°* de San-Francisco et la pompe par la *Jeanesville Iron Works C°*.

Les différents générateurs sont identiques dans leur ensemble; ils forment un tout compact et peu encombrant, très bien étudié au point de vue des circuits électrique et magnétique.

L'inducteur est en fonte fretté intérieurement. Les pôles sont en acier doux, soudés à chaud dans la carcasse, offrant ainsi une réluctance minima et une grande solidité. Les bobines inductrices sont faites en deux ou trois parties bobinées séparément et séparées par des coins de bois, afin d'augmenter le rayonnement et la dispersion de la chaleur.

Les pièces polaires sont mobiles pour permettre de retirer les bobines.

L'armature du type « cuirassé » comprend un noyau en tôles d'acier doux rainées; les enroulements sont maintenus dans les rainures au moyen de coins en bois logés dans des encoches placées au bout des dents. L'isolation est particulièrement soignée.

Le collecteur est formé de cuivre à haute conductibilité et a une large surface qui lui assure un bon refroidissement.

Une couronne, montée sur la carcasse, commande à la fois tous les porte-balais et peut être déplacée au moyen d'un volant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Groupe électrogène Hamilton-Corliss et National Electric C°.

La *National Electric C°*, de Milwaukee, a installé à la station génératrice de l'Exposition un alternateur de 1500 kw directement accouplé à une machine verticale compound *Hamilton-Corliss* de 2500 chx.

Il fournit le courant à 6000 volts à 25 périodes : s et tourne à une vitesse de 83 t : m, l'énergie servant pour divers emplois.

Cet alternateur est du type à inducteur tournant.

Il est formé par une grande roue d'acier, coulée en deux parties, servant de volant additionnel pour le moteur. La jante en forme d'*u* porte les pièces polaires d'acier coulé, fixées au moyen de boulons. Les bobines inductrices sont formées de 65 tours de ruban de cuivre de 38 mm × 3,2 mm enroulé sur champ et complètement isolé.

Des pièces polaires feuilletées, fixées sur le noyau, servent à maintenir en place les bobines et à supprimer les courants de Foucault; elles embrassent un grand arc polaire, de façon à distribuer convenablement le flux magnétique. Les bobines sont isolées des noyaux polaires par du carton comprimé, et des pièces polaires par de la fibre vulcanisée.

L'inducteur tournant a 4,88 m et pèse environ 2260 kg. La carcasse est formée d'un anneau qui maintient des segments de tôle laminée présentant des encoches pour recevoir l'enroulement induit.

Il y a 6 trous par pôle, de 63,5 mm de profondeur sur 38 mm de large et contenant 14 conducteurs de 9,3 mm × 7,1 mm formés de câbles toronés et aplatis.

Le diamètre intérieur de l'armature est de 4,90 m et la largeur du noyau est de 306 mm.

Le courant est amené par des anneaux de fonte et des balais en charbon.

Le poids net de l'alternateur est de 65000 kg.

La C^ie^ indique les garanties de fonctionnement suivantes :

Rendement à 1/4 surcharge	95,5	pour cent
— pleine charge	95,5	—
— demi-charge	94,75	—
Régulation pour cos $\varphi = 1$	5,5	—
— — cos $\varphi = 0$	22,0	—
Courant de court-circuit avec excitation de pleine charge	450 ampères	
— d'excitation à pleine charge et cos $\varphi = 0,8$	240 ampères à 100 volts	

La température ne s'élève pas au-dessus de 30° C pour l'armature et les inducteurs pour un fonctionnement continu à pleine charge, et de 40° pour un fonctionnement à 25 % de surcharge.

Cet alternateur est excité par un groupe moteur-générateur de 45 kw; le moteur fonctionne à 220 volts sur le circuit d'éclairage.

L'excitation est réglée par un rhéostat en dérivation sur l'excitatrice.

Pendant un fonctionnement à l'Exposition, cet alternateur a été plusieurs fois mis en court-circuit aux barres du tableau et la fosse a été remplie d'eau, sans qu'il en soit résulté un dommage quelconque.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ALTERNATEURS

Alternateurs de la National Electric Cº, Milwaukee.

Les alternateurs sont construits sur le principe de celui de 1 500 kw, du groupe Hamilton-Corliss-National-Electric Cº, que nous venons de décrire.

Les types principaux de cette Compagnie sont les suivants :

ALTERNATEURS Type RB à 2 paliers et commande par courroie

220, 440, 1 100 et 2 200 volts. 60 périodes : s.

Pôles.	Kilowatts 2 ou 3 phases.	Kilowatts monophasé.	Tours par minute	Poids kg.
6	100	85	1 200	3 000
6	125	105	1 200	3 500
8	100	85	900	3 650
8	125	105	900	4 250
8	150	125	900	6 300
10	150	100	720	6 800
10	200	135	720	8 200
12	150	100	600	7 700
12	200	135	600	9 300

ALTERNATEURS type R. B. à trois paliers et commande par courroie

220, 440, 1 100 et 2 200 volts. 60 périodes : s.

Pôles.	Kilowatts 2 ou 3 phases.	Kilowatts monophasé.	Tours par minute.	Poids kg.
10	250	175	720	7 400
10	300	200	720	8 850
12	250	175	600	8 850
12	300	200	600	10 000
12	375	250	600	11 600
12	500	325	600	14 000
14	250	175	514	9 800
14	300	200	514	11 000
14	375	250	514	12 800
14	500	325	514	15 500
16	300	200	450	12 000
16	375	250	450	14 000
16	500	325	450	17 000
16	750	500	450	23 500

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ALTERNATEURS type R. C. commande par courroie
220, 440, 1 100 et 2 200 volts. 60 périodes : s.

Pôles.	Kilowatts 2 ou 3 phases.	Kilowatts monophasé.	Tours par minute.	Poids kg.
6	37,5	32,5	1 200	1 550
6	50	42,5	1 200	1 900
6	60	50	1 200	2 160
6	75	65	1 200	2 500
6	100	85	1 200	3 000
6	125	105	1 200	3 500
8	60	50	900	2 600
8	75	65	900	3 000
8	100	85	900	3 600
8	125	105	900	4 200
8	150	125	900	5 150

ALTERNATEURS di ou triphasés. Type R. D. à commande directe
220, 440, 1 100 et 2 200 volts. 25 périodes : s.

Pôles.	Kilowatts.	Tours par minute.	Poids kg.
6	250	500	8 600
6	300	500	9 700
6	375	500	11 200
8	500	375	16 500
8	750	375	21 600
10	1 000	300	30 000

ALTERNATEURS di ou triphasés. Type R. D. à commande directe
220, 440, 1 100 et 2 200 volts. 60 périodes : s.

Pôles.	Kilowatts.	Tours par minute.	Poids kg.
32	250	225	14 500
32	300	225	16 500
32	375	225	19 000
32	500	225	23 000
36	750	200	33 000
36	1 000	200	39 500
36	1 220	200	45 000
40	1 500	180	56 000

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ALTERNATEURS di ou triphasés. Type R. E. à commande directe

220, 440, 1 100 et 2 200 volts. 25 périodes : s.

Pôles.	Kilowatts.	Tours par minute.	Poids kg.
24	250	125	14 000
26	300	115	17 000
28	375	107	21 000
30	500	100	26 600
32	750	94	36 400
36	1 000	83	48 000
36	1 500	83	60 000

ALTERNATEURS di ou triphasés. Type R. E. à commande directe

220, 440, 1 100 et 2 200 volts. 60 périodes : s.

Pôles.	Kilowatts.	Tours par minute.	Poids kg.
48	250	150	12 700
48	300	150	14 400
60	375	120	19 400
72	500	100	26 600
72	750	100	34 800
80	1 000	90	45 300
80	1 200	90	51 000
80	1 500	90	59 000

Alternateurs à champ tournant compensé de la General Electric Cº.

Ces alternateurs sont dits « compensés », parce que, quelles que soient les variations de charge et de facteur de puissance, la tension est maintenue constante, en agissant sur le courant excitateur, sans le moyen d'un enroulement compound.

L'excitatrice, calée sur l'arbre de l'alternateur, porte trois bagues permettant de recevoir le courant alternatif fourni par de petits transformateurs d'intensité montés sur les barres.

Le courant, amené à l'armature de l'excitatrice par ces bagues, agit sur le champ de l'inducteur suivant l'intensité et la différence de phase du courant alternatif. Par conséquent le champ inducteur et, par suite, la tension de l'excitatrice seront dues aux effets combinés du courant inducteur en dérivation et de la réaction magnétique du courant alternatif. Ce qui donne automatiquement l'élévation nécessaire de voltage lorsque la charge non-inductive croît et de même lorsque la charge inductive augmente.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce résultat est obtenu avec une précision remarquable et sans qu'il se produise d'étincelles.

L'alternateur porte en outre deux bagues pour amener le courant continu aux inducteurs.

Toutes ces bagues sont en fonte; elles sont faites en deux parties, de façon à être facilement remplacées, la tension étant toujours inférieure à 125 volts.

Ce réglage peut s'adapter aux alternateurs triphasés ou diphasés sans aucun changement.

Le générateur du type le plus courant est à enroulement triphasé à 2 300 volts, mais sur le même principe on peut établir des enroulements triphasés et diphasés pour les tensions de 240, 480, 1 150 et 2 300 volts.

Si l'alternateur alimente une distribution pour la lumière et la puissance, on peut placer les lampes sur une seule phase, à condition que la moitié au moins de la phase soit représentée par des moteurs qui tendront à rétablir l'équilibre en exigeant une puissance supérieure en cas d'élévation de la tension.

Alternateurs polyphasés Westinghouse.

Ces générateurs étaient représentés par trois unités de 75, 100 et 150 kw fournissant le courant triphasé à 2 200 volts et 60 p : s.

Le générateur de 75 kw était utilisé pour la sous-station de transformation et l'inducteur à 10 pôles était calé directement sur l'arbre du groupe tournant à une vitesse de 720 t : m.

Les autres unités avaient 8 pôles et pouvaient tourner à 900 t : m.

Ce type de générateur ressemble beaucoup comme aspect extérieur au type S, à courant continu. L'inducteur tournant porte des bobines qui sont formées de fil carré, maintenues au moyen de coins en métal non magnétiques, placés entre les pièces polaires. Des bagues de fonte et des balais en charbon amènent le courant à la partie tournante. La rotation de l'inducteur force l'air à circuler dans les canaux des noyaux polaires et dans ceux de l'armature placés en regard; on obtient ainsi une bonne ventilation de l'ensemble.

L'ensemble est très compact et d'un poids très réduit.

Alternateur pour turbine Westinghouse.

La Société Westinghouse expose dans le palais des machines un générateur de 400 kw, à 3600 p : m pour commande par turbine. Ce générateur a été ouvert en deux parties pour permettre de se rendre compte de la construction.

L'enroulement est triphasé; il produit le courant à 400 v et 60 p : s.

Les tôles de l'induit portent intérieurement des rainures partiellement fermées, en nécessitant aucune cale pour fixer l'enroulement; elles laissent entre elles des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

canaux de ventilation. L'inducteur bipolaire est très compact afin de résister aux efforts centrifuges qui sont très importants, étant donnée la grande vitesse de rotation. Il est formé d'une masse d'acier doux portant, de chaque côté, 8 entailles permettant de fixer 4 bobines d'excitation qui seront maintenues en place par des coins de métal antimagnétique. On réalise ainsi ce que les constructeurs suisses (Brown-Boveri) appellent une excitation progressive. Des canaux de ventilation sont aménagés en regard de ceux de l'armature. Des bagues de laiton reçoivent le courant inducteur, les fils de connexions étant placés à l'intérieur de tubes d'acier.

Alternateurs polyphasés de la Fort Wayne Electric Works.

Ces alternateurs sont construits de telle façon qu'il soit possible de les démonter facilement et de remplacer les bobines constituant l'enroulement.

Les bobines inductrices, enroulées sur gabarit, sont interchangeables ; elles sont maintenues sur le noyau polaire par les extrémités de la pièce polaire.

Les noyaux sont fixés sur l'anneau inducteur calé sur l'arbre, au moyen d'un assemblage à queue d'aronde, et sont serrés par des coins.

Le pôle est formé de tôles feuilletées, maintenues entre deux plaques de fonte serrées entre elles par des boulons.

L'armature est formée de tôles de moindre épaisseur, maintenues sur le bâti et laissant entre elles de nombreux canaux de ventilation.

Les bobines induites sont aussi enroulées sur gabarit ; elles sont maintenues dans les rainures au moyen de coins en bois.

Les excitatrices sont généralement commandées par courroie ; elles fournissent le courant inducteur à 120 volts sur les bagues collectrices.

Alternateurs de la Fort Wayne Electric Works.

Pôles.	Kilowatts.	Tours par minute.	Amp. à pleine charge, 2300 volts.		Poids kg.
			Distribution triphas. équil.	Distribution monophasée.	
6	30	1200	7,5	10,5	1350
6	50	1200	12,5	17	1800
8	75	900	18,8	26	2500
8	100	900	25	34,5	3100
12	150	600	37,5	52	4250
12	200	600	50	69	5100
16	300	450	75	97	12700
20	500	360	125	162	21400

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Alternateur monophasé Wal. (Fort Wayne).

Ces alternateurs sont employés pour l'éclairage par arcs à courant alternatif; ils sont construits pour deux fréquences, 60 et 140 p : s, et des puissances de 30 à 400 kw; ils donnent une tension de 1100 ou 2200 volts à pleine charge. L'enroulement inducteur est hypercompound, afin de compenser la perte sur la ligne.

L'enroulement compound reçoit le courant de l'armature redressé par un collecteur et traversant un shunt en maillechort. La construction de l'armature est particulièrement intéressante, car elle présente, indépendamment des canaux de ventilation usuels, des passages pour l'air entre chaque tôle.

L'armature est formée de segments de tôle en forme d'U. Les deux branches, terminées en forme de T, correspondent chacune à une dent et le milieu à une rainure, qui sera par suite partiellement fermée.

Ces segments sont assemblés par des boulons et chevauchés de telle sorte qu'à l'emplacement de la rainure on aura seulement une tôle sur deux.

Les bobines sont placées à la main dans les rainures et maintenues par des coins en bois.

Les tôles sont d'ailleurs désaxées légèrement l'une par rapport à l'autre, afin de laisser un conduit pour l'air, quoique la rainure soit bouchée par la bobine.

Alternateurs Wal à 1100 et à 2200 volts.

Alternateurs.			Excitatrices.			
Pôles.	Kilowatts.	Tours par minute.	Pôles.	Kilowatts.	Tours par minute.	Poids total appr. avec excitatrice.
—	—	—	—	—	—	—
60 périodes p. sec. (petite vitesse).						
8	37,5	900	4	1	1 500	2 300
12	75	600	4	2	1 400	4 350
16	150	450	4	4	1 300	8 400
16	150	450	4	4	1 300	10 000
24	300	300	4	6	1 200	22 000
60 périodes p. sec. (vitesse moyenne).						
8	60	900	4	2	1 400	3 400
8	90	900	4	2	1 400	5 000
10	120	720	4	4	1 300	6 300
12	180	600	4	4	1 300	10 500
140 périodes p. sec.						
10	33	1 680	2	0,5	1 750	1 500
12	50	1 400	4	1	1 500	2 000
16	100	1 050	4	2	1 400	4 000
16	120	1 050	4	2	1 400	4 300
24	200	700	4	4	1 300	9 500
36	400	467	4	6	1 200	19 500

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Alternateur de la Warren Electric Mfg. C°, de Sandusky-Ohio.

Ces alternateurs sont construits principalement pour alimenter les réseaux d'éclairage. Ils sont du type à fer tournant. Le rotor, calé sur l'arbre, est formé d'un cylindre d'acier portant des dents sur une partie de sa surface. L'inducteur se compose d'une grande bobine circulaire, fixée au bâti, et entourant la partie lisse du rotor.

L'armature est formée de segments de tôle, maintenus par le cadre en acier et portant un certain nombre de dents qui sont entourées par les bobines induites.

Ces bobines peuvent être montées en série, leur nombre dépendant de la tension que l'on désire obtenir.

Un courant alternatif est induit dans l'armature par suite de la variation de la réluctance du circuit magnétique.

On peut, avec ce dispositif, produire directement de très hautes tensions dans l'armature sans qu'il soit besoin de l'élever au moyen d'un transformateur. En outre, les effets de la force centrifuge n'étant plus à craindre, puisque le rotor est massif, on pourra le faire tourner à grande vitesse et le commander directement par les turbines à vapeur.

Groupe moteur-générateur de la Western Electric C°.

L'Exposition de la *Western Electric Company* est divisée plus ou moins exactement en cinq sections, et donne une excellente idée du matériel d'éclairage et de force motrice construit par cette Compagnie.

Au centre figure un groupe moteur-générateur transformant le courant continu du réseau à 500 volts en courant continu à 220 volts. Ce dernier alimente un réseau de distribution à 3 fils 2×110 v, et, comme les appareils d'utilisation, moteurs, ventilateurs, lampes à arc et à incandescence, etc., sont alimentés, les uns à 110, les autres à 220 volts, un compensateur à double induit établit l'équilibre du système à 3 fils.

Chacune des deux machines composant le compensateur est compound, et enroulée pour 125 volts.

Il est recommandé d'employer, avec ce mode de distribution, un compensateur ayant une puissance égale à 10 °/₀ de la charge propre de chacun des ponts, sans tenir compte de la charge commune.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DYNAMOS A COURANT CONTINU

Société anonyme Westinghouse.

Génératrices à courant continu jusqu'à 100 chevaux
à commande par courroie pour l'éclairage et la transmission d'énergie.

La carcasse magnétique de ces machines est circulaire; les pièces polaires sont formées par la réunion de minces tôles d'acier doux, de façon à réduire au minimum les pertes par courants parasites. Ces pièces polaires sont prises dans la carcasse en fonte au moment de la coulée.

Pour les petites machines, depuis la puissance de 3/4 de cheval jusqu'à 20 chevaux, la carcasse magnétique est annulaire, d'une seule pièce et porte, venus de fonte, quatre pieds qui peuvent être boulonnés sur un support quelconque ou placés dans des glissières.

Pour les machines de 20 chevaux à vitesse réduite et pour toutes les autres puissances supérieures jusqu'à 100 chevaux, la carcasse magnétique est divisée, par le milieu, en deux pièces suivant un plan horizontal afin que l'induit puisse être visité, démonté et remonté sans difficulté.

Toutes les machines, jusqu'à 100 chevaux, sont à 4 pôles; pour les puissances supérieures, elles sont à 6 pôles. Les pièces polaires sont en acier lamellé.

Les induits sont constitués par des disques en tôles d'acier doux, empilés les uns sur les autres. Des ouvertures longitudinales permettent le libre passage de l'air à travers le fer induit et, lorsque les dimensions du noyau et de l'enroulement le permettent, la ventilation est encore augmentée par des ouvertures perpendiculaires à l'axe de l'induit.

Les bobines induites sont enroulées à la machine et démontables, d'où excellent isolement et facilité d'examen et de remplacement.

Pour les machines à voltage élevé, la Société Westinghouse emploie le modèle de porte-balais à glissières radiales. Pour les machines à faible voltage, qui exigent des porte-balais de très faible résistance en même temps que d'une très grande rigidité, elle emploie le modèle de porte-balais pivotants. Ces balais sont en charbon cuivré.

Générateur de la Bullock Electric Mfg. C°.

La Compagnie Bullock construit des générateurs du type I, pour station génératrice de tramways, à commande directe, et des générateurs II commandés par courroie.

Ces générateurs sont construits suivant le même principe.

La carcasse est formée d'un anneau de fonte en deux parties, réunies au moyen de prisonniers vissés dans des poches taillées dans la carcasse.

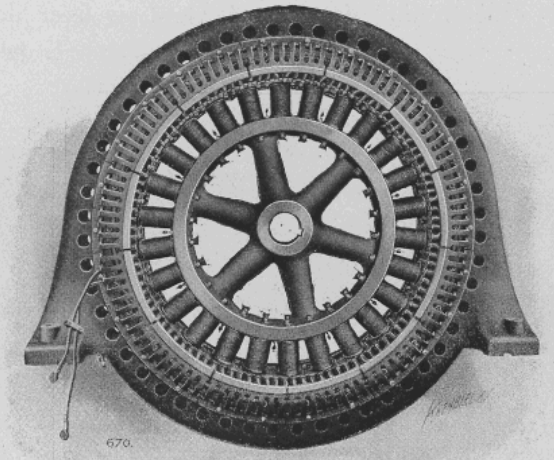
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les noyaux polaires sont rapportés ; ils sont formés de tôles découpées, maintenues entre des plaques de fonte malléable rivées.

Le bord de la pièce polaire est découpé sur la moitié de l'arc, les tôles étant inversées, de telle sorte que la partie de la pièce polaire en regard de l'armature présente seulement une tôle sur deux, ce qui augmentera la densité du champ magnétique.

Le pôle est fixé sur la carcasse au moyen de boulons qui viennent se visser dans des écrous logés dans une rainure à l'extrémité du pôle.

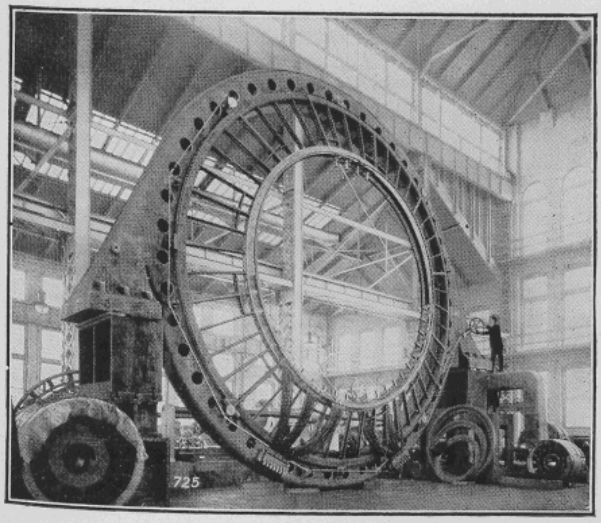
Des croisillons calés sur l'arbre maintiennent les tôles de l'armature au moyen d'assemblage à queue d'aronde.



Alternateur triphasé, 125 kw, 277 t : m, 2200 volts, 60 p : s. (1).

Les bobines enroulées sur gabarit sont maintenues dans les rainures au moyen de coins en bois, fixés dans des encoches à l'extrémité des dents.

Un dispositif original permet le déplacement automatique des balais suivant la longueur du collecteur, pour empêcher la formation de rainures.



Carcasse d'un alternateur de 3000 kw (1).

L'anneau portant les divers axes des porte-balais est maintenu entre trois poulies ou galets à gorge, dont les axes sont fixés au bâti. Ces galets se déplacent longitudinalement, entraînant l'anneau. Le déplacement total est de 9,5 mm et se fait en 5 minutes pour l'aller et le retour. L'écrou, qui déplace le galet, est commandé par cliquet et bielle.

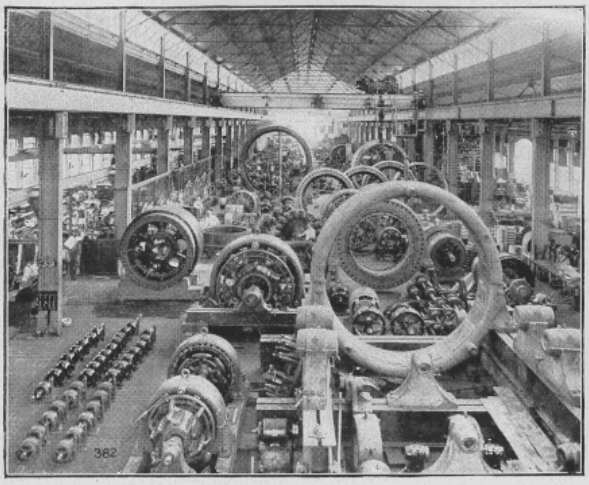
Ce dispositif manque certainement de simplicité, mais il assure une usure plus régulière et plus lente du collecteur.

(1) Bien que ces deux photographies n'appartiennent pas au chapitre des dynamos à courant continu, nous avons cru pouvoir, à titre exceptionnel, les mettre à cette place pour présenter l'exposition de la *Bullock Electric Mfg. C°* dans son ensemble.

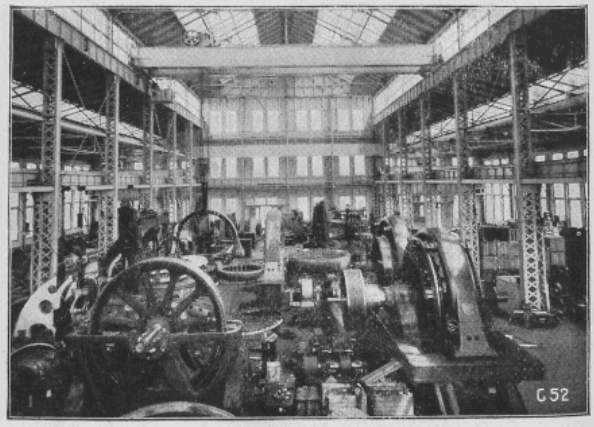
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les balais en charbon sont maintenus dans une gaine de laiton fixée au porte-balais; ils sont appuyés sur le collecteur par un levier rappelé par un ressort à boudin.

L'extrémité du ressort vient se fixer dans des encoches du levier afin de permettre le réglage de la pression.



Vue d'un atelier de montage.



Bullock Mfg. C°. Vue d'un atelier d'assemblage.

Ce dispositif appelé « Type à réaction » par les constructeurs permet le remplacement individuel de chaque balai.

GÉNÉRATEURS type I.

Numéros du bâti.	Kilowatts.	Volts.	Tours par minute.
1	12	120	270-280
8	18	120	150-160
10	20	120	125-130
13	45	240	250-260
14	40	120	180-195
17	50	120	185-200
20	60	120	165-175
16	85	500	225
22	60	120	125-135
23	200	240	300-315
25	125	550	225
30	90	550	100
30	125	550	140
32	360	240	300-315
34	200	240	100-105
34	350	240	175-185
37	350	500	110
38	350	550	100

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

GÉNÉRATEURS types II et III.

Numéros du bâti.	Kilowatts.	Volts.	Tours par minute.
1	7,5	120	375
2	12,5	120	350
4	17,5	120	325
5	35	120	650
6	22,5	120	300
7	50	120	750
10	25	120	275
11	75	120	830
12	100	550	900
14	40	120	250
15	75	120	500
16	100	120	650
13	40	240	250
14	75	240	500
13	75	500	500
17	75	120	350
18	100	120	450
19	120	550	600
20	150	550	600
21	150	500	400
24	200	550	600
23	150	120	475
22	200	240	550
25	200	240	400
26	300	575	600
27	300	600	500
28	150	150	450
30	250	240	450
29	250	500	450
31	400	600	500
33	350	240	375
32	375	500	375
35	425	240	375
34	475	500	365
36	350	550	375

Générateurs de la National Electric C°, Milvaukee.

L'Exposition de cette Compagnie comporte un certain nombre de dynamos du type courant, intéressantes seulement par des détails de leur construction, et une Exposition de matériel de freinage, bien connu, de la Maison Christensen.

Dynamos à couplage direct. — Le type de dynamos à couplage direct est représenté par l'induit d'une machine à courant continu de 400 kw à 250 v.

La carcasse polaire de cette machine est composée de 2 moitiés assemblées par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des boulons dont les têtes sont cachées sous la plaque de la machine, et de noyaux polaires formés de tôles maintenues entre deux flasques rivées, rapportées intérieurement au moyen de prisonniers.

Les bobines sont enroulées sur carcasse à la manière ordinaire ; chacun des enroulements, série et shunt, sont formés de bobines concentriques, laissant un passage appréciable à l'air, et les enroulements sont séparés par un espace maintenu par des cales en bois.

Les tôles de l'armature sont maintenues entre deux flasques calées et clavetées sur l'arbre. L'une de ces flasques porte, au moyen de nervures, un anneau pour supporter et protéger les deux extrémités de l'enroulement ; l'autre porte un manchon sur lequel est monté le collecteur. Les flasques sont serrées contre les tôles au moyen de boulons à section carrée qui servent en même temps à entraîner les tôles (la diagonale du carré étant parallèle au diamètre), remplaçant ainsi les assemblages à queue d'aronde du croisillon ordinaire. Les nervures des flasques assurent un bon brassage de l'air.

Les balais sont aussi caractéristiques : fixés dans une gaine à la manière ordinaire, ils sont pressés par un ressort spécial dont on peut régler la tension au moyen d'un étrier que l'on maintient à l'aide d'une molette excentrée.

Les mêmes caractères se retrouvent dans la dynamo à courant continu de 150 kw à 550 v et tournant à 625 tours par minute, et dans un groupe de moteurs type C S, les uns complètement fermés, les autres partiellement, et présentant le même type de balais.

Les principaux types construits par la *National Electric C°* sont les suivants :

GÉNÉRATEURS à courant continu. Type C. S.

Kilowatts.	Pôles.	Tours par minute. 125 Volts.	250 Volts.	550 Volts.	Poids kg.
2	2	1 675	1 675	1 600	174
3	2	1 500	1 500	1 500	226
5	4	1 425	1 425	1 500	238
7 1/2		2 050	2 050	2 000	
7 1/2	4	1 225	1 225	1 350	326
10		1 850	1 850	1 800	
10	4	1 150	1 150	1 150	390
12 1/2		1 500	1 500	1 650	
12 1/2	4	1 025	1 025	1 000	495
17 1/2		1 350	1 350	1 500	
17 1/2	4	900	900	900	650
25		1 225	1 225	1 300	
25	4	800	800	875	1 040
40		1 025	1 025	1 100	
35	4	800	800	825	1 420
55		1 000	1 000	1 050	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

GÉNÉRATEURS à courant continu. Type M. B.

Pôles.	Kilowatts.	Tours par minute.	Volts.	Poids kg.
6	50	750	125 / 250	1 800
6	50	825	550	
6	75	750	125 / 250	2 700
6	75	825	550	
6	100	615	125 / 250	3 850
6	100	675	550	
6	150	575	125 / 250	5 700
6	150	625	550	
6	200	500	125 / 250	7 500
6	200	575	550	

GÉNÉRATEURS à courant continu. Type M. B.

Pôles.	Kilowatts.	Tours par minute.	Volts.	Poids kg.
8	250	450	125 / 250	9 500
8	250	525	550	
8	300	425	125 / 250	11 000
6	300	475	550	
8	400	400	125 / 250	12 700
8	400	450	550	

GÉNÉRATEURS à courant continu. Type M. E 25 à 200 Kw. 125, 250 et 550 volts.

Pôles		Kilowatts.	Tours par minute.	Poids kg.
125-250 volts.	550 volts.			
6	6	25	310	1 300
6	6	35	300	1 630
6	6	50	290	3 120
6	6	75	275	3 900
6	6	100	260	5 100
8	6	125	240	5 550
8	6	150	225	6 800
8	6	200	200	10 200

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

GÉNÉRATEURS à courant continu. Type M. E. 250 à 1 500 kw.
125, 250 et 550 volts.

Pôles			Kilowatts.	Tours par minute.	Poids kg.
125 volts.	250 volts.	550 volts.			
10	8	8	250	175	15 000
10	10	8	300	150	16 750
12	10	8	400	150	19 700
12	10	8	400	120	21 800
16	14	10	500	100	28 000
18	18	12	800	100	39 000
24	20	14	1 000	80	57 000
36	30	20	1 500	75	67 000

Générateur Crocker Wheeler.

La *Crocker-Wheeler C°* s'est spécialisée dans la construction des générateurs pour stations centrales de tramways, pour lesquelles il faut des machines produisant un voltage élevé et pouvant supporter des variations de charges très notables.

Ces machines doivent donc avoir un compoundage important et une faible réaction d'induit.

La carcasse est formée d'un anneau de fonte ayant une section en forme d'U, formé de deux parties que l'on centre au moyen de goujons et qui sont assemblées par des boulons fixés sur des rebords intérieurs.

Les noyaux polaires d'acier sont ronds afin d'exiger un poids minimum de cuivre pour l'enroulement ; ils sont fixés par soudage dans la carcasse.

Une pièce polaire en forme d'écrou est rapportée à l'extrémité du noyau et fixée au moyen de vis ; elle répartit parfaitement le champ magnétique, sans augmenter le nombre d'ampères tours, puisqu'un petit nombre seulement de lignes de force traverse le joint.

Les bobines sont enroulées sur gabarit, puis enrubannées de façon à former une couronne.

Les enroulements shunt et série laissent entre eux un large espace libre, maintenu par des cales, afin d'assurer la parfaite circulation de l'air.

Les balais sont reliés au porte-balais par un dispositif spécial breveté. Le balai de charbon est fixé dans un manchon métallique au moyen d'une vis de serrage ; ce manchon est relié au bras du porte-balais par quatre faisceaux de rubans de cuivre servant à amener le courant, tandis qu'un fort ressort hélicoïdal ajusté au moyen d'une vis de réglage assure individuellement la tension des balais.

Tous les groupes de balais de même polarité sont réunis, en parallèle, par un anneau de cuivre, isolé par un enroulement de ficelle.

Les garanties données par les constructeurs sont les suivantes :

La température maxima au-dessus de l'ambiante ne dépassera pas en aucun

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

point 40°C en marche normale, et 45° après une surcharge de 25 % pendant deux heures.

Les principaux types construits par la *Crocker Wheeler C°* sont les suivants :

Machines commandées par courroie.

GÉNÉRATEURS à petite vitesse.

Pôles.	Kilowatts.	Tours par minute. 125-250 volts.	Tours par minute. 550 volts.
6	225	450 250 v. seulem.	500
6	130	500	550
6	100	650	715
4	65	625	675
4	45	700	770
4	30	800	875
4	22,5	850	925
4	18	875	950
4	13	900	950
4	9	950	1 025

GÉNÉRATEURS à vitesse modérée.

		125-250 volts.	550 volts.
6	150	550	600
4	80	750	825
4	55	930	1 000
4	40	1 085	1 200
4	27	1 125	1 225
4	23	1 150	1 250
4	17,5	1 300	1 400
4	11,5	1 250	1 350

GÉNÉRATEURS pour lumière et force motrice.

Pôles.	Kilowatts.	Tours par minute.	Volts.	Poids de l'armature kg.	Poids de la machine kg.
6	20	300		358	1 270
6	30	300		490	1 700
6	50	275	125, 250 et 550	680	2 540
6	60	275		770	3 130
6	75	250		930	4 500
8	100	250		1 350	4 300
8	125	250		1 910	6 350
8	150	225		2 250	7 600
8	200	175	125	3 540	11 200
			250	3 220	10 800
	250	225	125	3 540	11 200
			250	3 300	10 900

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pôles.	Kilowatts.	Tours par minute.	Volts.	Poids de l'armature kg.	Poids de la machine kg.
10	225	150	125	5 250	14 000
			250	5 040	13 700
	275	185	125	5 350	14 000
			250	5 100	13 800
8	250	125	125	4 900	20 000
			250	4 750	19 900
	300	150	125	5 100	20 400
			250	4 750	19 900
12	300	100	125	6 850	19 500
			250	6 500	19 000
	400	135	125	7 200	19 900
			250	6 850	19 500
12	400	100	125	10 900	27 400
			250	10 000	26 300
16	500	90	125	12 000	28 000
			250	11 700	27 500
	600	110	250	11 900	27 750
12	600	80	250	13 500	36 600
16	600	80	250	13 100	40 000

Pour les machines à 550 volts, la vitesse est augmentée de 10 %.

Générateurs de la Western Electric C°.

Générateurs type L. — Les générateurs du type L sont construits en deux types différents, suivant la puissance et le poids.

Pour les petites unités, la carcasse est séparée horizontalement en deux parties, tandis que, pour les grosses unités, la séparation est verticale, de telle sorte que l'on peut facilement écarter les deux parties de l'induit pour faire les réparations à l'armature.

Les pôles feuilletés sont fixés dans l'armature par moulage. Le procédé de fixation des pièces polaires soudées est caractéristique. Les diverses tôles réunies par des boulons sont fixées entre deux couronnes concentriques qui les maintiennent en place. On vient ensuite couler le métal autour de l'embase qui présente des rainures pour assurer un meilleur contact et une plus grande section de passage pour le flux magnétique.

L'armature est construite indépendamment de l'arbre sur lequel on vient ensuite la caler à la presse hydraulique et la claveter. Cette disposition permet facilement de remplacer un arbre faussé.

L'enroulement de l'armature est formé de barres de cuivre dont la section va en croissant aux extrémités de l'armature.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On obtient par suite un enroulement parfaitement symétrique et équilibré, et une faible résistance d'induit ; les bobines sont maintenues dans les rainures par des coins de fibre.

Le commutateur est porté par un manchon fixé aux croisillons de support de l'armature, ce qui permet de le démonter sans toucher à l'enroulement.

Les porte-balais sont montés d'une façon très ingénieuse qui permet de régler la pression de toute la ligne de balais en déplaçant radialement les bras de support. Ces bras sont fixés sur l'anneau au moyen de boulons traversant des manchons excentrés qui permettent de rapprocher plus ou moins le porte-balais du collecteur.

Le porte-balais proprement dit est extrêmement simple ; sur un collier serré sur l'axe de support au moyen d'un boulon sont fixées deux lames de ressort portant une plaque métallique sur laquelle on maintient le bloc de charbon par un écrou à oreille.

Une troisième lame de ressort, appuyant sur un prolongement du collier, porte sur la tête du balai ; sa pression est réglée par un bouton molleté.

Générateurs type C. — Les générateurs du type C sont à peu près construits sur le même principe, si ce n'est que les noyaux polaires sont mobiles. Ces pôles sont formés de tôles feuilletées maintenues entre deux tôles de 6,3 mm, fixées par quatre rivets. On fixe les noyaux sur la carcasse après les avoir enfilés dans la bobine inductrice, au moyen d'un fort boulon qui se visse dans un noyau de fer rivé dans la base des projections polaires.

Les principaux types de générateurs à courant continu construits par la « Western Electric C° » sont les suivants :

GÉNÉRATEURS type L. 125 et 250 volts.

Pôles.	Kilowatts.	Tours par minute.	Ampères à 125 volts.	Ampères à 250 volts.	Poids approxim. kg.
6	15	375	120	60	1 000
6	25	350	200	100	1 450
6	30	300	240	120	2 125
6	40	290	320	160	2 260
6	50	280	400	200	3 180
6	60	280	480	240	3 290
6	75	275	600	300	4 250
6	75	250	600	300	4 400
6	100	250	800	400	5 180
8	100	400	800	400	9 450
6	125	230	1 000	500	7 700
6	150	225	1 200	600	8 000
6	150	200	1 200	600	8 700
6	150	180	1 200	600	9 100
8	150	100	1 200	600	11 300
8	200	150	1 600	800	11 200
8	200	200	1 600	800	9 900

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pôles.	Kilowatts.	Tours par minute.	Ampères à 125 volts.	Ampères à 250 volts.	Poids approxim. kg.
8	200	100	1 600	800	18 000
8	250	225	2 000	1 000	10 700
8	250	120	2 000	1 000	18 000
8	250	100	2 000	1 000	19 500
8	300	150	2 400	1 200	18 600
8	350	120	. . . .	1 400	19 750
10	400	100	. . . .	1 600	31 300
14	500	100	. . . .	2 000	31 300
14	600	100	. . . .	2 400	36 400
16	800	100	. . . .	3 200	48 000
18	1 000	100	. . . .	4 000	53 500
18	1 000	80	. . . .	4 000	59 000

GÉNÉRATEURS compound. Type G.

Kilowatts.	Volts.	Ampères.	Tours par minute.	Poids kg.
20	110	160	850	850
20	220	80	850	840
17,5	500	32	925	830
25	110	200	775	1 000
25	220	100	775	980
22,5	500	41	800	970
30	110	240	1 250	850
30	220	120	1 250	840
27,5	500	50	1 350	830
30	110	240	750	1 510
30	220	120	750	1 500
27,5	500	50	800	1 480
40	110	320	1 150	1 000
40	220	160	1 150	980
37,5	500	68	1 250	970
40	110	320	700	1 590
40	220	160	700	1 575
37,5	500	68	750	1 560
50	110	400	1 150	1 510
50	220	200	1 150	1 500
47,5	500	86	1 225	1 480
60	110	480	1 050	1 590
60	220	240	1 050	1 575
55	500	100	1 125	1 560

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

GÉNÉRATEURS pour force motrice et lumière courant direct type L.

Pôles.	Kilowatts.	Tours par minute.	Ampères à 125 volts.	Ampères à 250 volts.	Poids approxim. kg.
6	40	775	320	160	1 900
6	50	780	400	200	1 925
	50	975	400	200	1 900
6	60	950	480	240	1 925
6	60	650	480	240	3 380
6	75	825	600	300	3 380
6	75	575	600	300	3 700
6	85	575	680	340	4 380
6	100	750	800	400	3 700
6	100	575	800	400	4 600
6	125	575	1 000	500	6 600
6	150	525	1 200	600	7 000
6	150	525	1 200	...	7 750
6	150	525	....	600	7 500
6	175	500	....	700	8 300
6	250	475	....	1 000	12 700
6	300	400	....	1 200	14 000
8	300	300	....	1 200	17 700
8	400	375	....	1 600	19 000

Dynamo homopolaire G. H. Gibson, de Michigan.

Il est intéressant de donner quelques chiffres sur une machine homopolaire d'un nouveau type, dont M. Gibson a exposé le principe à l'Université de Michigan en 1899.

Cette machine doit produire un courant de 1 000 ampères à 50 volts.

Afin de réduire le poids, on a augmenté le nombre des conducteurs en série et on a déterminé un champ très intense dans l'entrefer (440 u. c. g. s.). La vitesse périphérique a été portée à 42,40 m par seconde. L'armature est formée de 10 bandes de fil de cuivre, n° 24 de la jauge B et S (de 0,2 mm²), soudées et brasées aux extrémités avec interposition de bandes isolantes de 0,8 mm².

Un frettage formé de cordes à piano n° 20 maintient l'enroulement et combat les effets dus à la force centrifuge. Le jeu entre le pôle et l'armature est de 3 mm.; l'entrefer est de 2 mm. La perméabilité de l'acier avec une induction de 14 000 unités c. g. s. a été prise égale à 1 100, ce qui est peut-être trop élevé.

La longueur du circuit magnétique dans l'acier est de 94 cm.

Les ampères-tours nécessaires pour l'excitation des aimants se partagent ainsi :

Entrefer	7 201
Inducteur	957
Carcasse	7

L'excitation totale est d'un peu plus de 1 % de la puissance totale.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

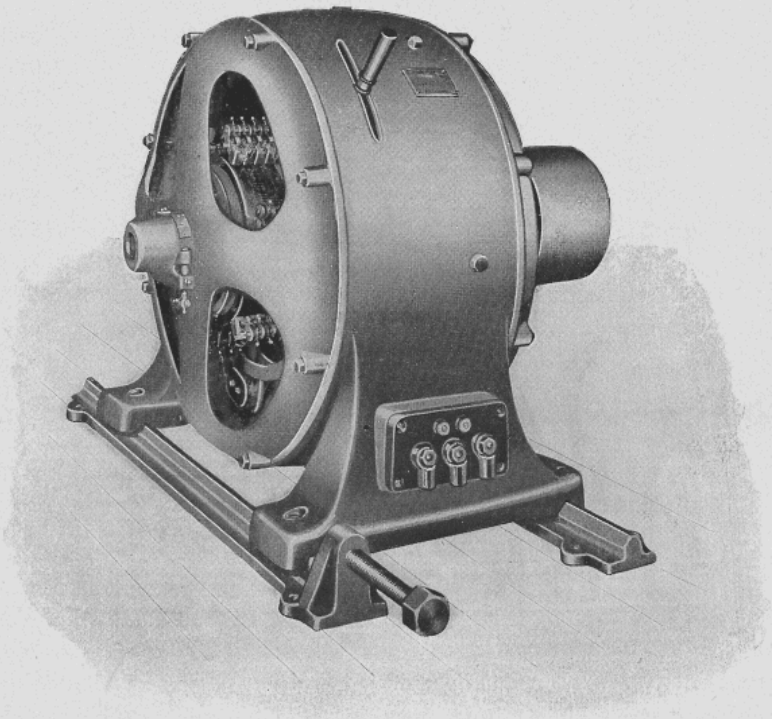
Le poids de la machine est environ de 680 kg, la partie correspondant au cuivre étant de 145 kg.

La puissance spécifique de la machine est approximativement de 84 watts par kg.

Génératrice C. L. de la General Electric Cº.

La *General Electric Cº* a établi un nouveau type de génératrice ayant un encombrement réduit et un poids minimum. L'emplacement nécessaire est, paraît-il, réduit de 30 % au minimum.

La carcasse porte des pôles d'acier rapportés, fixés au moyen de boulons. Les



Génératrice C. L. de la General Electric Cº.

paliers sont portés par des boucliers fixés sur la carcasse. Les intervalles entre les bras des boucliers sont garnis de plaques perforées et de toile métallique, protégeant l'enroulement. L'anneau porte-balais est maintenu sur la carcasse et peut être déplacé au moyen d'un levier qui la traverse. Les porte-balais sont aussi légers que possible; ils auront donc une inertie très faible et, par suite, ne s'écarteront jamais du collecteur, quelle que soit la vitesse de rotation.

La pression est exercée sur le bloc de charbon par un ressort-spirale, dont on règle la tension en faisant tourner l'axe de fixation au moyen d'une petite tige ; la connexion est assurée par un cordon souple fixé au charbon par un boulon.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les principaux types de générateurs C. L., construits par la General Electric C°, sont les suivants :

GÉNÉRATEURS type C. L.

Pôles.	Kilowatts.	Tours par minute.	Poids approximatif kg.	Longueur maxima mm.	Largeur maxima mm.
6	16,5	750	1 000	1 340	1 050
6	22,5	725	1 300	1 520	1 150
6	30	700	1 700	1 520	1 320
6	41	650	2 200	1 760	1 560
6	55	625	2 750	1 760	1 700
6	75	550	3 200	1 900	1 900

Générateurs à courant continu et vitesse modérée. Type C. L.

Pôles.	Kilowatts.	Tours par minute.	Poids approximatif kg.
6	25	1 100	960
6	34	1 050	1 250
6	46	975	1 700
6	58	925	2 140
6	72	850	2 700
6	90	750	3 200

Générateurs Wood de la Fort-Wayne Electric C°.

Ces machines ont quelques particularités intéressantes, parmi lesquelles on peut citer les suivantes :

1° La construction du collecteur permet un démontage par sections indépendantes, le cône serrant les lames étant formé de plusieurs segments fixés par des boulons sur un anneau calé sur l'arbre ;

2° Les noyaux polaires sont faits de tôles découpées en biseau que l'on place par paquets, alternativement dans un sens et dans l'autre, de façon à former un angle rentrant, cette partie devant être soudée par fusion dans la carcasse.

La pièce polaire est fendue à l'extrémité de façon à former un canal de ventilation, et elle porte une pièce polaire annulaire, rapportée et fixée au moyen de vis. Les côtés de la pièce polaire se terminent en pointes.

Les balais sont aussi fixés d'une façon spéciale ; le charbon est maintenu par une gaine de laiton fixée au porte-balais ; le balai est terminé par une pièce de laiton, portant une tige et un ressort à boudin, qui vient s'appuyer sur une butée réglable, fixée au collier du porte-balais au moyen d'une tige filetée. La connexion est assurée par un fil souple attaché à l'extrémité de la tige du balai.

La *Fort Wayne Electric C°* donne les garanties de fonctionnement suivantes :

Après un fonctionnement normal et continu, la température mesurée au thermomètre au-dessus de l'ambiante ne s'élèvera pas au-dessus de 35° C pour l'en-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

roulement et 40° C pour le collecteur, la température garantie étant de 45° C après un fonctionnement de 2 heures avec une surcharge de 25 %. La machine pourra supporter une surcharge de 50 % sans être endommagée.

Les principaux types de générateurs Wood construits par la Fort-Wayne Electrics Works sont les suivants :

GÉNÉRATEURS (125, 250, 550 volts).

L B. — Type à petite vitesse.

Pôles.	Kilowatts.	Tours par minute.	Poids approx. kg.
6	20	500	1 360
6	30	475	2 040
6	35	465	2 700
6	45	375	3 000
	L B. — Type à vitesse moyenne.		
6	30	750	1 360
6	40	700	2 040
6	50	650	2 700
6	75	620	3 000
	L B. — Type à vitesse modérée.		
6	40	1 000	1 360
6	55	950	2 040
6	70	925	2 700
6	90	750	3 000
	Type M P L. — Deux paliers. (125, 250, 550 volts.)		
6	100	500	4 500
6	150	550	6 800
	Type M P L. — Trois paliers.		
6	100	550	5 700
6	150	550	8 200
6	200	550	9 500
8	250	500	13 000
8	300	400	16 300
8	400	400	18 000

Générateur Wood pour lampes à arc en série type B.

Ces générateurs sont excités en série ; ils donnent un courant à peu près invariable depuis la marche en court-circuit jusqu'à la pleine charge, l'écart de tension pouvant atteindre 500 à 10 000 volts, suivant la puissance ; le courant fourni est de 6,8 et 9,6 ampères pour lampes ordinaires ou 5 et 6,5 ampères pour lampes en vase clos. Un régulateur spécial, agissant sur le calage des balais, règle ce courant à 10 % près.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La disposition de la dynamo est la suivante : deux culasses verticales portent les paliers et supportent, en haut et en bas, les noyaux des bobines inductrices, formant ainsi un cadre rectangulaire. Ces noyaux portent, en outre, au milieu les pièces polaires dont les cornes sont réunies par une plaque de laiton indiquant la spécification de la machine.

L'armature est un anneau Gramme modifié. Le noyau est fait en trois parties assemblées en queue d'aronde, et les tôles sont maintenues par des colliers métalliques, placés radialement, entre lesquels on vient faire un enroulement. Chaque section est formée de minces bobines de 200 à 250 tours. De chaque côté des colliers, on place une plaque de fibres qui servira à isoler les sections et à les maintenir. Lorsque l'enroulement est fait, on retire les colliers et l'on vient fixer, à la place, des bras qui maintiendront le noyau sur l'arbre. Le moyeu portant ces bras est formé en deux parties dont la séparation est perpendiculaire à l'axe. Ces deux parties sont enfilées sur l'arbre et rapprochées au moyen de boulons.

La régulation de la f. é. m. s'obtient en déplaçant le plan de commutation. Le fonctionnement du régulateur repose sur l'emploi de deux roues de frottement, tournant en sens inverse, commandées par l'arbre au moyen d'une courroie ; l'électro-aimant de réglage, commandant par levier un embrayage délicat, embraye, avec une ou l'autre de ces poulies, une roue qui transmet, par une double réduction d'engrenage, le mouvement aux balais. Le courant est recueilli par deux balais doubles dont l'écartement varie avec la position, au moyen d'un mécanisme différentiel, de telle sorte que le nombre des bobines, mises en court-circuit par les balais doubles, variera suivant la tension, ce qui permettra d'avoir une réaction d'induit constante.

Générateurs Wood pour arcs en série.

Numéros. —	Nombre de tours par minute. —	Volts. —	Nombre de lampes à arc à 6, 8 amp. —	Puissance sur la poulie H. P. —	Poids de l'armature kg. —	Poids total kg. —
5	1 075	1 250	25	13	100	680
6	1 000	1 750	35	20	160	950
7	925	2 500	50	30	210	1 300
8	900	3 750	75	42	270	1 770
9	875	5 000	100	56	360	2 360
9A	800	6 250	125	75	560	3 000
9B	725	8 000	160	90	700	3 700
10	600	10 000	200	108	...	....

Générateur à multiple voltage Gibson.

M. Gibson, de Hyde Park, Mass., a inventé un générateur à multiple voltage dont le brevet a été acheté par la Westinghouse Electric Cº.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce générateur permet d'alimenter directement une distribution à cinq fils, sans employer de compensatrices ou de batteries régulatrices.

L'armature est pourvue de deux enroulements, dont l'un produit une force électromotrice double, aboutissant à deux commutateurs séparés. Les deux balais du premier commutateur sont réunis aux fils extrêmes de la distribution, et les deux balais de l'autre collecteur aux fils intermédiaires.

Deux bobines compensatrices, montées ou non sur l'induit, sont réunies en leur milieu au fil neutre de la distribution ; les extrémités de

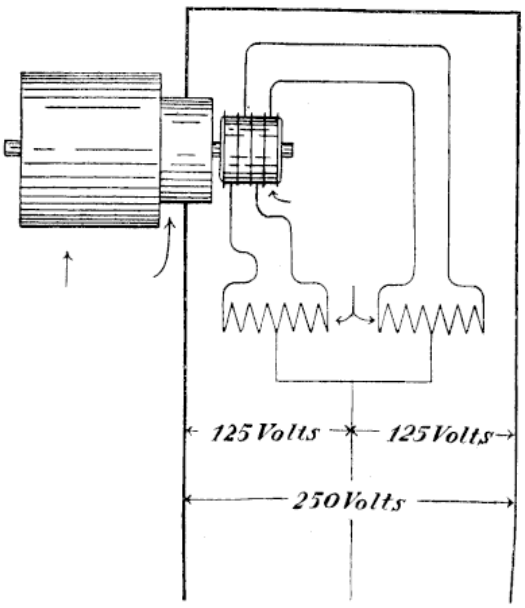


Schéma d'une génératrice pour distribution à trois fils.

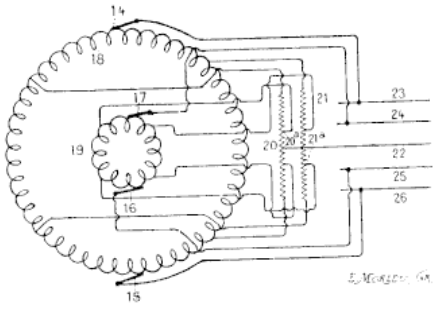


Schéma de l'enroulement d'une génératrice pour distribution à cinq fils.

chacune des bobines sont reliées à deux points diamétralement opposés de l'enroulement à haut voltage, et, en outre, un point situé au quart de la longueur de ces bobines compensatrices est connecté à des points homologues situés sur l'enroulement à bas voltage sur le même diamètre que ceux de l'enroulement à haut voltage.

Lorsqu'on veut obtenir des ponts égaux, on établit les enroulements dans le rapport de 4 à 1, c'est-à-dire que si l'enroulement à bas voltage a 12 bobines, l'enroulement à haute tension en aura 48, les mêmes rapports étant pris pour les bobines de compensation. Ces bobines peuvent être fixées sur l'armature et tourner avec elle : dans ce cas, l'arbre portera un anneau collecteur et un balai réuni au fil neutre ; mais, pour les machines plus puissantes, on pourra les placer extérieurement et les laisser fixes, et l'arbre aura, dans ce cas, huit bagues et balais collecteurs réunis aux différents points de l'enroulement.

Cette disposition s'applique très bien à la commande des distributions à multiple voltage, pour la commande des moteurs à vitesse variable dans les ateliers.

L'invention est basée sur un brevet pris le 16 janvier 1894 par M. Dolivo-Dobrowolsky, qui avait adopté ce système pour une distribution à trois fils.

Nous avons supposé que les voltages entre les divers ponts étaient égaux ; mais rien n'empêche de les prendre différents et d'obtenir, par exemple, des voltages croissant en progression géométrique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TURBINES A VAPEUR

Nous n'avons pas à faire l'éloge des turbines à vapeur. Leur faible encombrement, leur facilité de mise en marche, leur régularité de rotation tendront à rendre leur emploi général, et cela surtout dans les villes où le terrain atteint un prix élevé.

Turbine Laval.

La première en date est une turbine à action, c'est-à-dire qu'elle utilise la force vive de la vapeur détendue.

Des tuyères de forme spéciale impriment à la vapeur une vitesse considérable, tout en la laissant se détendre jusqu'à la pression atmosphérique. Le fluide en mouvement vient frapper une roue à augets qui, par conséquent, tournerait à une vitesse considérable si l'on pouvait utiliser toute la force vive de la vapeur. La vitesse de rotation atteint néanmoins 10 à 12000 t : m; elle doit donc être réduite pour la commande de générateurs électriques qui tournent généralement au voisinage de 1100 t : m. On emploie un train réducteur comprenant un pignon et deux engrenages placés dans un carter pour réduire la vitesse dans le rapport de 1/10.

La roue mobile est montée sur un arbre flexible, ce qui permettra à tout l'ensemble mobile de tourner autour de son centre vrai de gravité, lorsqu'une certaine vitesse (vitesse critique) sera atteinte. On n'aura, par conséquent, pas à redouter de décentrement des pièces et il n'y aura plus de vibration.

Le graissage est obtenu par une circulation d'huile par simple gravité au moyen de paliers-graisseurs à bague. L'avantage de l'emploi de la vapeur détendue est de ne pas avoir à craindre de fuites, ni de condensations, puisque la détente produit une certaine surchauffe de la vapeur. Les turbines sont pourvues de 1 à 15 tuyères de distribution; le réglage de puissance s'obtiendra en supprimant un certain nombre de tuyères, ce qui permettra d'utiliser toujours la pression *maxima*.

Une soupape équilibrée règle l'admission de vapeur dans la chambre de distribution; elle est commandée par un régulateur sensible qui permet seulement une variation de la vitesse de 2 % entre la marche à vide et la pleine charge.

Généralement une même turbine commande deux générateurs, ce qui permet d'équilibrer les réactions sur les engrenages. Les deux générateurs peuvent d'ailleurs être montés en série ou en parallèle.

La maison De Laval expose dans le stand de la *Bullock Electric Manufacturing C°*, dans la section 15 du Palais de l'Électricité, une turbine de 300 hp commandant un générateur double de 200 kw à 500 volts. Les induits donnent un courant de 375 ampères à 275 volts et sont réunis en série.

La vitesse de la roue est de 10000 t : m et les générateurs tournent à 900 tours.

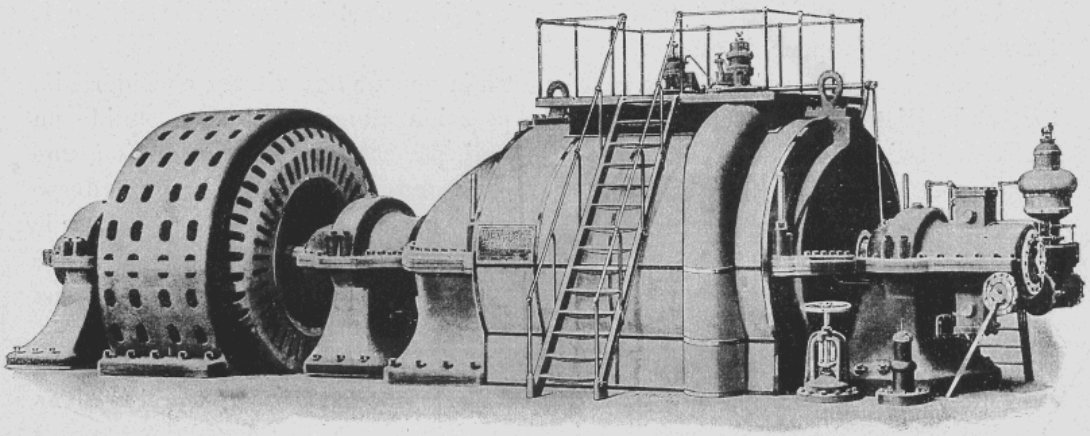
Indépendamment de ce groupe, la Compagnie De Laval de Trenton N. J. expose

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une installation de turbines en marche dans la Section des Mines, comprenant un moteur électrique de 20 hp accouplé directement à une pompe centrifuge, une turbine à vapeur de 55 hp accouplée directement à une pompe centrifuge De Laval, une turbine de 56 hp avec pompe à haute pression et une turbine de 30 hp réunie à un générateur de 20 kw à courant continu.

Turbine Westinghouse-Parsons.

Cette turbine est une combinaison de la turbine à action et à réaction, c'est-à-dire qu'elle utilise une partie de la force vive de la vapeur qui vient se heurter



Turbo-générateur Westinghouse-Parsons de 600 chevaux.

contre des aubages de roues mobiles, mais elle utilise aussi des détentes multiples pour réduire la vitesse du fluide. Cette turbine comprend trois parties principales : le rotor, le stator et les pistons d'équilibrage.

Le *rotor* comprend trois ou plusieurs tambours portant des anneaux à aubages dont les dimensions des ouvertures vont en croissant du commencement à la fin du tambour.

Le *stator* présente des rainures dans lesquelles sont placés des anneaux portant des aubages disposés en sens contraire de ceux du rotor; la longueur des lames des aubages va en croissant.

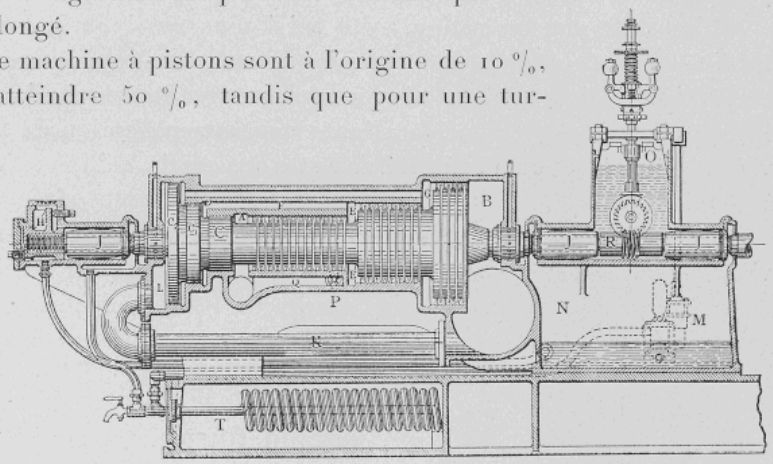
Pistons d'équilibrage. — Il y a autant de pistons d'équilibrage que de tambours; ils ont une surface suffisante pour équilibrer la poussée transversale. Ces pistons tournent avec l'arbre; ils ne sont pas jointifs, mais ils présentent des encoches qui entrent dans des rainures profondes du cylindre; la vapeur ne peut donc pas s'échapper au dehors par suite du chemin long et sinueux qu'elle aurait à parcourir.

Ces turbines fonctionnent avec ou sans condensation et peuvent utiliser la vapeur surchauffée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Leur fonctionnement très souple peut s'accommoder de surcharges de 100 %, sans que le rendement aux diverses charges varie dans de grandes limites. On remarquera qu'il n'y a pas de parties frottantes, sauf les paliers ; il n'y aura pas d'usure et les pertes n'augmenteront pas sensiblement après un fonctionnement prolongé.

Les pertes d'une machine à pistons sont à l'origine de 10 %, mais elles peuvent atteindre 50 %, tandis que pour une turbine Parsons elles n'ont augmenté en 11 ans que de 0,25 %.



Coupe schématique de la turbine Westinghouse-Parsons.

On remarquera aussi qu'il n'y a pas d'huile pour lubrifier le cylindre, par suite l'eau de condensation est aussi pure que celle de la chaudière et peut y être renvoyée directement. C'est un avantage précieux dans les endroits où l'on a peu d'eau pure à sa disposition, sur les navires, par exemple.

Le graissage est assuré par une circulation forcée d'huile sous pression.

Un régulateur centrifuge règle la pression de la vapeur d'admission.

La *Westinghouse Machine Company* expose à Saint-Louis une unité de 600 chx. Ce groupe mis en marche dès le commencement de Juin a fonctionné sans arrêt pendant toute la durée de l'Exposition ; il est installé dans la salle des Machines (Bloc 51, aile) et il fournit la force motrice et la lumière aux divers stands des Compagnies Westinghouse.

La pression de la vapeur est de 10,5 kg : cm².

Un générateur triphasé à 440 volts 60 p : s, tourne à 3600 t : m, la vitesse périphérique est d'environ 78 m : s.

Essai d'une turbine à vapeur Westinghouse.

On vient d'essayer aux ateliers Westinghouse un groupe électrogène de 1 250 kw, construit par cette Compagnie pour l'*Interborough Rapid Transit Company*. Le groupe est constitué par une turbine directement couplée à un alternateur.

Les résultats et conditions d'essai communiqués sont les suivants :

Pour une quantité d'énergie électrique équivalente à un cheval-heure, la consommation à pleine charge a été de 15 livres de vapeur, c'est-à-dire 6,8 kg, soit 9,23 kg par kilowatt-heure. Le vide correspondant était de 68 cm de mercure, la pression atmosphérique étant de 76 cm.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'essai, répété avec un vide de 71 cm a donné 14,5 livres de vapeur, c'est-à-dire 6,59 kg, soit 8,95 kg par kilowatt-heure.

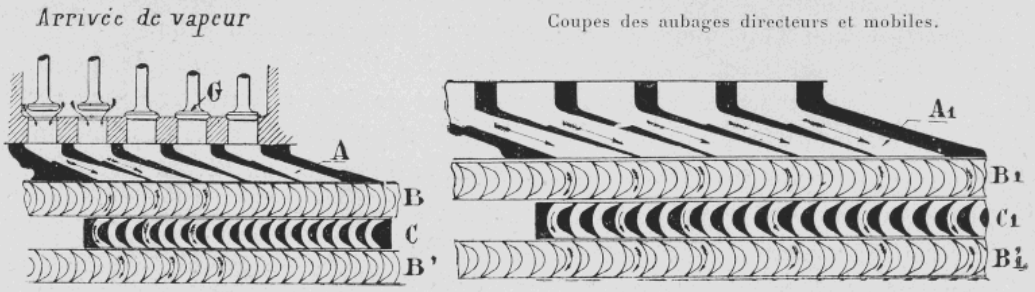
La vapeur était sèche, et non surchauffée, et la pression à l'ajutage atteignait près de 11 kg : cm².

L'essai de consommation a été suivi d'un essai de la soupape de sûreté, les turbines Westinghouse étant munies d'une pareille soupape, destinée à assurer l'arrêt automatique au cas où un accident ferait cesser l'action du régulateur. L'appareil était réglé pour fonctionner après accélération de 10 % au-dessus de la vitesse normale, et on a constaté, au cours des essais, qu'il fonctionnait régulièrement à 10 %.

On a fait aussi des essais de régularisation, ou plus exactement de variation de vitesse, par suite des variations de charge. Après avoir plusieurs fois établi ou supprimé brusquement la pleine charge un certain nombre de fois, on a constaté que les vitesses étaient peu influencées par ces variations brusques.

Turbine Curtis.

La *General Electric C°* de Schenectady expose une turbine verticale du type Curtis de 3 000 hp accouplée directement à un alternateur à 6 600 volts, 20 périodes tournant à 750 tours par minute. Le fonctionnement de ce groupe est très silencieux.



La turbine repose sur des fondations en béton et les machines auxiliaires sont placées dans une fosse de 13,40 m sur 7,60 m, ayant une profondeur de 1,50 m.

Les installations accessoires comprennent : une pompe centrifuge de circulation Worthington, accouplée directement à un moteur asynchrone de 125 chevaux et une pompe à vide Worthington double commandée par courroie par un moteur asynchrone de 7 1/2 hp et une pompe à vapeur de circulation d'huile.

Ces moteurs fonctionnent sous 440 volts 25 périodes. L'excitatrice de 25 kw est accouplée directement à une turbine Curtis, du type horizontal, tournant à 3 600 tours.

Le groupe fournit le courant nécessaire pour commander les pompes de la cascade, située sur la façade du palais des Machines, qui exigent de 11 h. à midi et de 2 h. à 3 h. une puissance de 1 600 kw.

Il fournit le courant à la sous-station des Tramways de l'Exposition. La charge

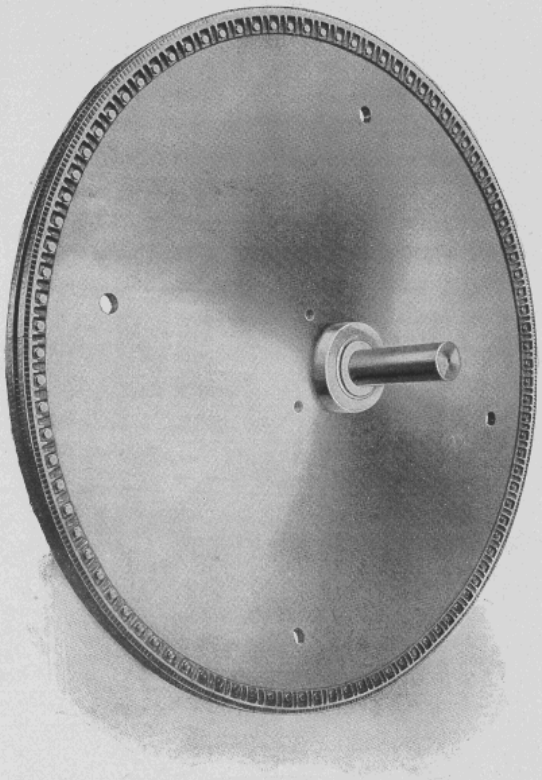
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la station variait, pendant cette période, de 2 400 kw à 1 100 et, malgré cela, le fonctionnement des convertisseurs a toujours été parfait.

Description de la Turbine Curtis. — La turbine Curtis, comme la turbine Parsons, est mixte, c'est-à-dire qu'elle utilise l'action et la réaction de la vapeur.

Le type des grosses unités est à axe vertical. Il comprend un certain nombre d'étages (deux au-dessous de 500 kw). Ces étages se composent d'un groupe de tuyères d'un nombre restreint de roues.

Cette disposition verticale permet d'éviter la flexion de l'arbre, les inégalités de pression et les imperfections des paliers. Deux sabots de fonte, dont l'un tourne avec l'arbre, supportent le poids de la partie mobile ; une mince couche d'huile ou d'eau les sépare ; cette eau ou huile est refoulée par une pompe à commande électrique ou à vapeur. Lorsque cette circulation est interrompue, les sabots en contact s'usent normalement, sans arrêter le fonctionnement. On peut d'ailleurs les remplacer à peu de frais.



Vue d'un disque mobile.

Dans une station de turbines, il serait préférable d'installer des accumulateurs de liquide qui régleraient la pression et serviraient de réserve.

L'ensemble des parties tournantes présente un jeu aussi petit que possible. L'étanchéité entre l'arbre et l'enveloppe est assurée au moyen de bagues en graphite, serties dans des cercles en bronze ; le graphite sert, en même temps, de lubrifiant.

Le réglage de la puissance est obtenu par la suppression d'un certain nombre de tuyères ou par la diminution de leurs sections. Dans le fonctionnement à condensation, la moitié des tuyères est fermée ; on pourra donc faire supporter une surcharge de 100 % à la turbine.

Un régulateur centrifuge, placé au bout de l'arbre, agit au moyen d'un levier sur un distributeur qui commande les pistons asservis, fixés à l'extrémité des tiges des soupapes d'ouverture des tuyères.

Dans le type le plus récent, la commande des soupapes est effectuée par des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

électro-aimants qui reçoivent le courant du distributeur et qui agissent indirectement sur une distribution d'air comprimé.

Lorsqu'on adopte ce mode de réglage pour une station centrale, on réduit le nombre des soupapes à deux, de telle sorte que chaque turbine fonctionne toujours à pleine charge ou avec une surcharge. On a donc ainsi le rendement maximum pour chaque unité.

Dans ce cas, le distributeur reçoit le courant continu fourni par un petit générateur auxiliaire; il commande alors un certain nombre de touches correspondant aux divers électro-aimants devant lesquelles se déplace un contact mobile fixé à l'extrémité de la tige d'un piston à vapeur asservi. Un régulateur centrifuge ou un moteur synchrone monté sur les barres de distribution, commande le tiroir de distribution de ce cylindre.

Par ce procédé, le nombre de turbines en marche correspond à la demande de puissance, et chacune fonctionnera dans les meilleures conditions de rendement.

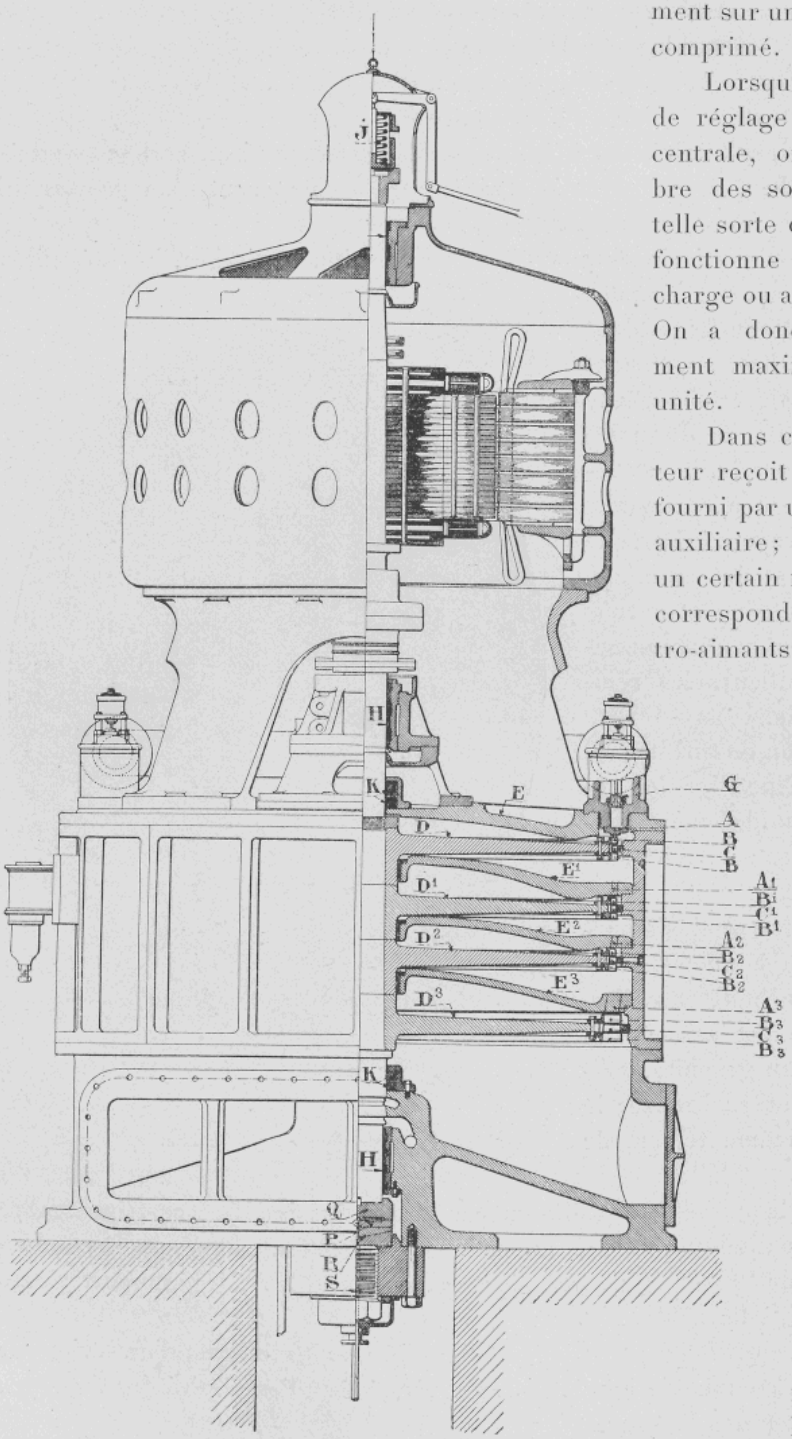


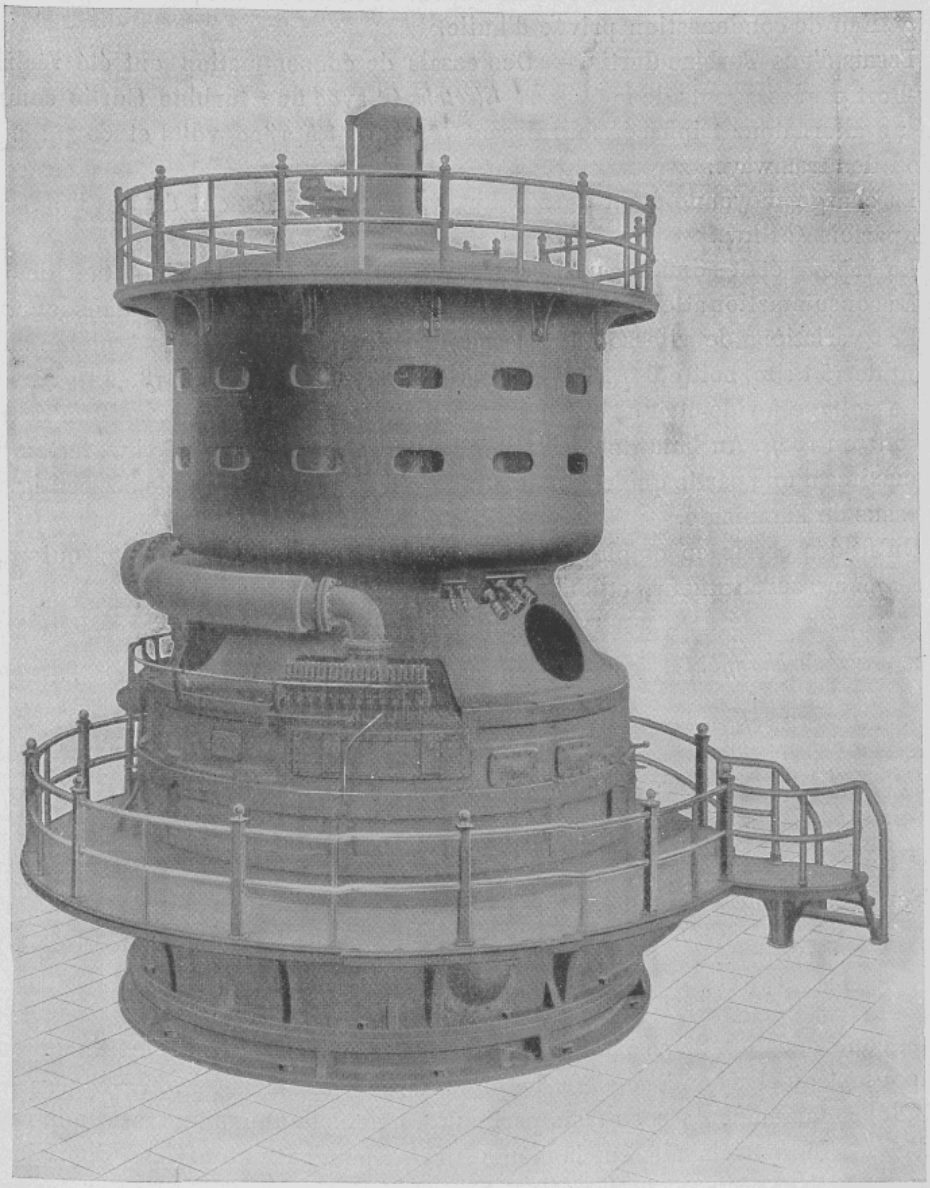
Diagramme de la turbine Curtis.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On peut résumer ainsi les diverses qualités de la turbine .

1° Grande économie de vapeur à toute charge ;

2° Grande économie de vapeur avec des charges rapidement variables ;



Groupe électrogène Curtis de 5 000 kw.

3° Faible espace couvert par kw, ce qui réduit le coût de l'installation et de la construction ;

4° Vitesse angulaire de rotation constante ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

5° Simplicité de manœuvre, faible dépense de surveillance ;

6° Absence de vibration ;

7° Dépense de vapeur sensiblement constante, même après un long usage ;

8° Emploi des fortes pressions de vapeur et la surchauffe ;

9° Eau de condensation privée d'huile.

Essais d'une Turbine Curtis. — Des essais de consommation ont été réalisés à New-Port par les agents de la *General Electric C°* avec une turbine Curtis commandant un alternateur triphasé, fournissant le courant à 2300 volts et 60 p : s à la station des tramways.

La charge moyenne étant de 253 kw, variait brusquement de 100 kw et atteignait parfois 421 kw.

La vapeur était admise à une pression de 10,2 kg : cm², le vide étant de 95 °/₀.

La consommation atteignait dans le premier cas 10,07 kg et 9,32 kg dans le second.

Les variations de vitesse entre la marche à vide et la marche à pleine charge étaient de 15 t : m, soit 0,8 °/₀, la vitesse à pleine charge étant de 18,45 t : m.

La voltage à vide était de 2480 volts, à pleine charge de 2232, soit un écart de 248 volts ou 10 °/₀. Au bout de 8 heures, et avec une charge de 660 kw, la température maxima d'une partie quelconque de la machine ne dépassait pas 38° centigrades au-dessus de l'ambiante.

On fit des essais en employant de la vapeur surchauffée à 150°, ce qui représente 175° au surchauffeur, et l'on obtint les résultats suivants pour la consommation :

1° *Sans surchauffe.*

50 °/₀ surcharge	10,11 kg.
3/4 °/₀ charge	10,34 —
1/4 °/₀ charge	13,90 —
à vide	0,70 —

2° *Avec surchauffe.*

Température de surchauffe :

150°,5	8,3 kg.
289°,6	7,9 —

La consommation de charbon était de 1,15 kg par kwh, ce qui remet la dépense, en supposant du charbon à 20,25 fr. la tonne, à 2,35 centimes le kwh.

Indépendamment de ces essais particuliers, nous donnons une moyenne résultant d'essais industriels faits sur la même turbine pendant une période de 10 jours, sur une turbine modèle 1904. Ces résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Température de surchauffe : A la soupape.	Au surchauffeur.	Consommation de vapeur en kg par kw-h.
—	—	—
66°	80°	8,3 kg.
143°	168°	7,23 kg.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Résumé de moyennes d'essai.

Durée de l'essai	heures	12	15
Poids total de charbon humide	kg	6 140	4 650
Humidité du charbon	%	3,1	5,5
Eau de condensation	kg	»	22
Eau contenue dans le charbon mesurée au calorimètre	%	3,05	2,1
Poids total de vapeur admise	kg	49 200	39 500
— de vapeur par heure	kg	4 030	3 290
— — sèche par heure	kg	3 960	2 570
Puissance mesurée au compteur polyphasé	kw	406,4	234,7
— sur les machines auxiliaires (moyenne)	kw	14,9	18,5
— totale moyenne	kw	421,3	253,2
Poids de vapeur sèche par kilowatt-heure	kg	10,32	10,61
Charbon sec par kilowatt-heure	kg	1,22	1,54

Turbine à vapeur Hamilton-Holzwarth.

La *Hooven-Owens, Rentschler C°*, de Hamilton, Ohio, a construit un nouveau type de turbines à vapeur, dont une unité de 10 000 kw fonctionnait à l'Exposition dans le bloc 46, au Palais des Machines.

Cette machine fonctionnait à une pression de 13 kg : cm² avec un vide de 457 mm, la vitesse de rotation étant de 1 500 t : m.

Dans les unités de 750 kw et au-dessus, la partie tournante est divisée en deux parties formant une turbine à haute et basse pression.

Les diverses enveloppes des turbines, les paliers et les générateurs sont fixés sur une seule plaque de fondation rigide, au-dessous de laquelle se trouvent les diverses canalisations d'huile et de vapeur.

La vapeur passe d'abord dans un séparateur d'eau avant d'arriver à la valve d'admission, cette valve pouvant être manœuvrée au moyen d'un volant à main ; la vapeur passe ensuite par une soupape de régularisation et de là, par un tuyau courbé, à la turbine à haute pression ; elle traverse ensuite les divers distributeurs fixes et les roues mobiles, pour se rendre à la turbine à basse pression et au condenseur.

Les disques distributeurs et les anneaux mobiles sont également pourvus d'aubages ; mais la vapeur ne se détend que dans les distributeurs, la hauteur radiale des aubages allant en croissant suivant l'augmentation de volume. Les parties tournantes sont équilibrées, ce qui permet de supprimer les pistons d'équilibrage, un simple palier de butée à bille suffisant largement.

Les aubages sont en acier matricé ; ils sont rabotés et introduits dans des rainures à la périphérie des disques sur laquelle ils sont maintenus par des rivets. Les aubages mobiles sont maintenus et rivés entre deux disques d'acier fixés sur le moyeu calé sur l'arbre.

Le régulateur est du type à ressorts et à poids ; il est commandé directement par la turbine ; les poids ont une dimension très faible, étant donnés les efforts centrifuges qui existent. L'admission de vapeur est réglée par une soupape équilibrée,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

placée au-dessous de la plaque de fondation. Cette soupape est en acier et elle repose sur des sièges d'acier.

Immédiatement en dessous de la soupape de régulation, se trouve un « by-pass » réglant la quantité de vapeur qui passe directement au cylindre à basse pression. Le régulateur actionne la soupape de réglage par l'intermédiaire d'un mécanisme régulateur asservi.

La tige de la soupape d'admission est commandée par l'intermédiaire d'engrenage d'angle, par un arbre portant un galet de friction se déplaçant sous l'action du régulateur le long d'un disque de friction, de telle sorte que la vitesse de commande et le sens de déplacement de la soupape dépendent de la position du galet par rapport au centre du disque.

Le disque n'est pas constamment en contact avec le galet, mais il est monté sur un arbre entouré d'un arbre creux commandé par vis sans fin et tournant constamment; le disque est rappelé en arrière par un ressort, mais l'action du régulateur tend à l'appuyer contre le galet lorsque le déplacement de la soupape doit être obtenu.

L'admission se trouve complètement fermée par le régulateur lorsque la vitesse de la turbine dépasse de 2,5 % la vitesse normale.

Un ressort antagoniste, dont la tension peut être changée au moyen d'une vis et d'un volant, permet de régler l'action du régulateur et de faire varier, par suite, la vitesse de la turbine en marche de 5 % dans les deux sens.

Les paliers sont graissés par de l'huile sous pression, au moyen d'une petite pompe commandée par vis sans fin par la turbine. L'huile, provenant d'un réservoir placé dans le bâti, est clarifiée dans un entraîneur et un filtre.

LES MACHINES A EXPLOSION A L'EXPOSITION DE SAINT-LOUIS

Moteurs Westinghouse.

La Compagnie Westinghouse expose divers types de machines à gaz du type vertical à simple effet et du type horizontal à double effet. Ce sont des machines à cylindres multiples : la première a trois cylindres avec manivelle à 120°, et la dernière a deux cylindres en tandem. Elles sont alimentées par le gaz d'éclairage de la ville. Nous décrirons la machine à double effet qui est d'un type plus récent. Les principales données sont les suivantes :

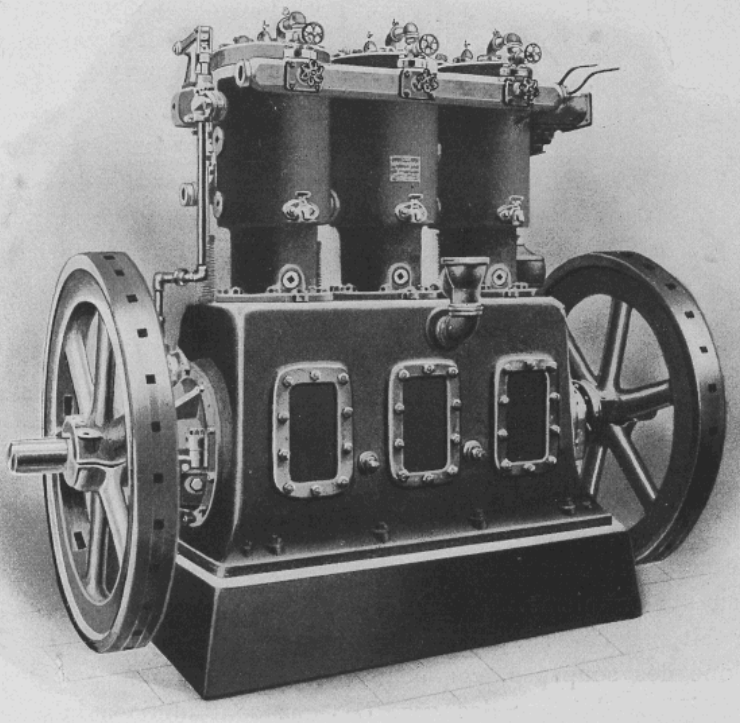
Diamètre des cylindres	36,2 cm
Course	55,8 cm
Vitesse angulaire	200 t : m
Longueur totale du groupe	8,66 m
Largeur totale de la machine	2,65 m
— du groupe	4,74 m

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Hauteur, y compris le volant	2,50 m
Diamètre du volant	2,67 m
Puissance	200 chx.
Diamètre de l'arbre	28 cm
Diamètre de l'arbre aux paliers	25 cm
Rapport de la longueur de la manivelle à la bielle	1/5,45
Générateur : 100 kw. à 8 pôles pour 125 à 250 volts pour distribution à trois fils.	

Cette machine ressemble beaucoup à une machine à vapeur compound. Les cylindres à refroidissement par l'eau laissent entre eux un espace libre pour la visite des paliers.

Chaque cylindre fonctionne comme un cylindre à simple effet suivant le cycle



Moteur à gaz vertical Westinghouse, type de 125 à 250 chevaux.

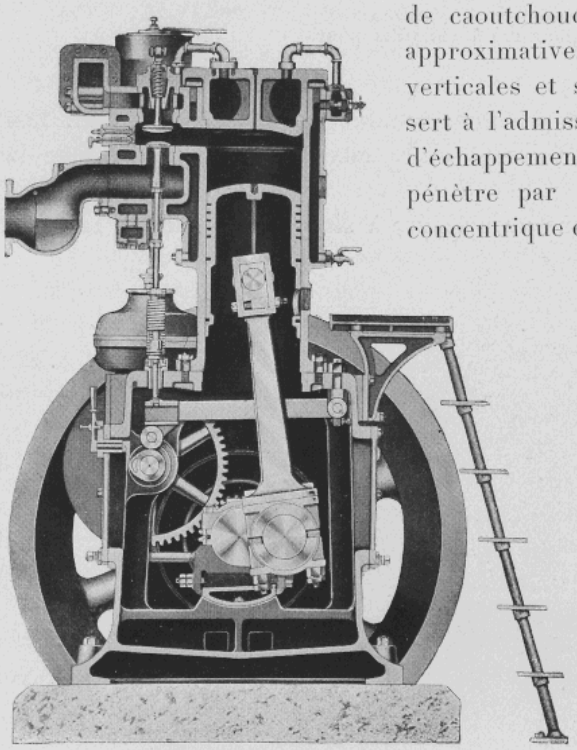
à quatre temps. La régulation s'obtient par la quantité de mélange gazeux admis, le mélange restant toujours le même.

Nous énumérerons les diverses particularités de la machine : L'arbre est en acier forgé. Il porte deux plateaux-manivelles de 91,5^{cm} de diamètre, munis d'évidements permettant de placer des masses de plomb pour équilibrer le volant. L'arbre des cames placé longitudinalement tourne à une vitesse moitié. Le réglage des coussinets et de la crosse de piston se fait au moyen de coins à boulons de rappel.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le cylindre est formé de trois parties; la culasse, portant les orifices d'échappement et d'allumage, est coulée d'une seule pièce avec la chemise.

Afin de réduire l'effort supporté par la chemise, celle-ci est fendue sur toute la longueur et la fente est rebouchée par une bande de métal élastique et un joint de caoutchouc. La chambre de combustion est approximativement circulaire. Les soupapes sont verticales et superposées; la soupape supérieure sert à l'admission et s'ouvre vers le bas, et celle d'échappement seule est refroidie par l'eau qui y pénètre par un tube et retourne par un tube concentrique et un tuyau de caoutchouc. Le piston et sa tige sont refroidis par l'eau qui est amenée à la crosse par un tube télescopique et ressort par une pièce en bronze fixée à la tige du dernier cylindre; les pistons sont creux et portent un grand nombre de segments écartés par de petits ressorts. Les diverses soupapes sont commandées au moyen de leviers ayant une course de 25 millimètres. L'allumage est réglable et se fait par rupture, suivant le dispositif Westinghouse, qui permet de donner une avance de quelques degrés, suivant la nature du gaz.



Coupe transversale du moteur.

Le régulateur est à peu près le même que celui qui est employé pour le réglage de la turbine Parsons; la vitesse de la machine peut se régler extérieurement afin d'amener le générateur au synchronisme. L'admission d'air et de gaz, dans la chambre du mélange, se fait par des soupapes tournantes dont on peut régler l'ouverture. En outre, l'une des soupapes, commandée par le régulateur, règle l'admission du mélange dans la chambre des gaz. Les gaz sont admis à la pression atmosphérique dans la chambre de mélange, et un diaphragme sert à régler cette pression. Le démarrage est particulièrement facile avec cette machine. On emploie, à cet effet, de l'air comprimé agissant sur le cylindre arrière, et la commande se fait alors par des cames auxiliaires, le premier cylindre fonctionnant normalement. Cette opération entière dure à peine une minute. Un compresseur à double effet est commandé par un moteur de 5 hp au moyen d'une chaîne Morse; la pression dans les réservoirs est de 10,5 kg : cm².

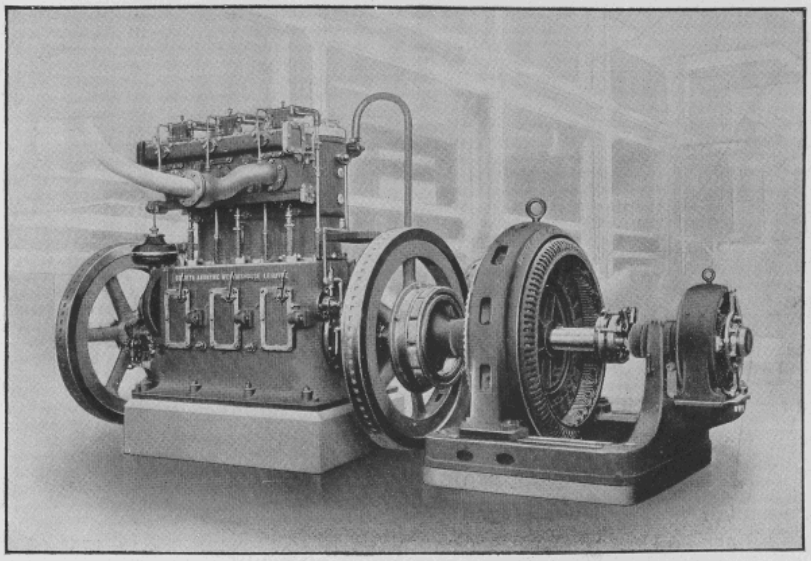
Le graissage est obtenu par une circulation d'huile forcée.

La machine verticale présente les mêmes caractéristiques : la manivelle barbote dans un bain d'huile. Ces machines sont très robustes et très résistantes. Une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

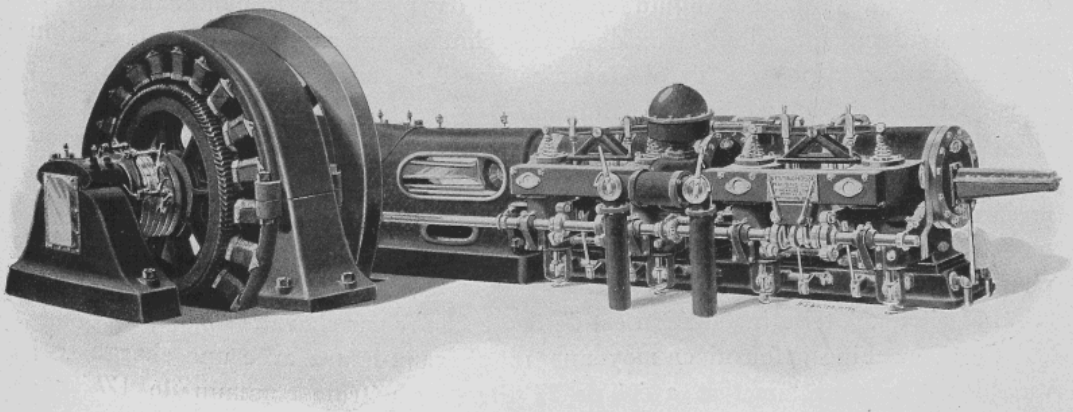
machine à gaz verticale de 65 hp a, en effet, fonctionné 1 157 heures sans arrêt, sauf le remplacement d'une courroie.

On a fait une comparaison, dans une station comprenant une puissance de



Moteur à gaz Westinghouse de 125 chevaux commandant directement un alternateur triphasé de 5000 volts et 50 p : s.

1 250 chx pour les machines à vapeur et 685 pour les machines à gaz avec du charbon à 20 fr. la tonne. On trouve une économie de 45 1/2 % en faveur du gaz.



Moteur à gaz horizontal à double effet Westinghouse, type de 200 chevaux.

L'avantage général des machines à gaz réside dans leur faible encombrement,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

car elles ne nécessitent ni chaudières, ni condenseurs. Les moteurs à double effet sont particulièrement adaptés à la commande des générateurs électriques.

Moteurs à gaz Westinghouse à simple effet.

Cylindres.			Nombre de tours par minute.	Puissance au gaz			
				de ville		pauvre	
Diamètre.	Course.	Nombre.		Nomin. HP.	Maxim. HP.	Nomin. HP.	Maxim. HP.
Centimètres.		—	—	—	—	—	—
203	254	2	325	25	28	—	—
228	254	2	325	—	—	25	28
254	279	2	300	35	38	—	—
266	279	2	300	—	—	35	38
279	305	2	290	55	65	—	—
330	305	2	290	—	—	55	65
279	305	3	290	85	90	—	—
330	305	3	290	—	—	85	90
330	355	3	260	125	140	—	—
381	355	3	260	—	—	125	140
355	457	3	240	175	190	—	—
406	457	3	240	—	—	175	190
406	508	3	225	225	260	—	—
457	508	3	225	—	—	225	260
711	558	3	200	275	300	—	—
508	558	3	200	—	—	260	290

Moteurs Diesel.

Une machine d'un type moins récent est le moteur Diesel, qui emploie comme combustible du pétrole; le liquide est injecté dans le cylindre contenant de l'air comprimé à haute pression. Deux de ces machines sont exposées dans la station génératrice des Alpes du Tyrol, fournies par l' " *American Diesel Engine Co* "; elles commandent des générateurs Bullock.

Chaque machine a trois cylindres de 0,407 m × 61 cm et développe 225 chx ou 160 kw et a un encombrement de 2,75 m × 5,20 m et une hauteur de 2,66 m. Ces machines étaient alors les plus puissantes, mais la Compagnie en construit maintenant de 500 chx, et une Compagnie allemande a fourni des moteurs de 1 600 chx pour ateliers de chemin de fer.

Le prix d'une telle installation est de 300 à 350 fr par cheval.

Cette machine a fourni en moyenne 100 chevaux-heure avec une charge très variable, et la consommation a été de 34 litres de pétrole commun de *Whiting*. A 33 c le litre, cela fait une dépense de 15,75 fr pour 100 kw-heure.

Le cycle adopté est le même que celui de la machine à gaz. La première course aspire l'air pur, la seconde l'air comprimé à 35 kg : cm². La température résultante

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est suffisante pour enflammer le pétrole que l'on injecte au commencement de la troisième course sous une pression de 63 kg : cm²; le pétrole brûle alors pendant l'admission, la quatrième course permet l'évacuation des produits de la combustion.

Le régulateur règle la quantité de pétrole injectée. Ces machines, pour avoir un bon fonctionnement stable, doivent avoir des cylindres multiples.

Installation hydro-électrique pour haute chute en service à l'Exposition.

L'Exposition comporte une pompe d'épuisement à vapeur fournissant l'eau sous la pression de 21 atmosphères à une roue tangentielle du genre Pelton, accouplée directement à une dynamo à courant continu de 550 volts, branchée sur le réseau du chemin de fer intramural.

C'est la première fois, paraît-il, qu'une pompe d'épuisement, ainsi qu'une roue hydraulique, sont exposées en plein fonctionnement dans une Exposition universelle.

La vitesse et le débit du groupe hydro-électrogène sont réglés par un ajutage à cône central, commandé directement par un régulateur hydraulique.

Dans les variations de charge, le surplus de l'eau fournie par la pompe s'échappe à travers un "by-pass" muni d'une soupape de décharge.

Des dispositions ont été prises pour relever, pendant toute la durée du fonctionnement, des diagrammes indiquant le rendement élevé d'une roue hydraulique tangentielle.

Un compteur enregistreur "Venturi", avec manomètre, mesure la quantité d'eau fournie à la roue hydraulique; un manomètre enregistreur "Metropolitan" enregistre la pression de l'eau, y compris les pertes dans la tuyère et ses raccords au compteur "Venturi".

Le rendement de la dynamo, sous différentes charges, a été déterminé à l'usine par des essais rigoureux.

La vitesse de l'ensemble hydro-électrogène est indiquée par un tachymètre, commandé directement par l'arbre, de façon à éviter des indications erronées dues aux glissements possibles avec une transmission par courroie.

Il est presque inutile de faire remarquer que, dans des installations industrielles, les roues hydrauliques tangentielles utilisent des chutes naturelles, dont l'eau leur est amenée à travers des conduites. Il n'y a donc plus qu'à tenir compte des frottements dans les conduites et les vannages, pour obtenir le rendement total d'une installation hydro-électrique à haute pression.

Pratiquement, le rendement d'une conduite varie entre 90 et 95 %, et celui d'un ensemble hydro-électrogène de premier ordre entre 74 et 82 %, suivant la charge. Le rendement global d'une installation hydro-électrique à haute pression est par conséquent compris entre 74 et 76 %.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CLASSE 429.

TRANSMISSION DE L'ÉNERGIE A DISTANCE; MOTEURS A COURANT CONTINUS ET ALTERNATIFS; TABLEAUX A HAUTE TENSION

Les efforts des divers constructeurs ont porté principalement sur les applications industrielles du moteur électrique. Ils ont cherché à rendre pratique l'emploi du moteur dans tous les genres d'industries.

Les gros moteurs à courants continus reçoivent relativement peu d'applications ils n'ont pas subi d'importantes modifications ; le type classique, multipolaire, est généralement adopté.

Les moteurs puissants à courants alternatifs ont fait, au contraire, d'énormes progrès.

Leur application, dans les transports de force à grande distance, est en effet très avantageuse.

Citons, entre autres, les moteurs de la *General Electric C°* qui présentent un dispositif de démarrage sûr et pratique; ceux de la Société Alsacienne et de l'Éclairage Électrique qui offrent la même particularité.

Quant aux petits moteurs à courants continus si répandus dans l'industrie, les constructeurs se sont ingéniés à en rendre le démontage et la réparation faciles.

La plupart des moteurs exposés peuvent être placés dans tous les sens et se prêtent aisément aux applications les plus diverses.

Le point caractéristique des appareils de ce genre est la vitesse variable obtenue par différents procédés utilisés par les divers constructeurs : La *Crocker Wheleer C°* agit uniquement sur le champ inducteur. Les moteurs Willey et ceux de la *Commercial Electric C°* permettent de grandes variations de vitesse par l'emploi d'induits à deux enroulements. Tous ces moteurs sont ouverts, fermés ou semi-fermés, suivant les diverses industries auxquelles ils sont destinés. Certains d'entre eux peuvent fonctionner au milieu de poussières inflammables.

Parmi les moteurs à courants alternatifs à vitesse variable, il faut citer l'apparition des moteurs à collecteur dont le principe, déjà ancien, n'a reçu encore que de très rares applications.

La *Wagner C°* se sert des propriétés de cet appareil pour le démarrage de ses moteurs asynchrones.

La Société Alsacienne présente un moteur à collecteur fonctionnant normalement à des vitesses très différentes et offrant tous les avantages des moteurs série.

Enfin la *General Electric C°* présente plusieurs dispositifs ingénieux de démarrage et un moteur à deux vitesses par variation du nombre de pôles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Moteurs de la General Electric C°.

Moteurs du Type C. E. — Ces moteurs se font pour les petites vitesses de 2 à 15 hp et les vitesses moyennes de 3 à 20 hp.

Le moteur a une forme symétrique ; il peut être placé dans presque toutes les positions sur le sol, au plafond ou au mur. Il suffit, en effet, de déplacer les boucliers qui portent les paliers graisseurs à bague.

La carcasse, en acier doux de haute perméabilité, est coulée d'une seule pièce avec les noyaux polaires.

Les pièces polaires rapportées maintiennent les bobines.

Ces moteurs peuvent être munis d'un train d'engrenage réducteur, placé dans un carter fixé au bâti ou d'un tendeur de courroie.

La *G. E. C°* fournit les garanties suivantes :

Les moteurs ne donneront pas lieu à des crachements pour toutes les puissances comprises entre la marche à vide et la pleine charge.

L'élévation de température au-dessus de l'ambiante ne dépassera pas 40° C, en aucun point en fonctionnant continuellement.

Ils pourront fonctionner une heure, avec une surcharge de 25 % et une surcharge momentanée de 40 %, sans être endommagés.

Toutes les parties des moteurs sont interchangeables.

Dimensions des moteurs du type C. E.

CLASSIFICATION									
PÔLES	H. P.	VITESSE (Moteurs Shunt.)							POIDS en kg.
		110 v.	115 v.	125 v.	220 v.	230 v.	250 v.	500 v.	
2	2	1060	1100	1175	1060	1100	1175	1120	155
2	3	1600	1650	1750	1600	1650	1750	1800	
2	3	1060	1100	1175	1060	1100	1175	1200	206
2	5	1600	1650	1750	1600	1650	1700	1800	
2	5	1060	1100	1175	1060	1100	1175	1200	286
2	7 1/2	1475	1525	1625	1475	1525	1625	1650	
4	7 1/2	795	815	860	795	815	860	1000	392
4	10	1220	1250	1310	1335	1375	1140	1500	
4	10	635	650	685	635	650	685	800	554
4	15	975	1000	1050	1070	1100	1150	1200	
4	15	665	690	750	665	690	750	750	753
4	20	1000	1040	1125	1000	1040	1125	1125	

Moteurs du type C. L. — Les moteurs du type *C. L.* sont construits suivant les mêmes principes pour des puissances plus grandes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Enrouleur de courroie. — La disposition de l'enrouleur de courroie est assez caractéristique ; elle permet de placer la courroie dans une direction quelconque.

Le galet-enrouleur assure un arc de contact de la carcasse de 175° sur la poulie, ce qui donne une bonne adhérence et permet une grande réduction de vitesse.

Le support du galet et le ressort-tendeur sont fixés dans une position quelconque autour de la circonférence au moyen de boulons dont la tête s'engage dans une rainure circulaire.

Le ressort, dont on peut régler la tension au moyen de crans, amortit les chocs et les efforts brusques ; il prévient les crachements du collecteur en cas de surcharge brusque.

Moteurs d'automobiles. — La construction de ces moteurs a été déterminée de façon à réduire le poids au minimum, et à former un ensemble compact et étanche.

Ces moteurs sont pourvus de pattes ou d'oreilles, permettant la fixation au châssis de la voiture pour la commande par chaîne, ou d'oreilles et de paliers montés sur l'essieu pour la suspension par le nez et la commande par engrenage.

Les paliers sont du type adopté pour les tramways. Ils peuvent être faits en aluminium ainsi que diverses pièces qui n'exigent pas une rigidité considérable.

Les moteurs tournent généralement à une vitesse de 800 t : m sauf pour la commande des camions ou véhicules à faible vitesse, pour lesquels la Compagnie construit des moteurs à faible vitesse dont les types courants sont :

Moteurs de 16 ampères 85 volts à vitesse de 640 t : m, châssis G. E.-1011.

Moteurs de 10 ampères 85 volts à vitesse de 575 t : m, châssis G. E-1012.

Les dimensions principales de ces moteurs sont les suivantes :

CLASSIFICATION.

Type.	Volts.	Ampères.	Vitesse en t : m.	Poids kg.	Puissance en chevaux.
GE-1010-B	85	16	850	125	1,44
GE-1011-A	85	20	850	145	1,85
GE-1012-B	85	30	800	192	2,85

Petits moteurs à courant continu. — Les moteurs du type C. A. sont construits pour des puissances entre 1/6 hp à 2 hp inclusivement. On cherche à réaliser un ensemble compact et de dimension et de poids restreints, pouvant se fixer en un point quelconque, même sur un support peu résistant.

Tout le circuit magnétique est formé de tôles feuilletées ; la surface occupée est seulement de 48/34 cm pour le moteur de 1 hp et de 56/42 cm pour celui de 2 hp.

Ils tournent à faible vitesse, ce qui est très avantageux pour la commande directe des machines et ce qui réduit en outre les pertes par frottement.

On peut démonter l'armature, après avoir enlevé le palier placé du côté de la poulie, tandis qu'une ouverture dans la carcasse permet d'enlever les bobines inductrices.

L'armature est formée de tôles calées directement sur l'arbre et est munie d'une bobine du type Eickemeyer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces moteurs peuvent porter un galet-tendeur pour la commande par courroie; la tension est produite par un ressort à boudin, dont on règle l'action au moyen d'un écrou.

Les moteurs du type *F. D.* se font de dimensions encore plus petites, de 1/15 et 1/10 hp avec des vitesses assez élevées. Ils s'adaptent à la commande des petites machines à polir des bijoutiers, des instruments à musique, des enseignes lumineuses.

Les principales dimensions des moteurs du type C, A, forme B de la *General Electric C°*, sont les suivantes :

PÔLES	H. P.	VITESSE (Moteurs Shunt.). 110 v.	115 v.	125 v.	220 v.	230 v.	250 v.	500 v.	POIDS en kg.
2	1/6	2250	2300	2420	2250	2300	2420	2500	18
2	1/4	1620	1650	1730	1620	1650	1730	1800	38
2	1/2	1180	1200	1260	1375	1400	1470	1700	61
2	3/4	1770	1800	1890	1770	1800	1890	2000	
2	1	1080	1100	1150	1080	1100	1150	1300	95
2	2	1770	1800	1880	1770	1800	1880	2000	

Moteurs Crocker-Wheeler.

Moteurs de grue. Type R. — Les moteurs du type *R* sont spécialement adaptés à la commande des grues ou treuils de levage. Ils ont une forme très compacte et sont complètements étanches à la poussière et à l'humidité. Ils sont évidemment enroulés en série, afin d'avoir un couple croissant rapidement avec la charge.

La carcasse, de forme rectangulaire en acier coulé, porte les pièces polaires feuilletées, rapportées au moyen de boulons.

Des boucliers de forme carrée portent les paliers; ils ont une dimension suffisante pour permettre le passage de l'armature pour le démontage. Diverses ouvertures, fermées par des couvercles de tôles, permettent l'inspection du collecteur.

Enfin le bâti porte des pattes ou oreilles sur deux côtés, pour permettre la fixation du moteur dans une position quelconque.

Les autres parties du moteur ne présentent rien de caractéristique.

Certains moteurs sont munis de contre-arbres portés par le bâti, permettant une réduction de vitesse dans les rapports variant de 7 à 3, suivant les dimensions.

Ils peuvent aussi être pourvus de freins automatiques à solénoïde; dans ce cas, le courant principal du moteur traverse une bobine de gros fil qui déplace un noyau de fer doux qui commande le frein au moyen d'une série de leviers.

Le mécanisme est disposé de telle sorte, qu'il suffit d'un effort minime pour maintenir les sabots en contact avec le tambour. Un grand effort de traction est nécessaire pour le débloquer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces moteurs ne sont pas destinés à fonctionner continuellement, mais en fonctionnement normal, l'élévation de température au-dessus de l'ambiante ne dépasse pas 50° C.

Ils sont munis de contrôleurs de commande et de résistance de démarrage du type à gril, formés de barreaux de fer isolés par des bandes de mica.

Les principales dimensions, puissances et poids des moteurs de grue de la *Crocker-Wheler C°* sont les suivantes :

Dimension.	Puissance chx.	Volts.	Ampères.	t : m à puissance normale.
2 1/2	1 1/2	110	14	720
		220	7	720
		500	3,2	780
	2 1/2	220	11,7	760
		500	4,9	850
6	6	110	49	100
		220	24,5	650
		500	10,7	760
	8	220	32,5	900
		500	13,8	1020
12	12	110	100	570
		220	50	570
		500	21	680
	16	220	66	850
		500	27	1015
20	20	220	80	490
		500	35,5	570
	26	220	100	675
		500	44	795
30	30	200	120	450
		500	51	500
	40	220	160	610
		500	69	730
45	45	220	180	350
		500	78	420
	60	220	236	530
		500	100	650

Moteurs. Type I. — Les moteurs du type *I* sont multipolaires ; ils sont très compacts et, par suite, conviennent parfaitement pour la commande des machines-outils. Ils peuvent être fermés, semi-fermés ou ouverts. On peut, dans certains cas, recouvrir les ouvertures de toile métallique, afin d'empêcher l'inflammation des particules combustibles en suspension.

Ils sont établis pour des puissances de 3 à 45 chx, on ne devra pas exiger la même puissance des moteurs complètement enfermés pour ne pas avoir d'échauffement exagéré.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les élévations de température maxima, garanties au-dessus de l'ambiante, sont de 45° C pour les types ouverts, de 55° pour les types protégés par de la toile métallique et de 60° pour les types fermés, mesures prises au thermomètre.

La carcasse en fonte, de forme circulaire, porte des pôles d'acier fixés par soudage. Les paliers sont portés par des boucliers, fixés sur l'armature au moyen de boulons, portant des oreilles placées intérieurement.

Le bâti peut, en outre, porter deux paliers supplémentaires pouvant recevoir un contre-arbre permettant une réduction de vitesse dans le rapport de 8 à 1.

Les principales dimensions, puissances et poids des moteurs type I semi-enfermés de la *Crocker-Wheler C°* sont les suivantes :

Dimension.	Puissance H. P.	Vitesses angulaires. 115-230 volts.	Vitesses angulaires. 500 volts.	Poids net en kg.
3	3	1 000	1 100	132
	4	1 170	1 375	
5	5	980	1 065	188
	6 1/2	1 225	1 325	
7 1/2	7 1/2	875	950	263
	9 1/2	1 100	1 175	
10	10	825	880	452
	13	1 100	1 175	
15	15	800	840	703
	20	1 200	1 250	
20	20	775	820	846
	26	1 025	1 100	
25	25	750	780	1 066
	32	1 000	1 050	
35	35	700	730	1 480
	45	950	1 000	

Petits moteurs. Type L. — Ce type de moteurs se fait pour des puissances de 1/4 à 3 hp. avec des dimensions aussi réduites que possible.

La carcasse en acier porte deux noyaux polaires avec pièces polaires rapportées. Les paliers sont portés par des boucliers fixés sur la carcasse. Le bouclier postérieur est fixé par quatre vis, de telle sorte que l'on peut le déplacer de 90° suivant le mode de fixation du moteur.

Le bouclier antérieur est fixé au moyen de trois boulons passant dans des rainures circulaires, de telle sorte que l'on peut le faire tourner afin de régler le calage des balais qui sont fixés invariablement. Le graisseur est inversable. Lorsqu'on désire une réduction de vitesse par engrenage, on adaptera au moteur un bâti ou une semelle portant le contre-arbre.

Les moteurs peuvent aussi porter un galet-tendeur ou enrouleur.

Les principales dimensions des petits moteurs de la *Crocker-Wheler C°*, type L, sont les suivantes :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dimensions.	MOTEURS OUVERTS — Puissance H. P.	Vitesses angulaires. 115-230 volts.	Vitesses angulaires. 500 volts.	Moteurs enfermés H. P.	Poids net du moteur kg.	Poids du support du contre-arbre kg.
2	3	1 440	1 550	2,5	110	54
	2	1 100	1 190	1,7		
1 1/2	2	1 490	1 600	1,7	87	45
	1,5	1 200	1 300	1,3		
1	1,5	1 780	1 880	1,5	74	36
	1	1 200	1 300	1		
3/4	1	1 600	1 730	1	42	27
	0,75	1 200	1 300	0,75		
1/2	0,5	1 400	1 520	0,5	35	18
1/4	0,25	1 600	1 730	0,25	20,2	11

Moteurs à vitesse variable. — La *Crocker Wheeler C°* a établi de petits moteurs à vitesse variable, dans lesquels la régulation s'obtient en agissant sur le champ inducteur. Ces moteurs servent pour la commande des machines-outils dans les petits ateliers où l'on ne peut installer de distribution à plusieurs voltages.

Ils se divisent en deux classes : la première, disposée pour donner une puissance constante avec une variation de vitesse de 2 à 1, et la seconde avec une variation de 3 à 1. Les moteurs de ces deux classes sont disposés pour fonctionner sous une tension de 115 ou 230 volts. Chacune de ces classes est divisée en deux groupes, le groupe comprenant les moteurs de plus petites dimensions qui tournent à 1600 t : m, et le groupe des gros moteurs qui tournent à 1400 t : m. Ces vitesses sont les plus grandes que l'on puisse adopter en pratique.

Ces moteurs ont une construction compacte ; ils sont convenablement protégés par leur carcasse, tout en laissant des ouvertures suffisantes de ventilation.

Les noyaux polaires sont montés avec la carcasse, ils portent des pièces polaires rapportées, maintenant les bobines inductrices.

Les paliers à anneau graisseur sont bien fermés pour ne pas laisser pénétrer la poussière ou les copeaux métalliques.

Les principales dimensions des moteurs à vitesse variable de la *Crocker Weeler C°* sont les suivantes :

Dimensions des moteurs ayant une variation de vitesse de 2 à 1.

Fonctionnant sous 115 volts. Carcasse.	H. P.	Vitesse angulaire.	Poids net kg.	Fonctionnant sous 230 volts. Carcasse.	H. P.	Vitesse angulaire.
5 I F	2 1/4	800-1 600	188	5 I F	2 1/4	800-1 600
7 1/2 I F	6	800-1 600	263	7 1/2 I F	6 1/2	800-1 600
10 I F	7 1/2	800-1 600	447	10 I F	7 1/2	800-1 600
15 I F	10 1/2	700-1 400	704	15 I F	12 1/2	800-1 600
20 I F	15	700-1 400	847	20 I F	17	700-1 400
25 I F	20	700-1 400	1 064	25 I F	24	700-1 400

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dimensions des moteurs ayant une variation de vitesse de 3 à 1.

Fonctionnant sous 115 ou 230 volts.

Carcasse.	H. P.	Vitesse angulaire.	Poids net kg.
5 I F	1 1/4	535-1 600	188
7 1/2 I F	2 3/4	535-1 600	263
10 I F	5	535-1 600	447
15 I F	7 1/2	535-1 600	704
20 I F	10	470-1 400	847
25 I F	15	470-1 400	1 064

Moteurs Bullock

Dans la série du matériel à courant continu de la Bullock C°, au Palais de l'Électricité, figurent 10 moteurs du type B, les uns cuirassés, les autres ouverts.

Ils sont munis de porte-balais d'un type spécial, appelé par les constructeurs type à réaction. Une rainure à queue d'aronde, ménagée sur le côté du porte-balais, reçoit la tête d'un boulon fixé au balais, qui permettra son libre déplacement, mais l'empêchera de sortir de son logement.

Ces moteurs sont pourvus, du côté du collecteur, d'un bouclier en cuivre embouti, assurant un meilleur rayonnement de la chaleur ; la différence est paraît-il de 2 à 3° C. pour un échauffement de 55°.

Ils ont enfin des démarreurs automatiques, permettant la commande à distance, et réglant l'accélération.

Dans certains de ces appareils, la seule manœuvre à faire est de presser le bouton qui ferme le circuit de commande.

Les moteurs du type N. — Ils diffèrent peu, en apparence, de ceux du type B, mais ils présentent un mode particulier de fixation des balais. Le bouclier qui porte les paliers supporte aussi les porte-balais dont la position sera par conséquent invariable. Le bouclier est fixé sur la carcasse inductrice au moyen de boulons passant dans des ouvertures ovalisées, ce qui permettra d'avoir un certain réglage pour la position des balais.

Ces moteurs peuvent porter directement un arbre de renvoi ou un engrenage réducteur.

La maison expose aussi divers moteurs à vitesse variable que l'on peut monter sur une distribution à tensions multiples.

Ils sont spécialement employés pour la commande des machines-outils.

Les principales dimensions des moteurs type N. et N. D. de la *Bullock Electric Mfg C°* sont les suivantes :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dimension.	Numéro de la carcasse.	Moteur ouvert H. P.	Moteur enfermé H. P.	Tours par minute.	Voltage.	Poids net approximatif.
N 64	1	1/2	1/2	300	120-240	123
		1	3/4	600		
		1 1/4	1	900		
		1 1/2	1 1/4	1 200		
N 66	2	3/4	3/4	300	120-240	136
		1 1/2	1	600		
		2 1/4	1 1/2	900		
		3	2	1 200		
N 85	15	1 1/2	1 1/4	300	120-240-500	227
		3	2 1/4	600		
		5	3	900		
		6	4	1 200		
N 104	3	2 1/2	2	300	120-240-500	283
		5	4	600		
		7 1/2	5	900		
		10	7	1 200		
N 106	4	3 1/2	3	300	120-240-500	349
	5	6	5	600		
		9	7 1/2	900		
		12	9	1 200		
N 108	5	5	4	300	120-240-500	419
	6	8	7	600		
		12	10	900		
		15	12	1 200		
N 136	7	7	6	300	120-240-500	545
		14	10	600		
		20	15	900		
		25	18	1 200		
N 139	8	9	7 1/2	300	120-250-500	795
		18	12	600		
		25	18	900		
N 168	10	18	12	300	120	1 315
		35	20	600		
		50	25	900		
N 168	10	18	12	300	240-500	1 315
		35	20	600		
		50	30	900		
N 1612	12	20	15	300	120	1 578
		40	20	600		
		60	30	900		
N 1612	12	25	18	300	240-500	1 578
		50	25	600		
		75	35	900		
N 2110	41	40	20	300	120-240-500	2 270
		75	40	600		
		100	60	900		

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les principales dimensions, puissances et poids des moteurs Bullock, du type B à enroulement Shunt, sont les suivantes :

DIMENSION	NUMÉRO de la carcasse.	PUISSANCE						VOLTAGE	POIDS net approximatif en kilog.
		MOTEUR OUVERT				MOTEUR FERMÉ			
		Faible vitesse.		Vitesse modérée.		Faible vitesse.			
		H. P.	T. P. M.	H. P.	T. P. M.	H. P.	T. P. M.		
B_2 62 1/4	20	1	1 100	2	1 800	1/2	1 250	120	118
	20	1	1 100	2	1 880	1/2	1 250	240	118
	20	1	1 200	2	2 000	1/2	1 400	500	118
B_2 64	21	2	1 050	..	....	1	1 200	120	163
	21	2	1 050	3	1 650	1	1 200	240	163
	21	2	1 150	3	1 750	1	1 300	500	163
B_2 64	22	..	....	3	1 650	..	....	120	163
B_2 83	23	3	1 050	5	1 650	1 1/2	1 200	120	250
	23	3	1 050	5	1 650	1 1/2	1 200	240	250
	23	3	1 150	5	1 750	1 1/2	1 300	500	250
B_2 84	24	5	1 050	7 1/2	1 650	3	1 200	240	285
	24	5	1 150	7 1/2	1 750	3	1 300	500	285
B_2 84	25	5	1 050	7 1/2	1 650	3	1 200	120	285
B_4 103	27	7 1/2	1 050	10	1 450	4 1/2	1 200	120	374
	26	7 1/2	1 050	10	1 450	4 1/2	1 200	240	340
	26	7 1/2	1 150	10	1 550	4 1/2	1 300	500	340
B_4 104	32	10	1 050	..	....	6	1 200	120	374
	28	..	....	15	1 450	..	....	120	408
B_4 104	27	10	1 050	..	....	6	1 200	240	374
	32	..	....	15	1 450	..	....	240	374
	27	10	1 150	15	1 550	6	1 300	500	374
B_4 134	29	15	900	20	1 350	9	1 050	120	556
	29	15	900	20	1 350	9	1 050	240	556
	29	15	900	20	1 425	9	1 100	500	556
B_4 135	30	20	875	25	1 325	12	1 025	120	658
	30	20	875	25	1 325	12	1 025	240	658
	30	20	900	25	1 375	12	1 050	500	658
B_4 137 1/2	31	25	775	35	1 175	15	900	120	772
	31	25	775	35	1 175	15	900	240	772
	31	25	800	35	1 225	15	950	500	772

Moteurs de la Western Electric C°.

Moteurs du type D. C. et E. — La *Western Electric C°* construit des moteurs du type *D. C.* et *E.*, enfermés et partiellement enfermés, dont la construction est identique à celle des génératrices du même type. On en trouvera la description au chapitre des génératrices.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Moteurs du type N. — La *Western Electric C°* construit aussi des moteurs d'un type spécial, bien adaptés pour le fonctionnement à l'extérieur, dans les endroits où l'on ne peut exercer de surveillance et où la poussière, la fumée et l'humidité peuvent gêner le fonctionnement des moteurs ordinaires.

Ils sont complètement enfermés ; ils ont par suite des dimensions assez grandes pour leur puissance, par la raison que la chaleur produite ne peut se dissiper que par rayonnement.

Le bouclier, portant le palier du côté du collecteur, est pourvu d'ouvertures ou regards, recouverts de plaques de mica qui permettent d'inspecter le fonctionnement et la tenue des balais.

Les noyaux polaires sont rapportés et fixés au moyen de boulons.

Les paliers à rotule sont à graissage automatique.

Les balais sont très légers, de façon à ne pas être influencés par la vibration, et sont disposés de façon à permettre la rotation du moteur dans les deux sens.

Ces types de moteurs sont construits pour des vitesses modérées, moyennes ou faibles, pour s'adapter à tous les cas.

Le type semi-enfermé *S. W.* a une construction générale identique, mais il est seulement protégé contre les détériorations mécaniques ; il peut fournir une plus grande puissance sans échauffement.

Ces moteurs peuvent être pourvus de paliers supplémentaires, pour supporter un contre-arbre, permettant une réduction de vitesse par engrenage.

Le train réducteur est généralement enfermé dans un carter en tôle, l'autre extrémité pouvant porter une poulie ou un pignon.

Ils peuvent aussi être munis de galets-tendeurs ou enrouleurs, pour la commande par courroie.

Les principaux types de moteurs construits par la *Western Electric C°* sont les suivants :

MOTEURS, type C.

HP.	Tours par minute.			Poids en kg.
	110 volts.	220 volts.	500 volts.	
20	675	675	775	840
25	615	615	665	1 050
30	1 015	1 015	1 150	840
30	600	600	675	1 475
40	950	950	1 025	1 050
40	575	575	625	1 630
50	915	915	1 000	1 475
60	850	850	950	1 630

MOTEURS, type D.

15	725	725	800	850
20	665	665	735	1 025
25	635	635	700	1 525
30	600	600	665	1 650

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MOTEURS, type NI.

HP.	Tours par minute. 110 volts.	220 volts.	500 volts.	Pôles.	Poids en kg.
1	1 300	1 300	1 400	2	90
2	1 200	1 200	1 300	2	155
3	1 150	1 150	11 75	2	225
5	1 000	1 100	11 25	2	385
7,5	900	900	1 000	4	490
10	800	800	925	4	680

MOTEURS, type N. S.

1	575	550	675	2	155
1 1/4	975	800	900	2	155
1 1/2	525	475	625	2	225
2	750	650	850	2	225
2 1/2	550	460	625	2	385
2 1/2	775	625	800	2	385
4	410	410	475	4	490
5	560	560	650	4	490
7 1/2	575	525	725	4	680

MOTEURS, type S. N. M.

1	2 400	2 400	2 500	2	42
2	1 750	1 750	2 000	2	82
3	1 900	1 900	1 900	2	148
5	1 325	1 825	1 650	2	218
7 1/2	1 300	1 550	1 500	2	375
12	1 150	1 150	1 275	4	475
18	1 200	1 225	1 225	4	650

MOTEURS, type S. N. I.

1 1/2	1 300	1 300	1 400	2	82
2 1/2	1 200	1 200	1 300	2	148
3 1/2	1 150	1 150	1 175	2	218
6	1 000	1 100	1 125	2	375
10	900	900	1 000	4	475
15	800	800	925	4	650

MOTEURS, type S. N. S.

1 1/4	550	525	650	2	148
1 3/4	950	775	875	2	148
2	500	450	600	2	218
2 3/4	750	650	850	2	218
3	550	460	625	2	375
4 1/2	775	625	800	2	375
5	410	410	475	4	475
6	560	560	650	4	475
7 1/2	375	375	525	4	650
10	575	525	725	4	650

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Moteurs multipolaires Willey

construits par Jas Clark Jr. and C°.

Les moteurs du type *W* sont semi-fermés ; ils sont munis de paliers à graissage automatique et de balais en charbon. Leur fonctionnement est garanti à pleine charge, sans échauffement exagéré ou étincelles.

L'élévation de température, au-dessus de la température de l'air ambiant, ne dépasse pas 40°C après un fonctionnement de 10 heures ; il n'est pas nécessaire de faire varier la position des balais pendant la marche.

Ils sont construits pour des moyennes ou des faibles vitesses.

Cette Compagnie construit aussi des moteurs à vitesse variable que l'on peut monter sur des circuits à un seul voltage ; ils donnent une large variation de vitesse.

Ces moteurs sont spécialement destinés à la commande directe des machines-outils et autres machines qui doivent être conduites à des vitesses variables.

Ils sont pourvus de deux enroulements dans l'armature et de deux collecteurs, ces deux enroulements étant dans le rapport de 3 à 5.

Pour les basses vitesses, les enroulements sont montés en série, deux vitesses plus grandes pouvant être obtenues en utilisant chacun d'eux séparément.

On obtient, par ce procédé, trois vitesses primaires très différentes, sans qu'il soit nécessaire d'intercaler une résistance dans l'inducteur ou l'induit, les vitesses intermédiaires s'obtenant en intercalant des résistances dans l'inducteur.

Le rendement de ces moteurs est très élevé à toutes les vitesses, et la régulation de la vitesse est satisfaisante.

Leur puissance est, aux plus grandes vitesses, environ deux fois celle des petites vitesses ou vitesses intermédiaires.

Ces moteurs sont calculés pour une élévation de température de 40° C au-dessus de l'air ambiant, après un fonctionnement de trois heures à pleine charge ; ils peuvent supporter une surcharge de 50 % sans étincelles et sans nécessiter le changement de position des balais.

Les principaux types de moteurs Willey construits par la *Jas. Clark, Jr. and C°* sont les suivants :

Types W à vitesse variable.

Numéro.	H. P.	T : M.
—	—	—
1	1	300-1 200
2	2	300-1 200
3	3 1/2	300-1 200
4	5	300-1 200
5	7 1/2	250-1 000

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Type W, moteurs multipolaires à vitesse modérée.

Numéro.	Puissance H. P.	T : M	Poids kg.
0	3	1 500	165
1	6	1 500	227
2	10	1 250	408
3	15	1 250	477
4	20	1 200	590
5	25	1 100	910
6	30	900	1 290
7	40	800	1 509
8	50	800	1 900

Type W, moteurs multipolaires à faible vitesse.

0	2	1 000	165
1	4	1 000	227
2	7 1/2	950	408
3	10	800	477
4	12 1/2	750	590
5	15	600	910
6	20	600	1 270
7	25	500	1 509
8	30	500	1 900

Moteurs de la Triumph Electric C°.

Les moteurs de la *Triumph Electric C°* du type *F* sont multipolaires ; ils se construisent pour des puissances de 1/2 à 5 chx inclusivement.

La couronne et les pièces polaires sont faites d'acier à grain fin ; les pôles sont rapportés au moyen de boulons ; ils maintiennent les bobines inductrices.

L'armature est formée de tôles minces soigneusement recuites, calées sur l'arbre.

Des boucliers fixés sur la carcasse maintiennent les paliers dont les coussinets sont en bronze.

Les balais sont pressés par des ressorts-spirale qui permettent un ajustage précis de chacun des balais. Les garanties de fonctionnement sont les suivantes :

Élévation de température, 40° C au-dessus de l'air ambiant, après un fonctionnement de 10 heures à pleine charge. Ils peuvent supporter, sans être endommagés, une surcharge momentanée de 100 %.

Ces valeurs seront augmentées pour les machines complètement enfermées.

Les moteurs enfermés, destinés à un service en plein air, sont munis de plaques de tôle perforées.

Lorsqu'on utilise une réduction d'engrenage, on emploie pour supporter le contre-arbre sur le moteur une sorte de semelle ou chaise, fixée par quatre boulons sur le bâti du moteur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les types de moteurs construits par la *Triumph Électric C°* sont les suivants :

DIMENSIONS COURANTES DES MOTEURS

Types.	Moteurs. Puissance en HP.	Moteurs. Vitesses 110 ou 220 volts.	Moteurs. Vitesses 500 volts.	Générateurs. Puissance en kw.	Générateurs. Vitesses : 125 ou 250 volts.	Poids en kg.
AAF	1/2	1 200	1 375	1/2	1 450	65
	3/4	1 800	2 050			
	1	2 400	2 700			
AF	1	1 100	1 250	1	1 350	113
	1 1/2	1 650	1 850			
	2	2 200	2 400			
BF	2	1 025	1 250	2	1 300	181
	3	1 500	1 800	3	1 800	
CF	3 1/2	1 025	1 250	3	1 250	284
	5	1 590	1 700	5	1 800	

DIMENSIONS SPÉCIALES DES MOTEURS

Types.	Puissance en HP.	Vitesses. 110 volts.	Vitesses. 220 volts.	Poids en kg.
AAF	1/8	300		65
	1/4		600	
	3/16	450		
	3/8		900	
AF	1/4	275		113
	1/2		550	
	3/8	415		
	3/4		825	
BF	1/2	250		181
	1		515	
	3/4	375		
	1 1/2		750	
CF	7/8	250		284
	1 3/4		515	
	1 1/4	375		
	2 1/2		750	

Moteurs Roth Brothers and C°.

Ces machines peuvent être employées pour différents usages, et fonctionner soit comme moteurs, soit comme génératrices pour l'éclairage.

Elles peuvent être fixées dans une position quelconque pour permettre une commande facile des machines-outils.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour le fonctionnement à l'extérieur ou dans les endroits où les moteurs sont exposés à la poussière ou à l'humidité, le type employé est complètement enfermé ; il présente alors l'aspect extérieur d'une sphère.

La carcasse magnétique est en acier doux, porte des noyaux polaires rapportés en acier coulé, à haute perméabilité magnétique, pénétrant profondément dans la culasse. Les bobines, enroulées sur des manchons isolants, sont maintenues par les pièces polaires.

L'enroulement induit est formé de bobines enroulées sur gabarits interchangeables.

Les lames du collecteur sont maintenues par des anneaux coniques.

Le courant est amené par une ligne de balais pressés individuellement par des ressorts réglables.

Ces moteurs sont surtout remarquables par le mode de support de l'arbre.

Les bras de support des paliers sont coulés d'une seule pièce avec l'armature, de façon à former un ensemble rigide et indéformable.

Les paliers sont coulés en une seule pièce avec une plaque circulaire que l'on fixe dans un collier de supports porté par l'armature. Ce collier est fendu ; il peut se serrer au moyen de deux boulons, tandis qu'un troisième boulon permet un centrage exact du palier.

Le collier est alésé à un diamètre supérieur à celui de l'armature, afin de permettre le démontage, l'ouverture étant bien calibrée, pour pouvoir interchanger les pièces. On peut donc faire tourner l'ensemble du palier pour placer toujours l'ouverture du graissage à la partie supérieure, quelle que soit la position dans laquelle on a fixé le moteur.

Des coussinets épais, en bronze phosphoreux et en une seule pièce, portent un prolongement qui vient se fixer dans le palier.

Ils portent aussi deux rainures sur la moitié de leur circonférence, où viennent se placer les anneaux de graissage.

Une petite broche empêche ces anneaux de sortir des encoches.

Ces moteurs se font pour des puissances de 1/15 à 20 chx ; ils sont étudiés pour recevoir des engrenages réducteurs fixés sur le bâti et sur le collier de support des paliers, ou être réunis par accouplement rigide à des générateurs.

La Maison Roth Brothers and C° s'est fait une spécialité des dynamos de petite puissance couplées rigidement, et sur un même bâti de fonte, avec des moteurs à courant continu ou alternatif. Pour fonctionner avec du courant continu, les moteurs sont enroulés pour 110, 220 ou 500 volts, et les dynamos correspondantes pour 10 à 130 volts, 20 à 250 volts et 30 à 550 volts. Ces groupes sont particulièrement utilisés pour la charge des accumulateurs, pour l'alimentation des lignes télégraphiques, pour les appels des lignes téléphoniques, pour l'électrométallurgie. Les dynamos enroulées pour fournir du courant alternatif sont très couramment employées pour les appels téléphoniques.

Quoique couplées rigidement, ces machines sont isolées électriquement l'une de l'autre et du bâti.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les principaux types de moteurs-générateurs sont les suivants :

Types.	Puissance.	Vitesse angulaire.	Types.	Puissance.	Vitesse angulaire.
1/6 S	100 watts	1 500 t:m	2 M	1 150 watts	1 800 t:m
1/4 M	140 —	2 300 —	2 S	1 500 —	2 000 —
1/4 S	175 —	1 400 —	3 M	2 000 —	1 700 —
1/2 M	275 —	2 100 —	3 S	2 500 —	1 100 —
1/2 S	350 —	1 350 —	5 M	3 300 —	1 600 —
1 M	500 —	2 000 —	5 S	4 000 —	1 000 —
1 S	750 —	1 300 —	7 M	5 400 —	1 350 —

Moteurs à vitesse variable pour distribution à un seul voltage de la Commercial Electric C°.

La *Commercial Electric C°*, de Indianopolis, a établi un type de moteur à vitesse variable, fonctionnant sous un seul voltage et donnant un couple maximum pour les basses vitesses.

Ce type de moteur est particulièrement bien adapté pour la commande de toutes machines à percer, ou à raboter, ou à aléser, assurant une plus grande vitesse de coupe, pour le travail des métaux les moins durs.

Il est pourvu d'une armature à deux enroulements identiques, réunis chacun à un collecteur.

Un contrôleur de vitesse permet de faire les diverses combinaisons de ces enroulements et de régler l'intensité du champ. On peut ainsi avoir un écart de vitesse de quatre à un avec douze crans différents.

La puissance en chevaux est constante à toutes les vitesses, la vitesse restant pratiquement constante, pour une position donnée du contrôleur, quelle que soit la charge. Le contrôleur et l'interrupteur de démarrage sont combinés et placés dans une seule boîte, que l'on peut placer sur le socle de la machine-outil, à proximité de la main de l'ouvrier.

L'avantage de ce système de moteur est de pouvoir se placer sur les réseaux déjà existants de lumière ou de puissance sans nécessiter des transformations coûteuses.

Moteurs de la National Electric C°.

La *National Electric C°* construit des moteurs du type *C. S.*, dont la construction est identique à celle des génératrices, mais qui peuvent être enfermés ou ouverts, ou protégés par des plaques de tôles.

Ils sont munis de paliers à anneau graisseur, avec coussinets d'une seule pièce.

Les types principaux de moteurs à courant continu, type C. L. de la *National Electric C°*, *Milwaukee*, sont les suivants :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

H. P.	Pôles.	Tours par minute. 100 V.	250 V.	500 V.	Poids kg.
2	2	1 275	1 275	1 275	175
3		1 725	1 725	1 950	
3	2	1 150	1 150	1 175	225
5		1 750	1 175	1 175	
5	4	1 050	1 050	1 175	240
7 1/2		1 600	1 600	1 600	
7 1/2	4	950	950	1 100	325
10		1 450	1 450	1 450	
10	4	875	875	875	390
15		1 175	1 175	1 375	
15	4	800	800	800	500
20		1 075	1 075	1 200	
20	4	700	700	700	640
30		950	950	1 075	
30	4	625	625	700	1 000
45		800	825	925	
40	4	625	625	675	1 460
60		775	800	875	

Moteurs ronds de la Sprague Electric C°, de New-York.

Ces moteurs ont une construction caractéristique permettant de réduire dans de grandes proportions leur encombrement.

Ils n'ont qu'une seule bobine inductrice qui entoure l'armature. La carcasse, en acier coulé, est séparée en deux parties par un plan perpendiculaire à l'axe : chacune des parties porte une pièce polaire. Il y a donc un seul joint dans tout le circuit magnétique ; la bobine inductrice excite à la fois les deux pièces polaires, de telle sorte que les fuites sont réduites au minimum.

Le collecteur atteint de fortes dimensions ; le courant est recueilli par deux balais en charbon très gros et placés presque en contact.

Ce type de moteurs peut être enroulé pour 115, 230 et 500 volts.

Moteurs de la Société Gramme.

La Société Gramme a exposé à l'Exposition de Saint-Louis les moteurs suivants :

Moteur à courant continu pour voiture automobile. — Ce moteur est du type léger et est excité en série. Il consomme 75 ampères sous 80 volts. Aux 10 bornes placées à la partie supérieure sont reliés les câbles d'arrivée du courant et les extré-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mités de chaque enroulement inducteur par pôle, c'est-à-dire que le moteur a 4 pôles bobinés.

Ces bornes sont réunies à un combinateur permettant de faire varier le couplage des inducteurs, et d'obtenir les diverses vitesses comprises entre 730 et 1025 t : m. L'extrémité libre de l'arbre peut recevoir un pignon de cuir, pour attaquer un engrenage monté sur l'essieu.

Ces moteurs sont construits en 3 grandeurs, 2, 4, 6 chx et avec 1 ou 2 collecteurs.

Moteur à courant continu et à vitesse variable, système Javaux et Barbou. — Le modèle exposé de 2 chx à 4 pôles, dont deux conséquents, était construit pour 18 ampères 110 volts. Un volant, placé à droite de la machine, permet de faire varier la vitesse en modifiant la réluctance du champ magnétique. Cette dernière variation s'obtient en faisant pénétrer plus ou moins profondément des broches dans les masses polaires, par la simple manœuvre du volant précité. Cette manœuvre, on peut le constater, est très douce, ce qui fait que, sans interposition de résistance dans le champ ou dans l'induit, on obtient une variation progressive d'allure entre les deux régimes.

Dans d'autres modèles construits, les broches ont été remplacées par des semelles ou par toute autre disposition mécanique similaire. Ces moteurs ont leur application tout indiquée à la commande des machines-outils.

La série courante comprend 10 modèles depuis 20 kgm : s jusque 20 chx. Au-dessus, ils sont construits sur commande.

Moteur à courant continu pour commande d'arbre flexible. — Ce moteur, du modèle léger, pèse 59 kg; son encombrement est réduit. Une poignée fixée à la partie supérieure sert à le transporter. Quoique le moteur tourne à 2000 t : m, un réducteur fixé sur le bâti ne fait faire que 500 t : m à l'arbre flexible.

Cette vitesse peut être diminuée. L'extrémité de l'arbre porte-outils porte une griffe destinée à recevoir le manchon de transmission de l'arbre flexible, qui peut être du système Fonreau à ressorts ou Janet à maillons ajustés.

Ces appareils étant utilisés généralement à l'extérieur, les organes sont munis de protecteur les mettant à l'abri de la poussière. Le démarrage s'obtient par un rhéostat-type dit à borne hermétique.

Sur demande, la Société construit l'ensemble composé du moteur, du rhéostat ou flexible et du porte-outil, ce dernier formant encore réducteur de vitesse.

La série courante comprend 4 modèles de 1/2 à 4 chx.

Petits moteurs à courant continu. — Ces moteurs, du type léger, ont une puissance de 1/2 à 4 chx à 110 volts. Ils ont 4 pôles dont deux conséquents. Leur encombrement est très réduit. Leur enroulement se fait en tambour, les balais sont en charbon, le graissage est automatique à bagues. Les parties actives sont protégées et ces moteurs se placent soit sur le sol, soit contre un mur, soit au plafond.

Ils se font avec réducteur de vitesse avec articulation élastique pour commande par friction.

Ils peuvent être complètement fermés, dans ce cas la puissance est réduite de 20 %.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Moteurs Gramme du type supérieur. — Ce moteur a été créé en en 1885 par M. Z. Gramme.

La bobine est à enroulement Gramme, l'arbre est en acier dur ; les coussinets en bronze au titre ; le collecteur en cuivre électrolytique étiré ; les balais en charbon sont démontables pendant la marche.

Ces machines sont garnies de paliers graisseurs à bagues et les poulies sont recouvertes d'une composition adhérente, réduisant le glissement des courroies au minimum.

MOTEURS A COURANTS ALTERNATIFS

Moteur à vitesse variable de la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques.

Ce moteur est pourvu d'un collecteur. Il a été établi pour 110 volts et 50 p : s. L'enroulement étant à 6 pôles, la vitesse à vide est de 1 000 t : m. Sa puissance normale est de 15 à 18 poncelets.

Sur le collecteur frottent trois balais décalés de 120° l'un par rapport à l'autre.

Le moteur fonctionne en combinaison avec un petit survolteur; les stators des deux appareils sont montés en parallèles sur le réseau.

Les deux parties mobiles peuvent être reliées entre elles, de façon que les forces électromotrices soient en opposition ou en série. Dans les deux cas, on peut régler la vitesse en faisant varier la tension entre les balais du moteur, sans avoir de pertes dans les résistances, le rendement restant maximum à toutes les charges.

Dans le premier cas, la vitesse maximum du moteur est la vitesse du synchronisme, donnée par la fréquence et le nombre de pôles; la vitesse diminue si les forces contre-électromotrices, produites par le survolteur, augmentent. Dans le dernier cas, la vitesse maxima dépasse de beaucoup la vitesse du synchronisme et est d'autant plus grande que la force électromotrice du survolteur, ajoutée en série à celle du rotor du moteur, est plus grande. Avec ce montage, le moteur présente toutes les qualités du moteur en série à courant continu, telles que : grand couple de démarrage, très grande vitesse à vide et variation de la vitesse avec la charge. La variation de vitesse possible est donc des plus grandes. Enfin, il fonctionne sans production d'étincelles nuisibles.

Ce dispositif est aussi applicable en courant alternatif simple, le moteur travaillant alors comme moteur à répulsion.

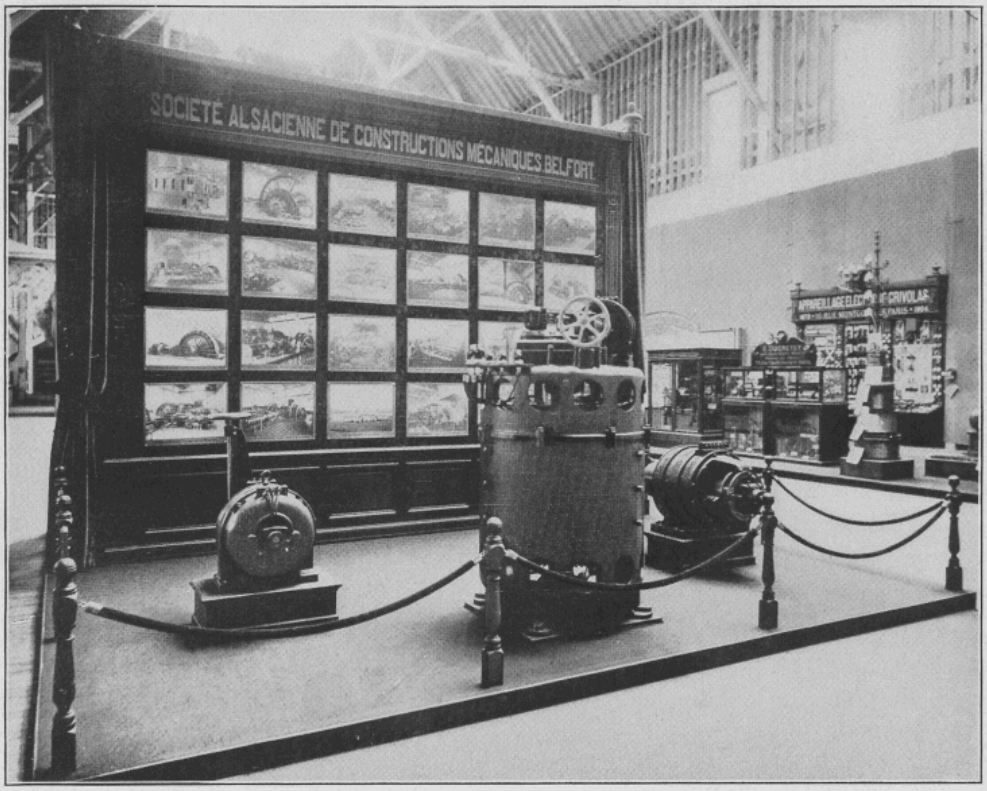
Le moteur exposé était un appareil d'essai. Les extrémités des différents enroulements sont facilement accessibles, de manière à pouvoir réaliser toutes les combinaisons voulues.

Certains perfectionnements concernant le démarrage et le déphasage sont actuellement à l'étude ou à l'essai.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Moteur à courant triphasé n° 210 de la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques.

Un moteur de ce type est accouplé directement à la pompe centrifuge du condenseur à surface de la machine à vapeur du groupe électrogène. Il est établi pour 110 volts, 50 périodes et pour une puissance normale de 30 kw à une vitesse de 750 t : m ; il peut supporter sans caler le double de cette puissance.



Vue d'ensemble du stand de la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques.

Le stator du moteur constitue le système inducteur, et le rotor la partie induite.

Les enroulements fixe et mobile sont placés dans des entailles presque fermées ; ils sont formés pour les deux parties de barres de cuivre électrolytique. L'induit porte trois bagues reliées à un rhéostat de démarrage métallique. Un dispositif permet de mettre en court-circuit, après le démarrage, les trois phases de la partie mobile et de soulever en même temps les balais.

Survolteurs à courant alternatif de la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques.

Survolteur dévolteur triphasé. — Cet appareil est d'un type très usité. Il sert à faire varier la tension du courant qui alimente des commutatrices, et permet

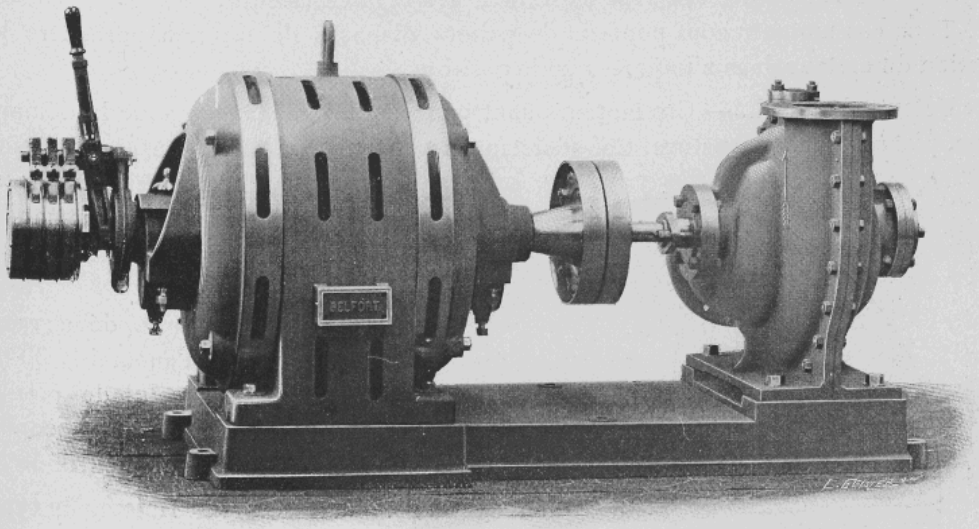
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ainsi de modifier la tension du courant continu suivant les besoins du réseau.

Le survolteur exposé est du type à axe vertical à un seul induit. Il est construit comme un moteur asynchrone. La partie intérieure mobile est la partie inductive. Son enroulement est branché en dérivation sur le réseau, tandis que l'enroulement de la partie fixe est monté en série avec les trois lignes du réseau.

Le réglage de la tension est obtenu en tournant plus ou moins la partie mobile. Un petit moteur asynchrone, commandé depuis le tableau, et placé sur le plateau supérieur de l'appareil, permet de faire tourner l'axe de l'induit du survolteur au moyen d'une vis sans fin.

Un ressort déplace au repos l'induit du moteur en cage d'écureuil par rapport au stator. Lorsque l'on ferme l'interrupteur de démarrage, l'induit est attiré et



Moteur polyphasé avec démarrage à main. S. A. C. M.

embraye un cône de friction qui commande la vis sans fin en produisant ainsi un démarrage lent et progressif de l'induit du survolteur.

Le courant normal est de 400 ampères, la variation maximum de tension de 40 volts. La tension constante du réseau d'alimentation est de 360 volts, correspondant à 500 volts courant continu. La tension variera donc du côté continu de 445 à 555 volts.

La même installation a été munie d'un appareil analogue, mais capable de faire varier la tension de 175 volts à 400 ampères.

Survolteur horizontal. — Ce survolteur est construit suivant le même principe. La partie fixe est la partie inductrice. Il permet de faire varier la tension de 25 à 195 volts, la tension d'excitation étant de 110 volts. Le courant est de 70 ampères par circuit.

La commande se fait à la main au moyen d'un volant et d'une vis sans fin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Moteurs d'induction de la General Electric Cº.

La « General Electric Cº » construit des moteurs asynchrones pour circuits diphasés et triphasés et pour des fréquences de 25, 40 et 60 p : s.

Les moteurs triphasés peuvent fonctionner sur les réseaux monophasés, en intercalant des transformateurs, et sans aucun autre changement.

Ces moteurs sont d'une construction très simple et très robuste ; ils se font en divers types qui se distinguent par les procédés de démarrage employés.

Forme L. comporte une résistance de démarrage intérieure.

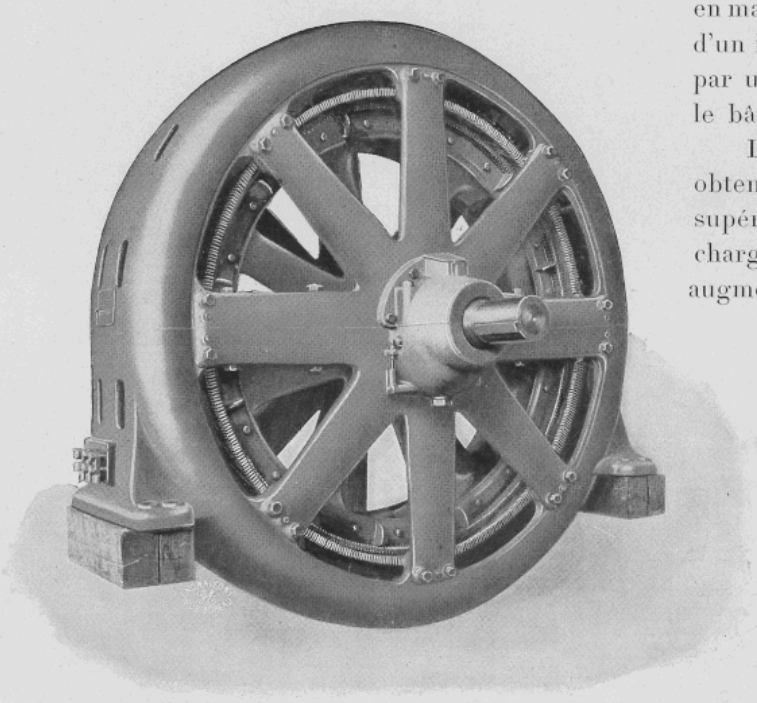
— R. comporte une armature en court-circuit et un compensateur.

— M. comporte une résistance de démarrage extérieure.

Tous ces moteurs sont pourvus de paliers disposés de façon à permettre la fixation du moteur dans n'importe quelle position.

Moteurs du type L. — Ces moteurs sont pourvus de résistances pour le démarrage, placées dans l'armature. Ces résistances peuvent être mises en court-circuit en marche normale, au moyen d'un interrupteur commandé par un simple levier fixé sur le bâti.

Le couple de démarrage obtenu est d'au moins 30 °/₀ supérieur à celui de pleine charge ; le courant absorbé augmentant seulement de 50°/₀.



Moteur asynchrone de 700 chevaux à 150 t : m.

Moteurs du type M. — Ces moteurs sont à vitesse variable ; ils servent pour la commande des grues, treuils, élévateurs, etc... Ils ont un meilleur rendement et un plus faible facteur de puissance à faible charge que les moteurs du type L. Ils sont munis de bagues et de frotteurs permettant d'intercaler une résistance variable dans l'armature.

On obtiendra, par ce procédé, des variations de vitesse identiques à celles que l'on obtient avec les moteurs shunts, et qui seront suffisantes dans la pratique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En général, la vitesse normale que l'on admettra sera faible, afin de ne pas nécessiter l'emploi d'engrenages, ayant un trop grand rapport de réduction.

Moteurs du type R. — Ces moteurs sont munis d'un compensateur de démarrage; ils sont employés lorsque le moteur ne doit pas démarrer en pleine charge ou lorsque le réseau ne peut fournir un grand courant de démarrage.

Le moteur pourrait être mis en marche en fermant simplement le commutateur primaire, mais, dans ce cas, le courant de démarrage atteindrait une intensité pouvant aller jusqu'à six à sept fois celle de pleine charge. C'est pour réduire l'intensité, quand un grand effort de démarrage n'est pas demandé, que le compensateur est utilisé. Ce dernier est intercalé entre la ligne et le moteur, comme un transformateur, et, en réduisant la tension appliquée aux bornes du moteur, il atténue l'intensité du courant de démarrage de telle façon, que si le compensateur est réglé pour admettre le courant de pleine charge au démarrage, le moteur démarrera à environ un quart de charge.

Dès que le moteur a pris sa vitesse, le compensateur est mis hors circuit en déplaçant simplement la poignée du commutateur.

La Société construit aussi des moteurs à deux vitesses, la variation étant obtenue en changeant le nombre de pôles. Le moteur aura alors une puissance moitié moindre lorsqu'il fonctionnera à demi vitesse.

Ces moteurs d'induction seront employés pour les grosses unités, de préférence aux moteurs asynchrones, car ces derniers auront tendance à donner des oscillations sur le réseau, et indépendamment de ce fait, ils occasionneront des difficultés pour leur démarrage.

Les diverses tensions pour lesquelles les moteurs de types courants sont construits sont les suivantes :

Enroulements.	Périodes par seconde.	Voltage.	
		Moins de 50 hp.	50 hp. à 550 hp. incl.
Diphasés	60	220	440-2 080
et	40	550	550
triphasés.	25	220	440

Les principaux types des moteurs d'induction, forme K. L. et M., construits par la *General Electric C°*, sont les suivants :

Vitesse modérée, 25 périodes : s.

Pôles.	Puissance.	Vitesse angulaire.	Poids.
4	1 h. p.	750 t : m.	127 kg.
4	2	750	161
4	3	750	249
4	5	750	295
4	10	750	340
4	15	750	453
4	20	750	640

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pôles.	Puissance.	Vitesse angulaire.	Poids.
4	30	750	1 040
4	40	750	1 320
6	50	500	1 680
6	75	500	2 175
6	100	500	2 990
6	150	500	3 850
6	200	500	4 800
	Vitesse modérée, 40 périodes : s.		
4	1	1 200	89
4	2	1 200	127
4	3	1 200	161
4	5	1 200	249
4	7,5	1 200	295
4	10	1 200	340
4	15	1 200	453
6	20	800	640
6	30	800	1 040
6	40	800	1 320
6	50	800	1 680
6	75	800	2 175
8	100	600	2 990
8	150	600	3 850
10	200	480	4 800
	Vitesse modérée, 60 périodes : s.		
4	1	1 800	89
4	2	1 800	127
4	3	1 800	161
6	5	1 200	249
6	7,5	1 200	295
6	10	1 200	340
6	15	1 200	453
8	20	900	640
8	30	900	1 040
8	40	900	1 320
10	50	720	1 680
10	75	720	2 175
12	100	600	2 990
12	150	600	3 850
14	200	514	4 800

Moteurs de la Wagner Electric Mfg. C°

Ce qui constitue le principal intérêt de l'Exposition Wagner, c'est l'heureuse utilisation qu'elle fait du courant alternatif simple pour l'alimentation des moteurs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans tous les emplois de l'industrie. On en sait la difficulté, on sait aussi de quelle façon la Société Wagner l'a résolue en créant un moteur à courant alternatif simple qui démarre sous pleine charge, en quelque sorte automatiquement, et sans exiger d'autres manœuvres que la simple fermeture d'un interrupteur.

Le moteur est muni d'un collecteur latéral, sur lequel frottent des balais qui, au démarrage, mettent l'enroulement d'induit en série avec l'enroulement inducteur, assurant ainsi au moteur le même couple de démarrage qu'à un moteur série.

Un dispositif à force centrifuge agit quand le moteur est au synchronisme pour écarter brusquement les balais du collecteur et court-circuiter l'induit. Ainsi qu'on le voit, la pièce formant court-circuit est formée d'une série de lamelles de cuivre de faible épaisseur, disposée en anneaux à l'intérieur de l'induit.

Les constructeurs ont appliqué ce principe à des moteurs dont la puissance va de 1/2 ch. à 35 ou 40 chx. Cette série de moteurs est largement représentée dans leur Exposition.

Les moteurs exposés sont enroulés pour 104 volts et pour la fréquence de 60 p : s, mais on les construit, à la demande, pour les voltages de 104, 208 et même 500 volts, au delà d'une certaine puissance, et pour les fréquences de 25, 50, 60, 125 et 133 p : s.

Les types courants des moteurs monophasés *Wagner Electric Mfg. C°* sont les suivants :

Vitesse modérée à 60 périodes par seconde.

Type.	Puissance en chevaux.	Courant approximatif à pleine charge à 104 volts.	Vitesse à pleine charge.	Poids en kg.
C	1/8	3,8	1 750	30
C	1/4	5,4	1 750	30
C	1/2	7,7	1 750	45
B	1/2	7,8	1 750	117
B	1	13,2	1 750	129
B	2	24,5	1 750	175
B	3	38,3	1 750	175
A	4	46,3	1 750	230
A	5	62	1 750	375
A	7 1/2	86	1 750	375
A	10	115	1 750	375
A	15	160	1 165	750
A	20	220	1 165	750
A	25	260	1 165	1 002
A	30	305	1 165	1 002
A	35	348	1 165	1 002

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Faible vitesse à 60 périodes par seconde.

Type.	Puissance en chevaux.	Courant approximatif à pleine charge à 104 volts.	Vitesse à pleine charge.	Poids en kg.
C	1/8	4	1 165	30
C	1/4	6,6	1 165	45
B	1/2	9,8	1 165	117
B	1	15,6	1 165	175
B	2	31,8	1 115	175
A	3	43	1 165	230
A	3 1/2	50	1 165	375
A	5	65	1 165	375
A	7 1/2	96	1 165	375
A	10	135	870	750
A	15	180	870	750
A	20	230	870	1 002
A	25	275	870	1 002

Moteurs monophasés verticaux de la Wagner Electric Mfg. C°.

La Compagnie Wagner construit aussi de petits moteurs monophasés verticaux, adaptés à la commande des pompes centrifuges ou machines similaires.

Ce moteur ne diffère pas sensiblement du type horizontal comme construction électrique. Il est pourvu de roulements à billes qui assurent un fonctionnement parfaitement silencieux et un bon roulement.

Ces moteurs sont construits pour des puissances de 10 à 15 hp et tournent à 1 150 t : m ; les enroulements sont établis pour des tensions de 110, 220 et 500 volts.

Moteurs à courant alternatif monophasés de la Société l'Éclairage Électrique (brevets Labour).

Dans les moteurs monophasés de la Société *l'Éclairage Électrique*, le stator est pourvu d'un enroulement auxiliaire, en parallèle avec l'enroulement principal. Pour démarrer le moteur, on insère la résistance inductive C en série avec le stator, tandis que le circuit principal est monté en série avec la résistance non-inductive C ; il en résulte une différence de phase entre les deux circuits, ce qui produit un champ tournant. Pendant ce temps, l'interrupteur tripolaire A est placé dans la position 1. Aussitôt que le rotor a atteint la vitesse maxima, le circuit auxiliaire est ouvert. On place alors l'interrupteur A dans la position 2.

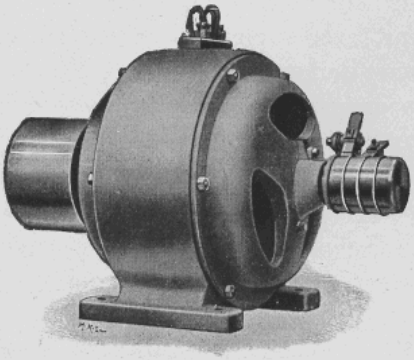
Les dimensions de moteurs E et au-dessus, les rotors sont pourvus de bagues à frotteurs. Le rendement commercial des moteurs de 5 à 50 hp est de 75 à 90 %. Le couple des moteurs, avec le rotor en court-circuit au démarrage, est d'environ 1/4 du couple normal, si le courant de démarrage est de 60 % au-dessus du courant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

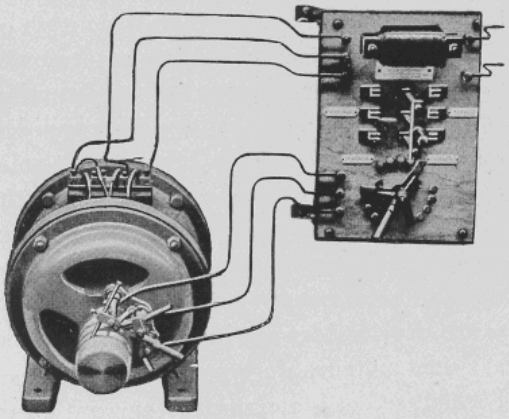
normal de pleine charge. Dans le cas où les rotors sont pourvus de bagues à frotteurs et de rhéostats, le couple de démarrage est égal au couple normal, avec un courant de démarrage égal à 3 fois le courant normal de pleine charge.

Lorsque les moteurs monophasés sont montés sur des circuits d'éclairage, ils doivent être démarrés (au moyen de poulies fixes et folles) sans être chargés, afin d'éviter des fluctuations inadmissibles de voltage.

Le courant de démarrage est alors inférieur au courant normal de pleine charge



Moteur asynchrone monophasé « E ».



Moteur avec démarreur.

d'environ 2/3. L'avantage de ce fait sera apprécié par tous les ingénieurs des stations centrales dont les circuits alimentent ces moteurs. La puissance de surcharge du type courant est de 50 %.

Les moteurs à courant alternatif de cette Société ont une construction extrêmement simple et robuste ; ils n'ont aucune pièce capable de se déranger ; leurs paliers sont à graissage automatique au moyen d'anneaux et ne nécessitent aucune surveillance.

Moteurs monophasés de la Société l'Éclairage Électrique.

A 42 périodes : s.		A 50 périodes : s.		Poids du moteur
Puissance à 110 V. H. P.	Tours : m.	Puissance à 110 V. H. P.	Tours : m.	kg.
—	—	—	—	—
0,2	1 160	0,25	1 400	24
0,4	1 160	0,50	1 400	38
0,8	1 180	1	1 420	65
1,3	1 180	1,5	1 420	90
2,3	1 180	2,5	1 420	115
3,4	1 200	4	1 430	160
5,3	1 200	6	1 430	205
7,5	1 200	8,5	1 430	305
11,5	1 220	13	1 440	410
18	1 200	20	1 440	605
30	1 200	34	1 440	1 000

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Moteurs asynchrones polyphasés Stanley.

Les moteurs polyphasés de la *Stanley Electric Mfg. C°*, de Pittsfield, Mass., sont classés en trois catégories suivant leurs applications et leurs constructions.

Dans la classe A sont compris les moteurs à cage d'écureuil, utilisés pour les faibles puissances. La classe B comprend les moteurs enroulés avec résistances de démarrage intérieures, tandis que les moteurs de la classe C sont pourvus de résistances extérieures. Pour les moteurs de puissances supérieures à trois chevaux, la Compagnie fournit généralement un compensateur de démarrage.

Ce compensateur est un autotransformateur, avec rapport de transformation variable. Un interrupteur à deux directions permet de le mettre en circuit ou de le retirer. La manœuvre doit se faire rapidement pour que le moteur n'ait pas le temps de se ralentir. Diverses bornes sont reliées aux bobines, de façon à permettre de choisir le voltage de démarrage suivant le type de moteur. Le circuit de démarrage ne comporte pas de fusibles, mais il en existe sur le circuit de marche normale; or ces fusibles, étant calibrés pour un courant légèrement supérieur au courant normal, sauteraient au démarrage. Pour les moteurs puissants, on peut mettre en outre des fusibles sur le circuit général et un interrupteur.

Les moteurs du type B sont pourvus de résistances de démarrage intérieures à l'armature, et l'interrupteur servant à mettre l'armature en court-circuit est formé par un anneau qui glisse le long de l'arbre; cet anneau est déplacé au moyen d'un levier et d'une fourchette que l'on peut, au besoin, commander à distance au moyen de cordes. Ce moteur ne nécessite pas l'emploi d'un compensateur.

Les moteurs du type C sont identiques, comme construction, aux moteurs du type A; mais les résistances sont extérieures, et les connexions sont assurées par des balais et des bagues collectrices.

On peut faire varier la vitesse du moteur en faisant varier graduellement la résistance, mais avec une dépense d'énergie appréciable. On peut, lorsque le moteur est arrivé à sa vitesse normale, court-circuiter les bagues au moyen d'un interrupteur qui relève en même temps les balais.

Moteurs monophasés du type Lamme.

Les moteurs monophasés, construits par la Westinghouse C°, sont établis d'après les brevets de Mr. B. C. Lamme.

Ce sont des moteurs-série à collecteurs, dans lesquels on a adapté des dispositions spéciales pour réduire la self-induction et améliorer la commutation.

La self-induction, ayant pour effet de diminuer le courant dans l'armature, diminue aussi le couple moteur, et, de plus, le champ transversal de l'armature tend à démagnétiser les pôles.

Pour réduire l'influence de l'inductance vis-à-vis de la f. é. m., il faut diminuer la fréquence d'alimentation, augmenter le nombre des pôles et la vitesse, et diminuer le rapport du nombre d'ampères-tours induits à celui des ampères-tours inducteurs. (Il est bon de se tenir entre 1/2 et 3/4 pour ce rapport, et l'on prend

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

généralement 0,685.) On aura alors une relation fixe entre la vitesse de rotation, la fréquence et le nombre de pôles. Pour diminuer l'influence du champ transversal, on a placé dans les pièces polaires un enroulement supplémentaire et on a réduit le circuit magnétique au minimum, de telle sorte que, par suite de l'augmentation de courant, le circuit est rapidement saturé.

Pour améliorer la commutation, on a réuni les diverses bobines aux lames du collecteur par des connexions résistantes, ce qui limite le courant en court-circuit; l'enroulement est imbriqué et comprend six conducteurs par trou.

On remarquera que la tension sous laquelle fonctionnent ces moteurs est faible, et le courant intense; en effet, les divers circuits sont montés en parallèle, et le nombre de tours entre chaque lame est réduit. Le courant intense ne peut généralement pas traverser un contrôleur ordinaire, de telle sorte qu'il est préférable de le transformer ultérieurement.

La disposition la plus usuelle est la suivante :

On met en dérivation sur le circuit d'alimentation un transformateur dont le secondaire est en série avec le moteur, et un transformateur d'intensité dont le primaire est en dérivation directement ou non sur leur circuit principal, et peut ajouter et retrancher son action de la f. é. m. développée sur le secondaire du transformateur principal.

Société Gramme.

Moteurs à courant alternatif. — 1° *Moteurs asynchrones monophasés.* Ces moteurs sont établis normalement pour une fréquence de 50 p : s, mais ils peuvent être employés pour des fréquences comprises entre 40 et 60 p : dans ce cas, la vitesse et la puissance se trouvent modifiées proportionnellement à la fréquence.

Le sens de rotation est fixe et ne peut être renversé. Ces moteurs peuvent supporter momentanément une surcharge de 50 % sans inconvénient.

Le démarrage des moteurs avec induit en court-circuit est obtenu à vide en introduisant une résistance dans le circuit principal et en intercalant, en même temps, une bobine de self-induction dans une phase auxiliaire.

2° *Moteurs asynchrones triphasés.* — Tous ces moteurs sont établis pour 110 ou 220 volts, mais à partir de 3 chx, ils peuvent être construits jusqu'à 500 volts et au delà de 35 chx pour des tensions supérieures. Les moteurs jusqu'à 30 chx peuvent être munis de réducteurs de vitesse par engrenages.

La mise en marche des moteurs avec induit en court-circuit sans bague ni balais n'exige qu'un interrupteur tripolaire pour les moteurs au-dessous de 3 chx et une résistance dans l'inducteur pour les moteurs plus puissants de 3 à 10 chx, mais ces moteurs ne démarrent qu'à vide ou sous faible charge.

Les moteurs de 5 à 150 chx à induit bobiné nécessitent un interrupteur tripolaire et un appareil de démarrage dans l'induit. Au delà de 20 chx environ, un dispositif spécial permet la mise en court-circuit et le soulèvement de balais pour éviter l'usure des parties frottantes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CLASSE 430.

MODIFICATION DES COURANTS. — TRANSFORMATEURS DE COURANTS ALTERNATIFS. TRANSFORMATEURS A ROTATION.

Parmi les nombreux transformateurs exposés dans cette classe, plusieurs se distinguent par l'originalité des dispositifs spéciaux, nécessités par le refroidissement des appareils de plus en plus puissants, demandés par l'industrie.

L'huile est toujours employée pour les petites puissances, mais dans les grands appareils, l'air semble lui être préféré.

Enfin l'huile, refroidie elle-même par un serpentin d'eau, reçoit quelques applications.

Les constructeurs semblent s'être préoccupés des facultés de démontage et de réparation.

A signaler le mode d'isolation tout spécial du transformateur « Fort-Wayne ».

A côté du type classique de transformateur, plusieurs exposants présentent des types spéciaux destinés à l'éclairage en série. Le plus remarquable est le transformateur à courant constant de la *General Electric C^o^*.

Les transformateurs rotatifs, convertisseurs ou groupes récepteurs-générateurs, reçoivent une application à la sous-station « Westinghouse ».

A remarquer également, dans cette classe d'appareils, le redresseur statique présenté par la *General Electric C^o^*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

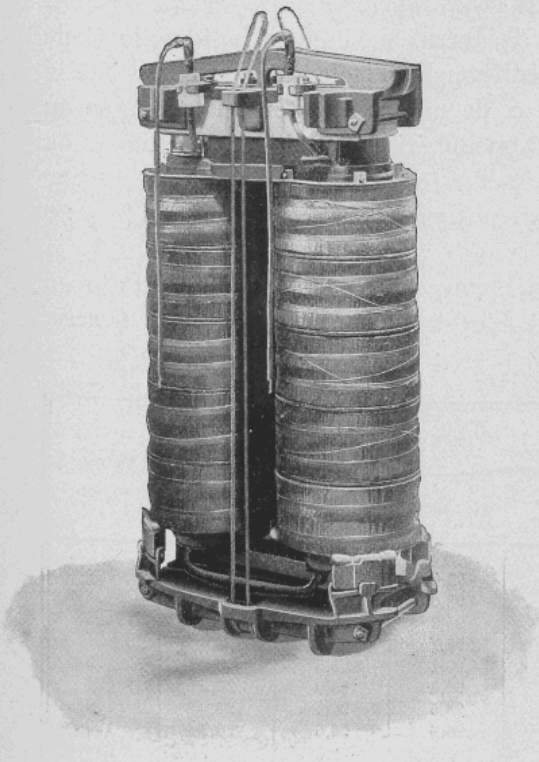
TRANSFORMATEURS STATIQUES

Transformateurs pour haute tension de la General Electric Cº.

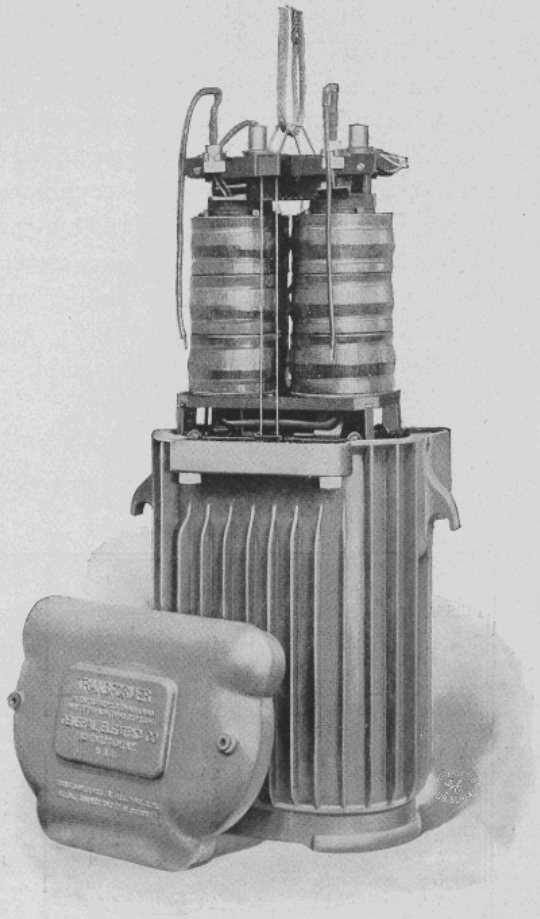
Transformateurs type H. — Ces transformateurs sont placés dans une enveloppe étanche de fonte très résistante portant des ailettes et contenant de l'huile.

Les petits transformateurs pour la puissance de 5 à 25 kw pour des tensions de 10 000 volts peuvent être fixés directement sur les poteaux, cette enveloppe assurant une protection suffisante.

Deux noyaux de tôle, de section en forme de croix, placés verticalement, sont entourés de bobines circulaires concentriques, l'isolement entre le primaire et le secondaire étant assuré par un manchon en mica et l'isolement entre chaque couche au moyen de papier.



Bobines d'un transformateur à noyau du type H.



Transformateur du type H à bain d'huile.

Le secondaire est généralement divisé en bobines reliées en série, une correspondant à chaque noyau ; mais la division est poussée plus loin lorsqu'on utilise le transformateur pour distribution à trois fils ; les bobines sont alors réunies en série, en prenant alternativement une bobine de chaque noyau de telle sorte

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que la chute de tension sur l'un des côtés du secondaire ne dépassera jamais la valeur admissible, quel que soit le déséquilibrage des ponts. Le bobinage se fait au moyen de fils isolés au coton ou de fil plat enroulé de champ.

L'isolement entre le primaire et le secondaire est essayé à 10 000 volts.

Les sorties de fils se font au travers de manchons, fixés dans l'enveloppe ou le couvercle, au-dessus du niveau de l'huile.

Les couvercles sont en fonte et munis de bords dépassant ceux de l'enveloppe proprement dite ; une garniture convenable assure aux joints une étanchéité parfaite. On peut juger du niveau d'huile dans le transformateur par l'installation, à la partie extérieure de ce dernier, d'un tube à niveau en verre protégé contre les chocs par les ailettes adjacentes.

On a cherché à réduire l'élévation de température pour réduire le vieillissement des tôles qui augmenterait les pertes dans le fer.

L'*American Institute of Electrical Engineers* et la *National Electric Light Association* recommandant de mettre le secondaire à la terre, ainsi que l'indique le Code national d'électricité ; on a soigné tout particulièrement l'isolement entre le primaire et le secondaire. Il serait moins avantageux de mettre à la terre l'enveloppe du transformateur, car, en cas de décharge atmosphérique atteignant la ligne, on n'aurait aucune protection.

Ces appareils peuvent être employés pour des fréquences de 50 à 140 p : s (destinés aux basses fréquences).

Nous donnons ci-dessous les résultats obtenus pour des tensions de 1 040 ou 2 080 volts primaires et 60 p : s sur des transformateurs du type H. de la *General Electric C°* à bain d'huile.

PUISSANCE Kw.	PERTES dans le fer. w	PERTES dans le cuivre. w	RÉGULATION	RENDEMENTS				POIDS en kg.
				Pleine charge.	3/4 charge.	1/2 charge.	1/4 charge.	
0,6	23	16	2,68	93,9	93,4	91,7	86,2	29
1	30	27	2,72	94,6	94,3	93,1	88,7	34
1,5	35	36	2,47	95,5	95,3	94,5	90,0	43
2	43	45	2,42	95,8	95,7	94,9	91,6	57
2,5	45	56	2,26	96,1	96,1	95,5	92,7	73
3	48	67	2,15	96,4	96,4	95,9	93,5	91
4	60	87	2,21	96,4	96,5	96,1	93,9	102
5	64	103	2,14	96,8	96,8	96,5	94,7	123
7,5	96	146	1,99	96,9	96,9	96,6	94,7	213
10	114	176	1,79	97,2	97,2	96,9	95,2	243
15	150	250	1,74	97,4	97,5	97,2	95,7	318
20	180	322	1,65	97,5	97,6	97,5	96,2	397
25	200	385	1,50	97,7	97,8	97,7	96,5	477
30	230	445	1,50	97,8	97,9	97,8	96,7	580
40	275	550	1,44	98,0	98,1	98,0	97,0	685
50	330	660	1,31	98,1	98,2	98,1	97,1	725

L'élévation de température du primaire et du secondaire ne doit pas dépasser 45°C au bout de 8 heures à pleine charge, et 50°C en 24 heures à pleine charge,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cette température étant déterminée par la mesure de l'accroissement de résistance.

Pour comparer avec les résultats obtenus pour 1 000 et 2 000 volts primaires, il faut déduire 7 % des pertes dans le fer ci-dessus et ajouter 0,1 à la régulation en pour cent.

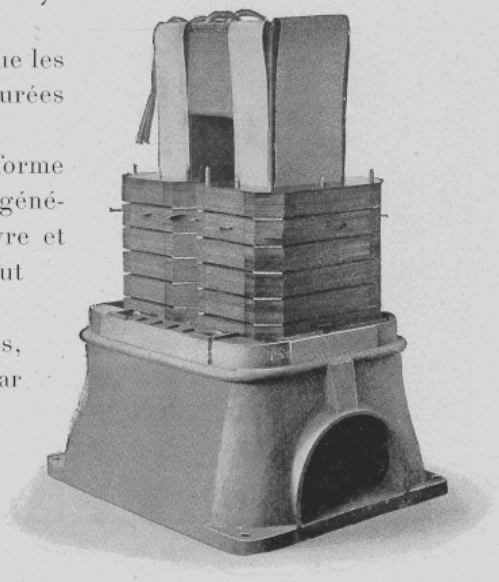
Ces transformateurs peuvent servir pour des réseaux ayant des tensions s'écartant de 10 % au-dessus ou au-dessous de la valeur fixée.

Transformateurs soufflés. — Ces transformateurs sont employés pour de grosses puissances de 50 à 1 000 kw et des tensions de 75 à 35 000 volts.

Ils sont du type cuirassé, c'est-à-dire que les bobines sont presque complètement entourées par les tôles.

Les bobines enroulées sur gabarit, sous forme de galettes rectangulaires, sont formées en général d'une seule couche de ruban de cuivre et séparées par des bandes de mica; le tout est entouré d'un ruban isolant.

Les bobines primaires et secondaires, placées alternativement, sont espacées par des canaux de matière isolante qui maintiennent l'écartement; le tout est comprimé et solidement lié ensemble afin d'empêcher les vibrations. Ces bobines sont placées sur un bâti de fonte, et on vient ensuite placer les tôles autour. Ces tôles présentent de nombreux canaux de ventilation; l'air admis par le socle traverse verticalement les bobines, tandis qu'il pénètre dans les tôles, sur le côté, par un registre et s'échappe par une paroi perforée de l'autre côté.



Transformateur cuirassé à refroidissement par l'air forcé.

Une carcasse de fer, placée en haut des noyaux, permet de serrer les tôles au moyen de boulons reliés au bâti inférieur. Cette carcasse porte un couvercle muni d'un registre pour régler le courant d'air à travers les bobines.

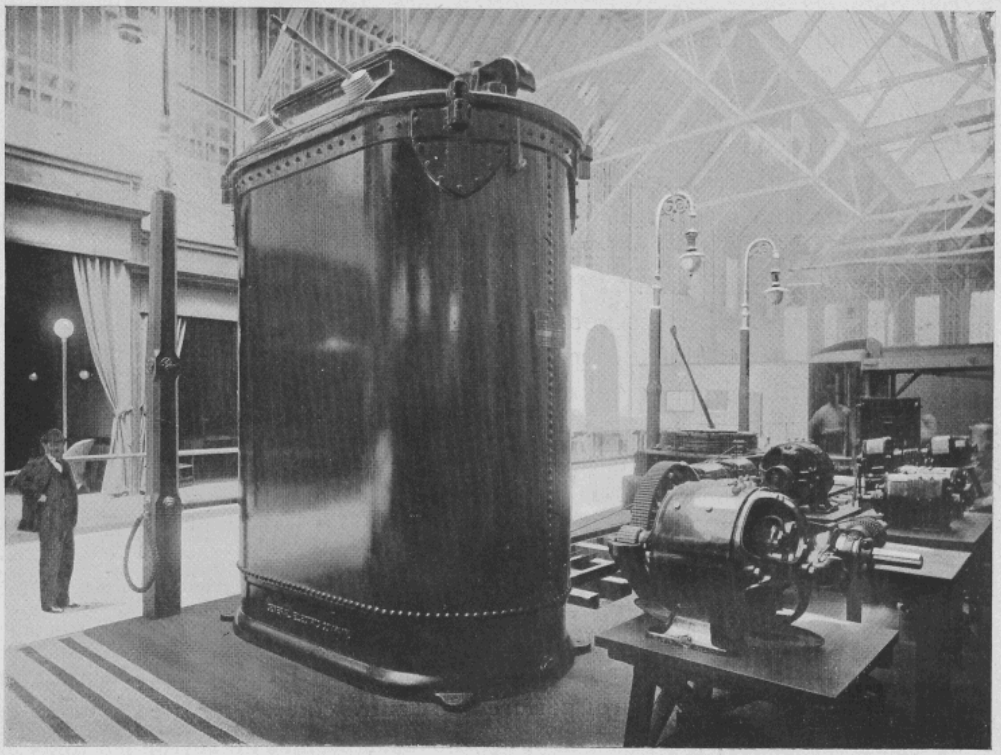
Par ce procédé, l'élévation de température en aucun point ne dépasse 40° C.

La puissance et poids des transformateurs soufflés de la *General Electric C°* sont les suivants :

Puissance Kw.	Poids en kg.	
	25 p : s.	60 p : s.
50	1 000	770
75	1 410	1 090
100	1 725	1 410
150	2 360	1 820
200	3 000	2 270

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Puissance Kw.	Poids en kg.	
	25 p : s.	60 p : s.
250	3 500	2 720
300	4 130	3 200
375	4 770	3 620
500	5 900	4 530
750	7 950	5 900
1 000	10 200	7 950



Grand transformateur à refroidissement par circulation d'eau de 2333 kw.

Transformateurs à refroidissement par l'eau. — Ces transformateurs sont construits comme les transformateurs soufflés, mais l'ensemble des tôles et des bobines est placé dans un récipient étanche en tôle rivée contenant de l'huile qu'un serpentin de cuivre, disposé à la partie supérieure, refroidit par circulation d'eau.

Ces transformateurs ne se font que pour les grandes puissances.

Société anonyme Westinghouse.

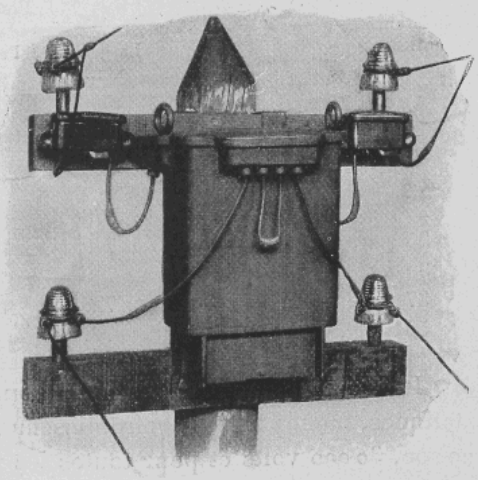
Transformateurs statiques monophasés OD. — Les transformateurs monophasés sont construits pour des puissances variant depuis 1/4 jusqu'à 50 kw et pour des tensions allant jusqu'à 6000 volts.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces transformateurs sont du type cuirassé et d'un ensemble très robuste. Chaque fois qu'il est possible, ces transformateurs baignent dans l'huile. Dans les cas où l'huile ne pourra pas être utilisée, les transformateurs fonctionnent à l'air libre, protégés par une enveloppe en tôle perforée.

La figure ci-contre représente un transformateur OD, à l'extérieur, avec parafoudres.

Les principales dimensions des transformateurs statiques monophasés type OD pour périodicité de 40 à 60 sont les suivantes :



Transformateur Westinghouse.

1° Tension primaire jusqu'à 2 500 ou 3 000 volts.

Puissance en KVA.	Tension maxima en volts.	Encombrement. Largeur mm.	Encombrement. Profondeur mm.	Encombrement. Hauteur mm.	Huile kg.	Poids total kg.
1/4	2 500	285	190	384	3,4	35
1/2	2 500	285	190	439	3,4	50
1	2 700	394	236	496	6,8	80
1 1/2	2 700	394	236	496	6,8	85
2	2 700	394	236	496	6,8	90
3	2 700	406	263	557	10,2	120
4	2 700	403	259	607	15,3	140
5	2 700	475	355	677	18	210
7 1/2	2 750	533	367	806	25,5	310
10	2 750	533	367	806	23,8	340
15	2 750	690	438	875	61,2	470
20	2 800	678	513	1 020	92	620
25	2 800	678	513	1 020	88,5	635
30	2 800	700	516	1 060	119	750
37 1/2	3 000	700	516	1 060	119	775
50	3 000	725	520	1 200	136	840

2° Tension primaire jusqu'à 6 000 ou 6 600 volts.

1/4	6 600	285	190	439	3,4	50
1/2	—	394	236	496	6,8	80
1	—	394	236	496	6,8	85
1 1/2	—	394	336	496	6,8	90
2	—	406	263	557	10,2	120
3	6 000	403	259	607	15,3	140
4	—	475	355	677	18	210
5	—	533	367	806	25,5	310

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

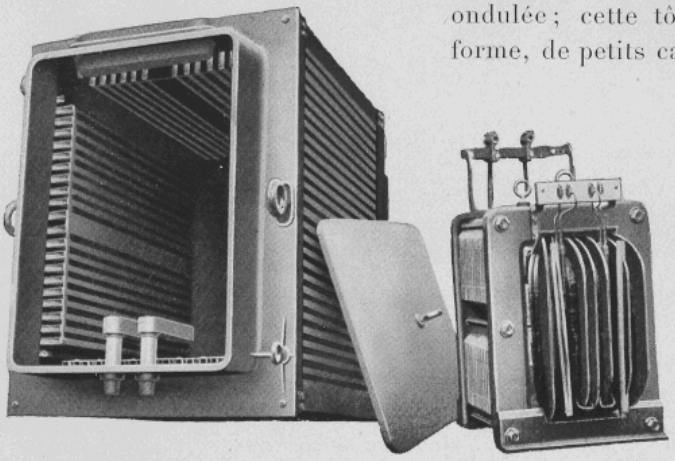
Puissance en KVA. —	Tension maxima en volts. —	Encombrement. Largeur mm. —	Profondeur mm. —	Hauteur mm. —	Huile. kg. —	Poids total kg. —
7 1/2	—	533	367	806	23,8	340
10	—	690	438	875	61,2	470
15	—	678	513	1 020	92	620
20	—	678	513	1 020	88,5	635
25	—	700	516	1 060	119	750
30	—	700	516	1 060	119	775
37 1/2	—	725	520	1 200	136	840
50	—	...	...	....	...	900

La Société anonyme Westinghouse fabrique également des transformateurs statiques, monophasés, à refroidissement automatique, pour des tensions de 10 000, 20 000, 30 000 volts et pour toutes les puissances.

Les voltages secondaires peuvent descendre jusqu'à 35 volts pour des puissances jusqu'à 100 kw; au-dessus de 100 kw, le voltage secondaire minimum est de 100 volts.

GÉNÉRALITÉS SUR LA CONSTRUCTION.

Noyau. — Les noyaux sont constitués par des tôles d'acier doux soigneusement recuites dans des fours spéciaux, procédé leur assurant une très grande perméabilité magnétique. Ces tôles sont ensuite empilées, en ayant soin de placer de distance en distance, dans la masse du noyau, une tôle ondulée; cette tôle créera, par suite de sa forme, de petits canaux facilitant la circulation de l'huile dans laquelle baigne le transformateur et assurera, par suite, un refroidissement énergique. L'ensemble du paquet est ensuite soigneusement serré pour éviter tout bruit désagréable pendant le fonctionnement et assurer au flux magnétique un milieu homogène et très perméable.



Transformateur Westinghouse à refroidissement automatique.

Bobines. — Les enroulements primaire et secondaire de ces transformateurs sont constitués par un grand nombre de bobines de faible épaisseur, enroulées à la machine. Ces bobines sont constituées par des fils soigneusement isolés de sections variées, rondes, carrées ou rectangulaires, pour assurer un emploi parfait de l'espace dont on dispose.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Elles sont isolées séparément et montées une à une sur le noyau, laissant entre elles, à la périphérie, un espace libre maintenu par des cales en bois, de façon à assurer une libre circulation de l'huile.

En outre, en connectant les diverses bobines, soit en série, soit en parallèle, on peut obtenir toute une gamme de voltages.

Caisses. — Les caisses de ces transformateurs sont constituées par de la tôle de fer ondulée, plombée, présentant une très grande surface de rayonnement. Le transformateur baignant dans l'huile, le liquide, par suite des courants de convexion, vient se refroidir au contact de la surface de la tôle. Un couvercle ferme la partie supérieure de l'appareil.

Les principales dimensions des transformateurs monophasés à refroidissement automatique de la Société *Westinghouse* pour 50 périodes et 22000 volts tension maxima sont les suivantes :

Puissance en kw.	Poids approximatif en kg.		Huile nécessaire en kg.	Encombrement approximatif en millimètres.		
	Net.	Brut.		Longueur.	Largeur.	Hauteur.
10	445	500	205	960	580	1 470
15	510	560	200	960	580	1 470
25	560	620	310	990	760	1 520
37 1/2	650	715	295	990	760	1 520
50	840	925	630	1 140	940	1 980
75	965	1 060	585	1 140	940	910
100	1 480	1 630	630	1 240	960	1 700
125	1 570	1 730	610	1 240	960	1 700
150	2 045	2 250	905	1 520	1 170	1 830
200	2 115	2 325	850	1 520	1 170	1 830
250	2 320	2 550	850	1 520	1 170	1 830
300	3 045	3 350	1 515	1 700	1 340	2 080
375	3 230	3 550	1 840	1 700	1 370	2 340
500	3 865	4 250	1 910	1 880	1 420	2 030

Transformateurs de la Société « L'Éclairage Électrique » (Brevets Labour).

Dans ces transformateurs, les noyaux sont façonnés en forme d'U, les deux branches de l'U étant réunies magnétiquement au moyen d'un cylindre de tôle de fer pénétrant, à frottement dur ; les noyaux sont faits de tôles du meilleur fer de Suède au charbon de bois ; elles ont une épaisseur inférieure à 1,5 mm, et sont soigneusement recuites et recouvertes d'une épaisse couche de vernis isolant.

L'ensemble du noyau forme une masse parfaitement rigide. Les plaques du noyau sont solidement assemblées et sont disposées de façon que le circuit magné-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

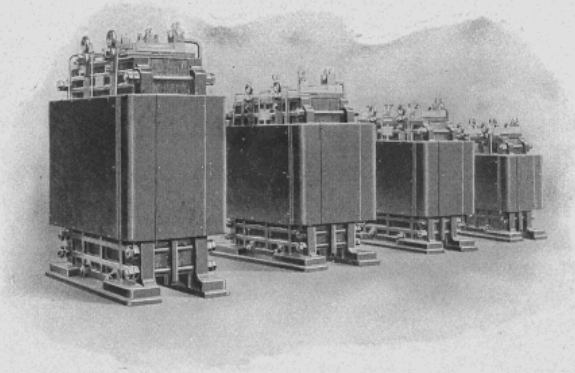
tique ait partout une section uniforme, ce qui empêche la tendance à la sursaturation en certains points.

Les enroulements sont faits de bobines plates séparées. Cette méthode de séparation des bobines présente deux grands avantages :

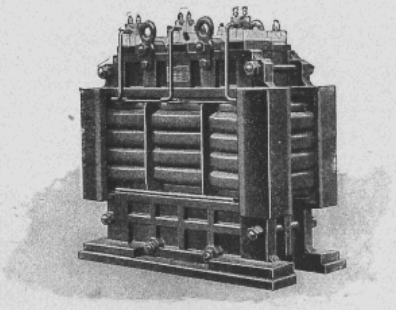
1° La construction du transformateur est rendue extrêmement simple et, par conséquent, assure une grande perfection de fabrication ;

2° Il est très facile et très simple de démonter le transformateur si l'enroulement est endommagé par suite d'un accident. Il suffit alors de remplacer la partie qui a été endommagée, cette partie étant seulement une bobine.

Dans la plupart des autres types de transformateurs, il serait nécessaire de renvoyer tout l'appareil à l'usine, afin d'examiner tout l'enroulement. La résistance



Transformateurs E. Labour à courants triphasés jusqu'à 3000 volts.



Transformateurs E. Labour triphasés au-dessus de 3000 volts.

et la densité dans le cuivre, l'induction dans le fer, sont telles que le transformateur peut travailler pendant une longue période de temps, à pleine charge, sans un échauffement exagéré en aucun point, et, après un fonctionnement de six heures consécutives à pleine charge, l'élévation de température ne dépasse pas 50° C au-dessus de la température de l'air environnant.

On ne doit pas, en pratique, surcharger les transformateurs ; mais certaines circonstances particulières imposant, quelquefois, la nécessité de charger un transformateur au delà de la puissance spécifique pour laquelle il a été calculé, pendant une période limitée, les transformateurs de cette Compagnie sont construits de façon à pouvoir être surchargés en toute sécurité de 25 % pendant une période de trois heures, sans qu'il en résulte une détérioration de l'isolement.

Les transformateurs des types de 3 000 à 12 000 volts ne sont pas pourvus, en général, d'une enveloppe remplie d'une matière isolante, à moins qu'ils ne doivent fonctionner dans des endroits humides ou à l'extérieur. Les transformateurs des types de 15 000 à 24 000 volts sont toujours pourvus d'enveloppe contenant une matière isolante. Les substances isolantes peuvent être soit de l'huile placée dans le récipient par les soins du client, soit de la cire de paraffine introduite à l'usine même.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les puissances et poids des transformateurs de la Société l'*Éclairage Électrique* sont les suivants :

Pour tensions supérieures à 3 000 volts.

Puissance.	Poids approximatif monophasé.			Poids approximatif triphasé.		
—	De 4 000 à 9 000 volts.	De 10 000 à 15 000 volts.	De 16 000 à 24 000 volts.	De 4 000 à 9 000 volts.	De 10 000 à 15 000 volts.	De 16 000 à 24 000 volts.
—	—	—	—	—	—	—
KVA.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.
4,9	220	260	350	250	350	390
11	350	370	415	465	585	605
15	370	415	520	585	605	685
21	410	520	545	605	685	840
27	510	545	590	685	840	860
37		680		840	860	910
42		750		910	910	1 000
49		860		1 000	1 000	1 140
65		1 070			1 140	
87		1 330			1 650	
110		1 620			1 960	
150		2 100			2 700	
210		2 800			3 600	
270		3 500			4 530	

Pour tensions inférieures à 3 000 volts.

Puissance.	Poids approximatif	
—	monophasé.	triphasé.
—	—	—
KVA.	kg.	kg.
1,5	80	165
2,7	100	190
4,9	150	230
11	260	390
15	350	465
21	415	585
27	520	685
37	680	840
49	860	1 000
65	1 070	1 265
87	1 330	1 650
110	1 620	1 960
150	2 100	2 700
210	2 800	3 600
270	3 500	4 530

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Transformateurs de la Wagner Electric Mfg, C° de Saint-Louis.

Les transformateurs construits et exposés par la *Wagner C°* sont à refroidissement d'huile pour les puissances faibles et moyennes, à refroidissement d'eau et à insufflation d'air au delà de ces puissances.

Pour les transformateurs à circulation d'air de la *Wagner C°*, comme pour ceux de la *General Electric C°* et de la *Westinghouse C°*, l'air est aspiré ou refoulé (en général refoulé) par un ventilateur mis en communication avec la partie inférieure de l'appareil. Mais, tandis que la *General Electric C°* refroidit séparément, c'est-à-dire par des courants d'air distincts, les bobines et le noyau d'un transformateur, la *Wagner C°* fait, au contraire, circuler l'air, d'abord de bas en haut à travers les bobines, ensuite de haut en bas à travers le fer.

Les transformateurs à huile sont du type cuirassé ; en outre, l'enroulement est formé de trois bobines concentriques : la bobine du milieu étant pour la basse tension, les bobines extérieures pouvant être réunies en série ou en parallèle, à volonté, suivant qu'on alimentera un réseau de puissance ou de lumière.

La *Wagner C°* expose aussi de petits tranformateurs que l'on peut monter sur poteaux.

Les transformateurs sont soumis à l'usine aux essais de rupture suivants :

(a) 10 000 volts sans huile entre le primaire et le secondaire.
(b) 10 000 — — — et le fer.
(c) 10 000 — — secondaire et le fer.

Les transformateurs qui ont une puissance à 1,5 kw sont isolés à l'huile.

L'huile employée par la Compagnie a subi un essai de chauffage à 220° et une préparation soignée pour éliminer l'eau et les acides.

Les dimensions courantes des transformateurs de la *Wagner Electric Mfg C°* sont :

Puissance kw.	Nombre de lampes de 50 w.	Voltage primaire.	Voltage secondaire.
—	—	—	—
0,6	12	1 000-2 000	50-100
1	20	1 000-2 000	100-200
1,5	30	1 100-2 200	55-110
2	40	1 100-2 200	110-220
3	60	1 200-2 400	120-240
4	80	1 250-2 500	125-250
5	100	2 500-5 000	125-250
7	150	1 000-2 000	3 000
10	200	1 000-2 000	4 000
15	300	1 040-2 080	115-230
20	400	1 100-2 200	100-200
25	500	1 200-2 400	100-200
30	600	1 250-2 500	50-100
40	800	1 250-2 500	100-200
50	1 000	2 500-5 000	100-200

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Transformateurs Fort-Wayne.

Les transformateurs sont représentés par des pièces séparées et par des modèles légers de 1 à 50 kw. Ils sont du type cuirassé et à refroidissement d'huile. Leurs tôles sont découpées de manière à réduire le déchet au minimum, de sorte que, par renversement des tôles de deux en deux, on enchevètre les joints de recouvrements et les joints d'extrémité.

Les enroulements sont généralement enchevêtrés, et nous constatons que dans un transformateur réducteur de 20 000 à 110 volts, l'enroulement à 110 volts est fait de 4 couches divisées en deux moitiés, disposées de chaque côté de 20 couches d'enroulement à 20 000 volts.

Ces transformateurs peuvent être montés sur un poteau, au moyen de crampons fixés à la boîte. Des traverses portent les isolateurs à haute et à basse tension et des fusibles.

Les bobines sont isolées suivant le procédé de la *Minerallac C°*, par évacuation et substitution. Les bobines sont placées dans un récipient étanche, dans lequel on fait le vide : l'humidité est retirée par vaporisation à basse température. On injecte ensuite une composition spéciale qui pénétrera dans tous les interstices et les pores de l'isolant. Cette substance est imperméable à l'air et empêche par suite l'absorption de l'humidité ; elle est plastique, de telle sorte qu'elle amoindrit les vibrations des conducteurs ; elle n'est pas attaquée par l'huile minérale et se reforme d'elle-même lorsqu'elle a été percée par une décharge.

Ce type de transformateur est construit pour des tensions primaires de 1 050 à 2 100 volts au primaire et 105 à 230 volts au secondaire, et une fréquence de 60 p : s.

Ces transformateurs sont construits suivant ce type pour les voltages suivants :

Primaire	1 050-2 100
Secondaire	52,5-105 105-210 115-250

Avec un type déterminé, on peut obtenir, en changeant les connexions, les divers voltages suivants :

Pour le type	1 050-2 100 volts primaires. 52,5-105 — secondaires.

Par exemple :

	Volts primaires.	Volts secondaires.	Enroulements. Primaire.	Enroulements. Secondaire.
	—	—	—	—
(1)	1 050	52,5	Parallèle	Parallèle
(2)	1 050	105	Parallèle	Série
(3)	2 100	52,5	Série	Parallèle
(4)	2 100	105	Série	Série

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

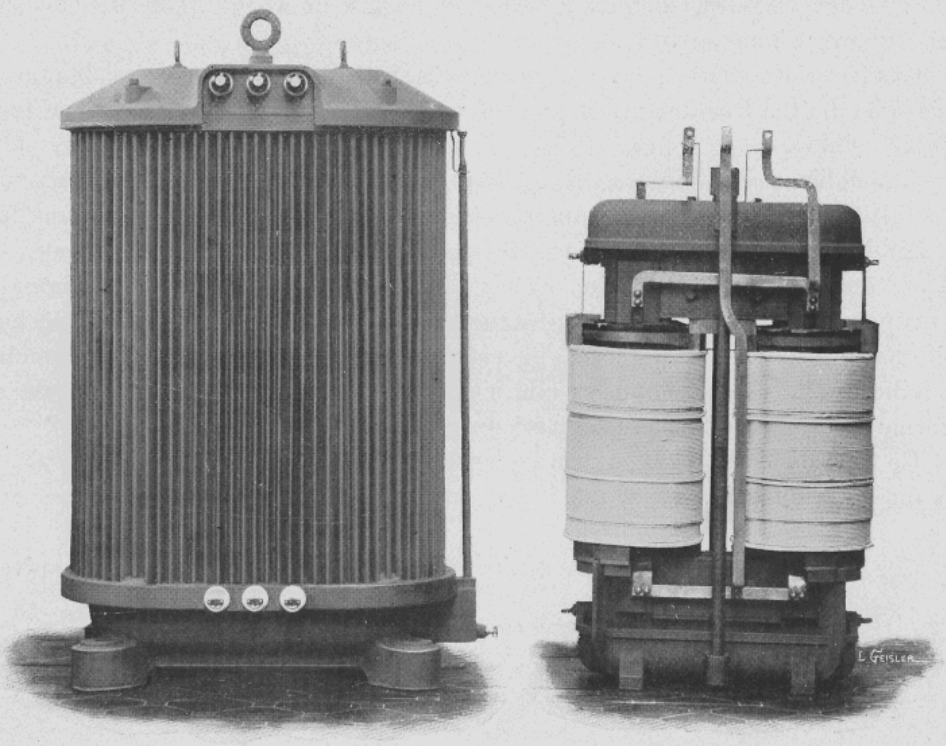
Société Alsacienne de Constructions Mécaniques.

Transformateur TT 91 à courant triphasé. — Ce transformateur était destiné à alimenter le moteur du condenseur et l'éclairage du sous-sol et du tableau du groupe exposé à Saint-Louis par cette Société.

Il est d'une puissance de 50 kw, et est établi pour le rapport de 2300/100 volts; sa fréquence est de 50 p : s.

Ce transformateur représente le type normal.

Les trois noyaux, cruciformes, sont placés en triangle et sont réunis en haut



Types de transformateur de la Société Alsacienne.

et en bas par des anneaux. Noyaux et anneaux sont composés de tôles solidement assemblées par des boulons. Ces parties sont maintenues fixées ensemble par deux plateaux en fonte réunis entre eux par une tige de fer qui porte l'anneau de levage du transformateur.

Les enroulements, haute et basse tension, sont concentriques : la basse tension est placée à l'intérieur, la haute tension à l'extérieur, ce genre de montage présentant les plus grandes garanties de sécurité. L'enroulement basse tension est formé par des bandes de cuivre, l'enroulement haute tension par du fil. Le cuivre est enroulé sur des tubes en carton isolant : les bobines ainsi formées sont facilement

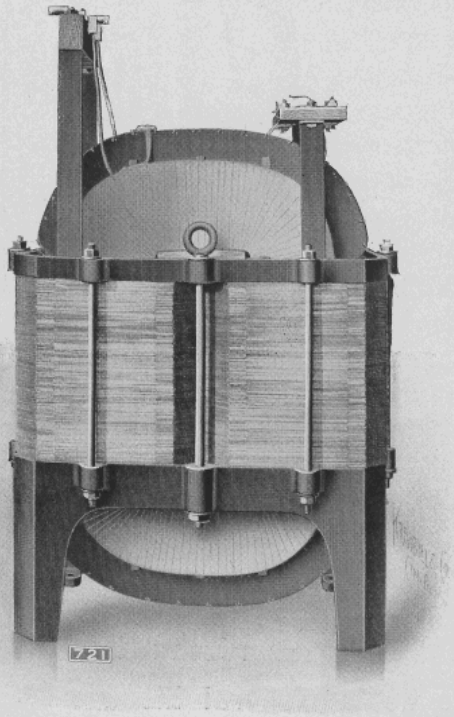
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

démontables. Le tout est plongé dans une cuve contenant une huile spéciale non-oxydante. Cette huile peut circuler librement entre les deux enroulements, entre lesquels on a ménagé dans ce but un certain espace libre. La cuve est formée par des tôles ondulées, fixées dans un socle en fonte. Les tôles ondulées augmentent considérablement la surface de refroidissement. La figure 3 représente le transformateur exposé, ainsi que la cuve.

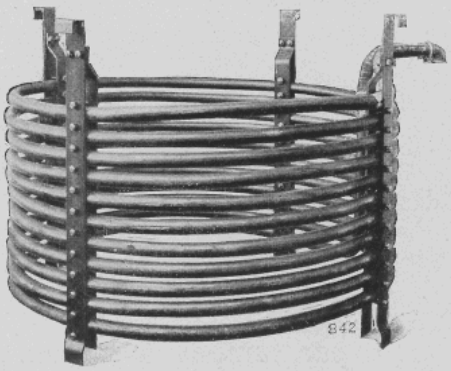
Transformateurs Bullock.

Cette Compagnie ne construit que des transformateurs cuirassés, prétendant que ce type présente un meilleur rendement et assure une meilleure régulation sur les circuits non-équilibrés et inductifs.

L'enveloppe des transformateurs à autorefroidissement est formée de tôle ondulée qui, sous un poids minime, assurera une grande surface pour le rayonnement de la chaleur. La tôle est peinte, en outre, d'un noir mat pour la même raison, tandis que les transformateurs refroidis par circulation d'eau sont placés dans une enveloppe en tôle rivée étanche. Le noyau de fer est formé, dans



Noyau d'un transformateur cuirassé Bullock.



Serpentin de cuivre pour le refroidissement par l'eau.

les deux cas, de tôle recuite soigneusement afin d'en retarder le vieillissement.

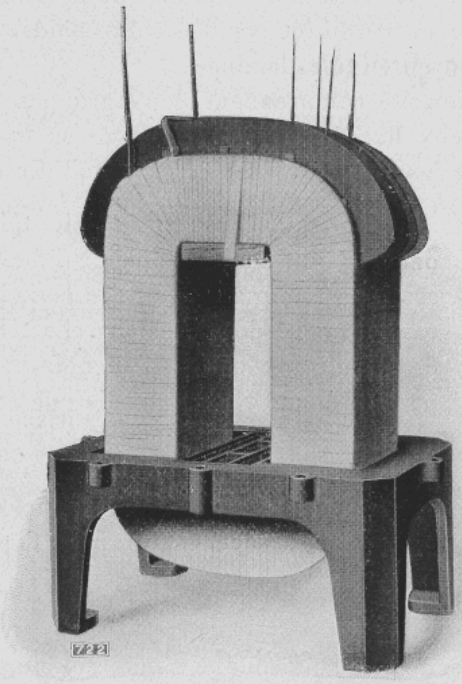
Les transformateurs, à refroidissement par circulation d'eau, sont pourvus d'un serpentin de tubes de cuivre sans soudure pouvant supporter une pression hydrostatique de 14 kg. : cm².

Les enroulements sont formés de rubans de cuivre formant un tour par couche, sauf pour les petites tailles. Ces bobines sont enroulées sur gabarit, puis sont assemblées de façon à laisser entre elles un libre passage pour l'huile.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

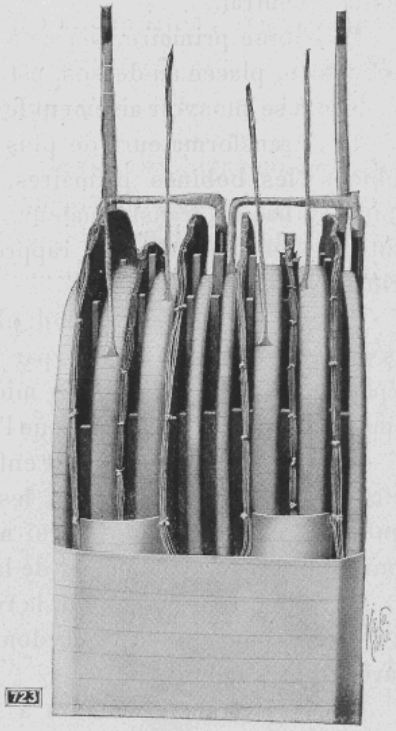
L'huile employée a une température d'inflammation de 150° C; elle peut être évacuée par une soupape placée à la partie inférieure.

Les câbles de sorties passent dans des manchons de bois et de porcelaine, traversant l'enveloppe ou le couvercle, la haute tension étant à la partie supérieure du couvercle.



722

Enroulements d'un transformateur Bullock.



723

Procédé de séparation des bobines à haute et basse tension.

Ces transformateurs se construisent à partir de 50 kw pour toute fréquence et des tensions jusqu'à 60 000 volts.

Transformateur à courant constant pour réseau d'éclairage par lampes à arc en série de la General Electric C°.

Le système de la *General Electric C°*, qui fonctionne depuis plusieurs années en Amérique et qui a fait ses preuves, est très simple et n'exige que des appareils d'un emploi sûr et familiers à tous les électriciens.

La partie principale est constituée par un transformateur dit à courant constant, dont les enroulements primaires et secondaires sont mobiles, l'un part rapport à l'autre, et disposés de telle sorte que la réluctance du circuit magnétique varie en proportion de la résistance placée sur le secondaire. Cette résistance est constituée par des lampes à arc ou des lampes à incandescence placées en série.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les transformateurs à courant constant sont construits pour alimenter 25, 35, 50, 75 ou 100 lampes à arc de 6,6 ou 7,5 ampères. Les transformateurs pour 25 et 35 lampes sont constitués essentiellement par un noyau formant double circuit magnétique, avec trois montants verticaux et deux bobines plates embrassant le montant central.

La bobine primaire, placée à la partie inférieure, est fixe, tandis que la bobine secondaire, placée au-dessus, est suspendue et équilibrée par des contrepoids, de manière à se mouvoir aisément le long du noyau en tôles laminées.

Les transformateurs de plus grande capacité comprennent deux groupes de bobines; les bobines primaires, toutes deux fixes, sont placées l'une en haut, l'autre en bas du transformateur, tandis que les deux secondaires, en s'équilibrant mutuellement, peuvent se rapprocher ou s'éloigner simultanément des bobines primaires.

Aux leviers de suspension, placés en haut du transformateur, sont suspendues les chaînes portant les poids, par l'intermédiaire de secteurs en fer qui peuvent être déplacés au moyen d'une vis micrométrique; ces secteurs servent à régler exactement la valeur du courant que l'on veut faire passer dans le secondaire.

Tout le transformateur est enfermé dans une boîte en fonte ayant une surface de refroidissement considérable; les parties de l'appareil travaillant électriquement sont plongées dans l'huile, qui n'agit nullement comme isolant, mais simplement pour faciliter le rayonnement de la chaleur vers l'extérieur.

Dans les limites d'emploi, la répulsion électrodynamique entre les bobines fixes et mobiles, pour une position donnée du système, est proportionnelle aux courants traversant les bobines.

Dans les transformateurs à faible capacité, n'ayant qu'une seule bobine, le contrepoids équilibre exactement la bobine, et la répulsion électrodynamique fait varier l'écartement du primaire et du secondaire.

Les secteurs de suspension des contrepoids, en s'inclinant, font varier le bras de levier de la force exercée par gravité, et pour une orientation convenable, l'équilibre est atteint.

La réduction du contrepoids dans cet appareil provoque donc une augmentation du courant, puisque l'effort tendant à écarter les bobines est diminué.

Dans les transformateurs ayant deux bobines mobiles s'équilibrant mutuellement, les contrepoids servent à provoquer un effort de rapprochement, tandis que la répulsion électrique tend à produire l'écartement; pour des valeurs convenables des poids et une forme appropriée des secteurs, on arrive à obtenir un écartement correspondant à un courant constant dans le secondaire. Une diminution du contrepoids amène, dans ce cas, une diminution du courant secondaire.

Ces dispositifs permettent de régler l'intensité à 1/10 d'ampère près, depuis la pleine charge jusqu'à un tiers de charge, l'écartement que peuvent prendre les bobines est tel, que le court-circuit du secondaire peut être supporté pendant plusieurs heures sans échauffement excessif.

Ces transformateurs sont ordinairement placés dans les usines génératrices ou

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans les sous-stations près des lignes d'utilisation ; ils ne demandent pas plus de surveillance, après leur démarrage, que les transformateurs ordinaires à potentiel constant.

Les avantages de ce système sont considérables, puisqu'ils permettent d'utiliser des courants primaires de voltage quelconques et *variables*. Nous insisterons particulièrement sur le fait que les variations de voltages primaires n'ont aucune influence sur les lampes, puisque le transformateur lui-même règle de manière à conserver l'intensité constante. Ce fait sera surtout apprécié par ceux qui ont eu l'occasion de voir l'influence désastreuse des variations de voltage sur le réglage des lampes à arc.

Construits pour des fréquences de 60, 125, 130 périodes et pour des voltages primaires quelconques, ils peuvent être utilisés dans toutes les installations à courants alternatifs, chaque transformateur pouvant fonctionner soit pour un voltage et une fréquence donnés, soit pour un voltage et une fréquence doubles, par un simple changement des connexions intérieures.

Ces transformateurs sont également utilisables dans les installations à courants polyphasés, où ils prennent la place de moteurs synchrones et de machines à courant continu.

Avec du courant diphasé, on emploiera deux transformateurs ; avec du triphasé, trois transformateurs ou *deux seulement*, en utilisant alors le dispositif bien connu de transformation de diphasé en triphasé.

Les principales données relatives à ces appareils sont consignées dans le tableau ci-après :

NOMBRE MINIMUM ET MAXIMUM DE LAMPES POUVANT ÊTRE MONTÉES EN SÉRIE.		8-25	12-35	17-50	25-75	33-100
Nombre de circuits		1	1	2	2	2
Puissance en kilowatts		15	21	30	45	60
Rendement	Pleine charge	94,5	95	95	96	96
	3/4 de charge	93	93,5	93,5	94,5	95
	1/2 —	90	90	90,5	92	92,5
	1/3 —	85,5	86	86,5	88,5	89
Encombrement	Hauteur en m.	1,350	1,500	1,820	1,900	2,050
	Diamètre —	1,020	1,020	1,020	1,180	1,180
Poids en kilogrammes		888	950	1,290	1,720	1,860

Transformateur de la Western Electric Cº

Le développement du système d'éclairage par arcs en série a conduit à l'emploi de transformateurs construits spécialement pour ce service.

L'enroulement primaire est fait en deux sections qui peuvent être réunies en série ou en parallèle, suivant le voltage primaire du réseau d'alimentation ; ils peuvent être montés sur des circuits mono ou polyphasés.

Les lampes sont montées directement sur le circuit secondaire dont on peut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

régler le voltage, suivant la quantité d'énergie à fournir au réseau et le nombre de lampes.

Les diverses bobines peuvent être réunies en série ou en parallèle, au moyen de connexions à chevilles.

Ces transformateurs se font pour les dimensions suivantes :

Transformateurs pour un seul circuit.

Puissance en kw.	Poids avec huile.	Litres d'huile.	Encombrement cm.	Hauteur totale cm.
—	—	—	—	—
15	373	91	55 × 71	112
25	453	114	56 × 74	117
50	680	159	66 × 84	122
75	1090	340	84 × 110	142
100	1133	364	84 × 110	142

Transformateurs à circuits multiples.

100	1165	364	34 × 110	142
200	2020	750	107 × 140	175

Sous-station de transformation Westinghouse au Palais de l'Électricité.

Sous-station. — La sous-station de transformation fournit le courant nécessaire pour le fonctionnement des machines de démonstration. La charge est par suite loin d'être constante et elle est toujours faible.

Elle comprend :

1° Deux groupes de transformateurs de 110 kw immergés dans l'huile. Le premier groupe recevant le courant a 6 600 volts et 25 p : s fourni par les grands alternateurs et le second, le courant a 2 200 volts et 60 p : s, produit par le turbo-générateur ; ils donnent une tension secondaire de 440 volts ;

2° Deux groupes de convertisseurs comprenant 2 commutatrices et 2 groupes moteurs-générateurs.

Une commutatrice est alimentée par le courant alternatif à 60 p : s ; elle tourne à 600 t : m et elle fournit le courant continu à 550 volts pour la démonstration du système à unités multiples.

L'autre commutatrice reçoit le courant à 25 p : s ; elle tourne à 500 t : m. Ces deux convertisseurs ont une puissance de 300 kw. Ils sont du type courant à noyaux polaires feuilletés, soudés par fusion dans la carcasse inductrice ; les faces polaires opposées à l'induit comportent 4 rainures dissimulées par les flasques rapportées sur la bobine.

Un moteur de démarrage indépendant est monté sur l'arbre. Le premier groupe moteur-générateur fournit le courant diphasé à 60 p : s pour l'alimentation des arcs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en série qui sont aux abords de l'Exposition. Il comprend un moteur shunt de 110 hp à 220 volts commandant par accouplement élastique un générateur de 75 kw sous 220 volts et tournant à 720 t : m.

L'autre groupe fournit le courant continu à 125 volts pour l'Exposition Westinghouse. Il comprend un moteur asynchrone triphasé du type S de 75 hp, recevant le courant à 200 volts et 60 p : s, un générateur de 50 kw tournant à 690 t : m ; les parties tournantes sont montées sur le même arbre ;

3° Un tableau de distribution qui n'offre rien de particulier.

Convertisseur tournant Westinghouse.

Le convertisseur tournant triphasé de 200 kw exposé par la Compagnie Westinghouse recevait le courant alternatif à 60 p : s des transformateurs statiques montés aux bornes du turbogénérateur ; il fournissait du courant continu à 525 volts. La machine porte 10 pôles et tourne à 720 t : m.

L'inducteur consiste en une carcasse de fonte séparée horizontalement en deux parties. Les noyaux polaires feuilletés sont fixés par coulage dans l'armature. L'enroulement est compound ; les bobines séries sont formées de conducteurs de cuivre laminés. Les bobines sont montées séparément sur de légers conduits qui assurent un espace de ventilation entre elles. Les pièces polaires sont pourvues d'épaisses grilles de cuivre qui servent d'amortisseurs et empêchent les oscillations.

Le noyau d'armature est formé de tôles feuilletées d'acier doux et est monté sur un volant de fonte qui porte aussi le collecteur. Ce volant est calé et claveté sur l'arbre. Les bobines enroulées sur gabarit et formées de barres de cuivre sont maintenues dans les encoches par des cônes en fibre dure.

Le commutateur est formé de segments maintenus entre des anneaux ayant une section en forme de V. Les balais à courant alternatif sont portés par les paliers.

Afin d'éviter une usure inégale du collecteur, le convertisseur est pourvu d'un oscillateur mécanique.

Les supports des paliers sont coulés d'une seule pièce avec les cadres inférieurs.

Les paliers sont autograisseurs avec garnissage de métal antifriction.

Le convertisseur est mis en marche par un moteur asynchrone à cage d'écureuil fixé sur un prolongement du bâti.

Convertisseurs tournants de la General Electric C°.

Pour la transformation du courant alternatif en courant continu, la *General Electric C°* construit des groupes moteurs-générateurs et des commutatrices. Les commutatrices ont un meilleur rendement et s'usent moins, mais permettent plus difficilement le réglage de la tension continue.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Groupe moteur-générateur. — Ces groupes se composent d'un moteur d'induction triphasé et d'une dynamo de traction, réunis par manchon d'accouplement rigide et portés sur un socle commun à trois paliers munis d'anneaux-graisseurs. Le moteur d'induction est du type à 12 pôles et possède une puissance de 350 hp. Il tourne à vide à la vitesse de 500 t : m pour une alimentation sous tension de 440 volts et à la fréquence de 50 périodes. Il est muni d'un induit bobiné, et son démarrage s'effectue par l'insertion dans le circuit du rotor des résistances d'un rhéostat métallique permettant une augmentation progressive de l'intensité du courant et du couple moteur. Un dispositif spécial permet de mettre en court-circuit les bagues de prise du courant et de relever les balais-frotteurs une fois la vitesse de régime atteinte.

La dynamo génératrice du type à 6 pôles peut développer une puissance de 250 kw; elle est munie d'une excitation compound calculée de façon à maintenir à vide et à pleine charge une tension sensiblement constante et égale à 570 volts.

Groupe moteur-générateur à deux génératrices. — La Compagnie construit aussi un groupe composé d'un moteur d'induction et de deux génératrices à courant continu montées sur le même axe. Ce dispositif peut être employé avantageusement pour la distribution à trois fils, ce qui supprime l'emploi de dynamos compensatrices.

La *General Electric C°*, de Buffalo, emploie des groupes de ce type composés de moteurs d'induction de 1 200 hp tournant à 375 t : m, accouplés directement à deux dynamos à courant continu de 400 kw.

Commutatrice du type H. C. — Ces convertisseurs sont du type 6 phases, de 750 kw de capacité normale; ils ont 10 pôles et tournent à la vitesse de 300 t : m. pour donner 25 périodes. Ils sont bobinés pour une force électromotrice normale de 600 volts, côté continu, et les inducteurs sont excités en shunt.

Induit. — Le noyau de l'induit est composé de tôles d'acier doux découpées en segments d'arc de cercle et assemblées sur un manchon d'induit en fonte par des queues d'aronde. Les encoches, pour loger les conducteurs, sont découpées avant l'assemblage.

Les tôles sont vernies avant l'assemblage afin de réduire au minimum les courants de Foucault dans le noyau, et les tôles d'induit sont assemblées par paquets et séparées par des entretoises afin d'assurer une ventilation très efficace du noyau.

Les conducteurs sont tenus dans les encoches par des cercles en fil d'acier passant autour de l'induit et ancrés au moyen d'agrafes spéciales attachées aux entretoises de ventilation, ce qui permet de remplacer facilement, en cas de besoin, une section d'induit sans défaire tout le cerclage.

Les conducteurs sur les flasques sont tenus en place par des frettes en lames d'acier démontables, et chaque section d'induit ne comporte qu'une spire.

Les connexions entre le bobinage et le collecteur courant continu sont en lames flexibles, tandis que les connexions entre le bobinage et les bagues collectrices sont en lames rigides, ancrées sur un cercle en bois fixé sur la flasque arrière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Collecteur côté continu. — Les lames du collecteur sont tenues sur le manchon en fonte par deux cercles en acier coulé ayant une section conique, et serrées entre elles par des boulons traversant le collecteur de part en part au-dessous des lames, dans le manchon en fonte ; les lames sont isolées du manchon et des cercles de serrage par des feuilles de micanite, et les lames entre elles par des feuilles de mica superposées. La différence de potentiel moyenne entre lames correspondant à 600 volts est de 11 volts.

Bagues collectrices. — Les 6 bagues collectrices en bronze sont chacune supportées en 5 points par des tiges isolantes emmanchées dans un moyeu de fonte. Cette disposition assure un bon isolement, une ventilation efficace, un démontage et un entretien faciles.

Porte-balais continu. — Les porte-balais pour les collecteurs à courant continu sont du type à balais en charbon. Ils coulissent librement dans une gaine fixée rigidement sur la tige. Le contact entre le charbon et le porte-balais est assuré par un câble flexible, soudé sur le charbon et faisant bon contact avec le collier porte-balais.

Supports porte-balais courant continu. — Les porte-balais sont montés sur une tige en bronze, tenue au milieu par un support en bronze, fixé, par l'intermédiaire de plaques et canons isolants, sur une couronne en fonte coulissant dans une rainure tournée dans la couronne inductrice.

Les cerclages collecteurs sont soutenus par ces supports en bronze, évitant complètement l'emploi des câbles, pour relier les tiges porte-balais aux cercles collecteurs.

La couronne porte-balais est munie d'une vis de décalage, permettant un réglage très facile et exact de la position des porte-balais sur le collecteur.

Porte-balais côté alternatif. — Les balais pour le courant alternatif sont combinés par des lames très minces de bronze phosphoreux, superposées et montées dans une gaine qui, à son tour, est montée sur une tige porte-balais fixée rigidement dans le support. Cette construction de porte-balais assure une grande flexibilité en même temps qu'une grande conductivité pour le courant.

Supports porte-balais courant alternatif. — Les porte-balais courant alternatif sont diposés sur des supports en bronze, trois de chaque côté des bagues collectrices ; ces supports sont isolés de la console, tenue à cet effet sur le socle par des plaques en bois ; des canons isolants et les câbles, amenant le courant alternatif aux convertisseurs, sont soudés dans des cosses montées sur les bases de ces supports porte-balais. Afin d'assurer une grande rigidité de ces supports, ils sont tous réunis en dessus des bagues collectrices par une tige isolante.

Couronne inductrice. — La couronne inductrice est en acier coulé de haute perméabilité, d'une section en « U » assurant une grande rigidité.

Pièces polaires. — Les pièces polaires sont en acier coulé d'une section ronde et face polaire rectangulaire ; elles sont fixées sur la couronne inductrice par une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

seule vis, guidée par une clavette, le tout disposé pour permettre le démontage d'une pièce polaire, sans nécessiter le démontage complet de la couronne inductrice.

Bobines inductrices. — Les bobines inductrices sont enroulées sur une forme en fer galvanisé munie de joues métalliques. L'isolement de l'enroulement est obtenu avec des couches superposées de toile huilée et de papier, enveloppant le noyau, et par des joues en carton comprimé le long des joues de la bobine. Enfin, l'extérieur du bobinage est protégé par un enroulement en ceptin, et l'entrée et la sortie du bobinage sont faites par des bornes solidement fixées à l'extérieur.

Arbre. — L'arbre en acier est prolongé d'un côté pour permettre l'adaptation d'une poulie destinée à faire tourner l'induit et faciliter le tournage du collecteur, ou pour permettre au convertisseur d'actionner une dynamo ou un survolteur quelconque, si l'utilité s'en présentait.

A chaque extrémité des fusées se trouvent des protecteurs d'huile, afin d'éviter que celle-ci puisse, par capillarité ou autre cause, sortir des paliers pour arriver à l'intérieur du collecteur ou de l'induit.

Paliers. — Les deux paliers sont du type à coussinets sphériques, assurant un parfait alignement, et les coussinets sont en fonte, garnis de métal antifriction.

Socle. — Le socle en fonte, venu d'une seule pièce, est d'une section en forme d'*U* assurant une très grande rigidité ; il est muni de 4 trous pour des boulons de fixation.

Essais d'isolement. — Les essais d'isolement de l'induit entre le bobinage et la masse, ainsi que celui des bobines inductives, ont été effectués sous un potentiel de 5 000 volts courant alternatif.

Échauffement. — L'échauffement maximum, pour une marche continue de 750 kw, $\cos\varphi = 1$, est, pour le bobinage d'induit et d'inducteur, de 25° au-dessus de la température ambiante, cette dernière étant inférieure à 25° ; dans ces mêmes conditions, l'échauffement maximum du collecteur est de 28°.

Surcharge. — L'élévation de température pour une heure de marche à 1 000 kw, c'est-à-dire 33 % de surcharge en partant de la température de régime de 750 kw comme ci-dessus indiquée, est au maximum :

30° pour le bobinage inducteur et induit ;

40° pour le collecteur.

Rendement. — Les rendements commerciaux de ces convertisseurs avec $\cos\varphi = 1$, et mesurés aux bornes, sont les suivants :

50 % de surcharge	94 %
25 % —	94,7 %
Pleine charge	94,7 %
3/4 de charge	93,8 %
1/2 —	91,8 %
1/4 —	85,2 %

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Procédés de mise en marche. — Le convertisseur rotatif marche exactement comme une génératrice à courant continu, mais il n'est actionné par aucun moteur; il doit pouvoir être mis en marche sans l'aide d'aucune machine auxiliaire.

S'il existe, dans l'usine où il est utilisé, une source d'énergie en courant continu, il peut être mis en route comme un moteur shunt; dans le cas contraire, il est souvent employé, pour le démarrage, un petit groupe moteur-générateur composé d'un moteur courant alternatif actionnant une dynamo courant continu de puissance suffisante pour mettre en marche le convertisseur, comme un moteur shunt sans charge; le moteur composant ce groupe peut être un moteur d'induction.

Cette disposition est préférable; toutefois ces convertisseurs sont construits pour pouvoir démarrer seuls par le côté alternatif. Dans ce cas, la manœuvre est très simple : il suffit de fermer l'interrupteur spécial de démarrage, placé sur le secondaire des transformateurs, et la machine se met d'elle-même en vitesse.

Groupe de démarrage. — Le groupe de démarrage est composé d'un groupe moteur-générateur avec moteur asynchrone de 60 kw et d'une génératrice à courant continu de 600 volts. Le moteur asynchrone est alimenté au moyen d'un transformateur-réducteur de tension à bain d'huile, qui sert également comme compensateur de démarrage, grâce à un interrupteur à double direction permettant de mettre progressivement le moteur en route, pour l'amener à son plein voltage de 440 volts.

Du côté continu, la génératrice de 50 kw, 750 tours est à 4 pôles. Son panneau de distribution comporte un disjoncteur à courant continu, les interrupteurs divers nécessaires pour les manœuvres et les rhéostats d'excitation à commande par volant.

Démarrage par le côté continu. — La disposition pour le démarrage des commutatrices par le côté continu est telle que ces machines peuvent être mises en route soit par le courant de traction, soit par le courant de la batterie d'éclairage, soit enfin par l'une quelconque des machines supposées tournant, mais non branchée sur les barres omnibus. Les appareils nécessaires pour ces différentes manœuvres sont enclanchés de manière à éviter toute fausse connexion. Il est à remarquer aussi que chaque machine possède un rhéostat de démarrage indépendant, et cette disposition permet ainsi de ne jamais couper les inducteurs de la commutatrice qui, au moment de l'arrêt, se trouvent fermés sur eux-mêmes.

Réglage des commutatrices. — Pour régler le voltage du courant fourni par la commutatrice, on doit régler la tension du courant alternatif d'alimentation. La *General Electric C°* emploie deux procédés pour faire ce réglage soit par des bobines de réactance, soit par un régulateur spécial.

Bobines de réactance. — Si l'on place des bobines de réactance en série avec l'armature, le courant magnétisant traversant cette bobine produira une force électromotrice qui s'ajoutera ou se retranchera de celle du courant d'alimentation

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

suivant la direction de ce courant. Il suffira donc, pour faire varier la tension, de changer la valeur du courant magnétisant ou, si l'on veut, le décalage du courant résultant, ce réglage se fera en agissant sur l'excitation de la commutatrice; mais on peut aussi le rendre automatique en ajoutant aux inducteurs un enroulement-série, de telle sorte que, lorsque le courant débité augmentera, l'excitation augmentera également.

Régulateur de tension. — Le procédé de régulation de la tension suivant les variations instantanées de la charge sera avantageusement employé sur les réseaux de traction; mais lorsque l'on veut obtenir des variations plus étendues, il est insuffisant. On emploie alors le régulateur de tension du type *I. R. T.*, qui donne des variations de voltage de 15 % en plus ou en moins du voltage normal.

Le réglage se fait alors à la main, au moyen d'un relai automatique.

A ce dispositif, il est d'ailleurs facile d'adjoindre une bobine d'auto-excitation pour les réglages instantanés et automatiques de la tension.

Redresseur de courant de la General Electric C°.

La *General Electric C°* expose un redresseur de courant fondé sur le principe de la lampe à vapeur de mercure qui ne laisse passer que des courants de sens déterminé.

Ce redresseur est formé d'un tube à vapeur de mercure portant à sa partie inférieure deux petits tubes inclinés à 45°; les extrémités du tube sont montées en parallèle avec une bobine de réactance sur les câbles d'alimentation en courant alternatif. Un des tubes à courant continu est réuni au mercure qui est placé dans le jambage inférieur de l'Y, l'autre étant réuni au milieu de la bobine de réactance.

L'amorçage présente les mêmes difficultés que pour la lampe à mercure. On amorce un arc entre le mercure et un des bras inférieurs; on agite alors légèrement le tube, ce qui amorce l'arc entre les deux extrémités inférieures. Cet arc est alors coupé et on y substitue les connexions supérieures. Le redresseur est alors en fonctionnement.

L'appareil exposé recevait le courant alternatif à 220 volts et 60 p : s, et donnait du courant continu à 70 volts. Le rendement du redresseur est de 75 %. Le débit maximum est de 10 ampères pour le courant continu. En cas de besoin, on met plusieurs tubes en parallèle.

Pour une fréquence d'alimentation de 125 p : s, le courant n'a pas une pulsation de plus de 10 %.

Ce redresseur fournissait le courant à un petit moteur de 7 1/2 chx.

Ces appareils peuvent être employés pour la charge des accumulateurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Groupes Moteurs-générateurs de la Wagner Electric Mfg Cᵉ.

Cette Maison construit des petits groupes de transformation capables de développer continuellement leur puissance maxima ; ils sont à quatre paliers et accouplement rigide. Les petits groupes pour la charge des accumulateurs de voiture électrique ne pouvant développer leur puissance totale que pendant 1 heure, n'ont que deux paliers et sont fixés dans une même carcasse.

Commutatrices Gramme.

Les commutatrices du type GLG L/2 à GLG 20 sont construites avec les carcasses des moteurs type léger, l'arbre est allongé pour recevoir supplémentairement les bagues pour le courant alternatif. On emploie 2 cuvettes identiques comme supports de paliers. Comme les moteurs type léger, elles se fixent en tous sens. Au-dessus du type GLG 20, elles se font sur un autre modèle multipolaire.

Le démarrage des commutatrices monophasées exige l'emploi d'un appareil spécial qui crée un champ tournant au départ. Pour les commutatrices biphasées et triphasées, le démarrage exige simplement un inverseur tripolaire dans le cas où l'on peut se brancher sur le transformateur d'alimentation en un point donnant une tension réduite, ou bien un simple rhéostat absorbant une partie de la tension d'alimentation si on ne peut se brancher sur le transformateur.

Dans tous les cas, il est nécessaire d'avoir un interrupteur sur le circuit d'excitation qui doit rester ouvert pendant toute la période de démarrage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CLASSE 431

APPLICATION AUX TRANSPORTS : LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES; TRAMWAYS ÉLECTRIQUES.
MÉTHODES DE CONTROLE DES WAGONS ET DES TRAINS.

Cette branche, relativement moderne, des applications de l'Électricité, présente un intérêt tout spécial, en raison des progrès continuels qu'elle a accomplis ces dernières années.

Dans la partie tramways, les constructeurs rivalisent d'ingéniosité pour simplifier les manœuvres et augmenter la solidité et la sécurité.

La *Westinghouse C°* et la *General Electric C°* exposent des séries complètes de trucks, de moteurs et de contrôleurs.

La *Bullock Electric Mfg C°* expose un matériel complet de traction, y compris les machines spéciales des sous-stations, etc.

Parmi les locomotives exposées, nous remarquerons tout particulièrement celles du chemin de fer d'Orléans, construites pour la *Thomson-Houston C°* : elles se substituent intégralement aux locomotives à vapeur.

Plusieurs locomotives minières sont exposées par divers constructeurs, notamment la *General Electric C°*.

Enfin la *Westinghouse C°* expose une locomotive très puissante pour la traction de trains lourds sur les lignes du *New-York Central*.

Parmi les systèmes de traction employés, citons le nouveau système Westinghouse par courants monophasés, et le système bien connu à unités multiples de la *Sprague-General Electric C°*.

Les freins à air occupent une large place ; ils ont subi de nombreux perfectionnements concernant le réglage et le contrôle de leurs divers organes.

Notons la très complète exposition de la *Westinghouse Traction Brake C°*, les compresseurs de la *General Electric C°*, enfin les freins directs à air comprimé et les compresseurs-automoteurs Christensen, exposés par la *National Electric C°*.

A côté de ces organes indispensables, nous trouvons de nombreux perfectionnements, intéressant directement l'industrie de la traction électrique.

Tels sont les tampons à frottement Westinghouse, amortissant considérablement les chocs; les procédés perfectionnés de soudure autogène de la *Goldschmidt Thermit C°*, de New-York.

Nous passerons rapidement en revue les éclisses de l'*Atlas Railway Supply C°*, les dispositifs de voies de la *Paige Iron Works and Buda Foundry*, de Chicago, les roues et bandages de la *Standard Steel Works*, enfin les pièces d'aiguilles et de croisements en acier au manganèse de la *William Wharton C°*, de Philadelphie.

Les applications à la traction des courants alternatifs se généralisent de plus en plus.

Leur production et surtout leur transport et leur transformation faciles les feraient préférer sans hésitation aux courants continus, si quelques difficultés purement matérielles n'avaient retardé jusqu'à ce jour leur emploi.

Ces difficultés semblent aujourd'hui en partie vaincues.

Les essais de traction électrique à grande vitesse et à haute tension sur la ligne de Marienfeld et Zossen ont particulièrement été suivis par le monde scientifique.

A côté de ces essais sur voie ferrée ordinaire, dont la stabilité semble difficile à réaliser pour les grandes vitesses, nous trouvons le chemin de fer monorail de Manchester à Liverpool, qui permet de fonder de grandes espérances sur la réalisation des transports à grande vitesse.

Enfin le chemin de fer suspendu, Système Langen, présente également une solution du problème.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TRACTION ÉLECTRIQUE

On tend aujourd'hui à appliquer l'électricité à la traction des trains; aussi pour augmenter l'adhérence, a-t-on cherché à augmenter le nombre des voitures motrices.

Plusieurs Compagnies exposent des types nouveaux de système de commande à unités multiples.

La *Sprague General Electric C°* expose un nouveau type de contrôleur pour unités multiples, du type construit pour la *Interborough Rapid Transit C°*, de New-York.

Ce contrôleur porte un dispositif de sécurité spécial, appelé vulgairement « poignée de l'homme mort » (*dead man's handle*), qui ramène le contrôleur au plot mort lorsque le wattman abandonne la poignée. Il agit encore sur une valve de frein à air, pour produire un freinage d'urgence. Ce dispositif permet en même temps de régler la vitesse d'une façon très ingénieuse.

La manette du contrôleur commande, par l'intermédiaire d'un ressort-spirale, un engrenage qui fait tourner le tambour de contrôle. Sur ce premier engrenage est fixé un cliquet agissant, par l'intermédiaire d'une roue à rochet, sur une armature de fer doux, pour lui imprimer un mouvement de rotation. Cette armature se déplace devant des électro-aimants parcourus par le courant allant aux moteurs. Lorsque le courant est exagéré, les aimants empêchant l'armature de tourner, l'engrenage de commande du tambour est aussi immobilisé ; le wattman, en tournant sa manette, ne fait que bander le ressort-spirale, et par suite la commande du tambour ne pourra se faire qu'autant que la rotation de l'armature le permettra.

On ne peut supprimer le dispositif de sécurité qu'en en ouvrant le contrôleur.

Ce contrôleur était exposé avec ses deux moteurs du type G.E. 69 montés sur un truc *Hedley*.

Un modèle de la partie inférieure d'une voiture a été placé à une hauteur suffisante pour faciliter l'étude du système de contrôle, et montrer aussi les nouveaux contacts glissants protégés par une boîte, même lorsqu'ils sont placés très près du sol et qu'il y a peu de jeu en dessous d'eux.

La Compagnie expose aussi un moteur G.E. 70, semblable à celui adopté pour le chemin de fer intérieur de l'Exposition, ainsi que des contrôleurs de divers types.

Un frein à air direct, avec une valve, dont la manette de commande se déplace devant une graduation, se trouve à la portée du wattman, qui a devant les yeux toutes les indications utiles.

Diverses locomotives sont placées dans le palais des machines et des mines.

Une autre maison qui expose diverses applications de l'électricité à la traction, est l'*Association des maisons Westinghouse*.

Nous trouvons d'abord, dans le Palais de l'Électricité, les locomotives de la *Baldwin-Westinghouse C°*, qui expose trois locomotives et quatre trucs-moteurs.

L'un de ces trucks est du type lourd construit pour la *Interborough Rapid Transit C°*, de New-York; il pèse 12 500 livres (5 760 kg) et doit porter une charge

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 25 000 livres (11 700 kg). Ce truck présente un certain intérêt, car il doit faire partie du matériel roulant du tunnel de New-York.

Un autre truck pesant 11 000 livres (5 000 kg) sans les moteurs, pour le service interurbain, est construit pour la *Central Illinois Traction C°*. Il doit porter 25 000 livres (12 000 kg).

Le type fourni à la *Twin City Rapid Transit C°*, de Mineapolis et Saint-Paul, est encore plus léger, car il pèse 6300 livres (2 860 kg) et doit porter 18 000 livres (8 170 kg).

Les locomotives sont deux locomotives minières et une locomotive pour le halage à la surface.

La *Westinghouse Air Brake C°* expose une rame de six voitures à voyageurs avec machines et tenders, équipés complètement avec le frein rapide et direct à air.

La machine et le tender sont aussi équipés avec un frein combiné automatique et direct, qui est maintenant très employé. On a placé toutes les soupapes en double, les secondes étant coupées fonctionnent en même temps que les premières, de façon à montrer le mouvement intérieur.

Le tampon à frottement est aussi exposé dans cette section avec une machine d'essai ; on peut exercer par un engrenage un effort d'environ 20 000 livres (9 000 kg).

Un appareil d'essai des robinets à trois voies et des coupes de divers freins sont aussi montrés.

Un frein magnétique est placé sur un truck que l'on déplace sur une voie de 45 pieds (14 m) ; le truck est muni à ses deux extrémités de tampons à amortisseurs à frottement. En outre, un contrôleur séparé, pour frein magnétique, est adapté à une voiture ayant un contrôleur ordinaire pour le moteur.

On peut voir le frein direct à air employé sur les voiturettes électriques avec des compresseurs commandés par l'essieu ou le moteur. Ce compresseur de démonstration en coupe fonctionne en même temps qu'un compresseur réel.

L'*American Brake C°* expose un modèle de frein pour locomotives avec réglage intérieur et un tendem automatique.

La *Westinghouse automatic Air and Steam Coupler C°* expose les extrémités de deux wagons de marchandises, servant à montrer le fonctionnement pratique du dispositif; deux petits modèles pourvus de coupleurs à air, à vapeur et à signal, et d'un frein magnétique servant à étudier le fonctionnement.

L'*Union Switch and Signal C°* expose un groupe de signaux vraie grandeur pouvant fonctionner, placés dans le Palais des Transports.

Des dispositifs électriques pour la manœuvre et le contrôle des signaux, des photographies de diverses installations, un signal destiné aux tunnels de chemins de fer de Pensylvanie, sous la rivière de l'Hudson à New-York, sont en place dans une reproduction en vraie grandeur des tubes du tunnel.

L'usine de cette Compagnie est installée à Swissvale Pa. sur la principale ligne du chemin de fer de Pensylvanie. Ces systèmes de signaux électropneumatiques sont employés aussi sur le Central de New-Jersey, de New-York, Chicago et Northwestern ; les aiguilles et signaux sont déplacés par de l'air comprimé venant de la station de compression par un tuyau principal, et l'admission de l'air aux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cylindres de travail est contrôlée électriquement; en outre les signaux sont reproduits par le levier de commande.

La plus grande installation d'aiguillage est installée à la station terminus de l'Union, à Saint-Louis : trois stations d'aiguillage comprenant 800 leviers.

Une photographie reproduit le modèle de diverses voies représentées par un seul trait et est placé devant l'opérateur pour lui montrer l'emplacement de chaque aiguille.

La *Bullock Electric Manufacturing C°*, de Cincinnati, expose des moteurs de tramways d'un nouveau type : cinq moteurs de 50 chx, dont l'un est ouvert. Les autres sont montés sur des plates-formes pouvant être mises en mouvement.

Le graissage se fait au moyen de tampons, pressés contre l'arbre par des ressorts. Les noyaux inducteurs sont feuilletés et présentent des canaux de ventilation; les pièces polaires seulement présentent une tôle sur deux.

La Maison expose, en outre, un convertisseur tournant de 500 kw à 25 périodes qui fournit le courant nécessaire au fonctionnement des moteurs de tramway de son exposition. Trois transformateurs de 150 kw réduisent le courant d'alimentation de 6 600 volts.

Un groupe moteur-générateur comprend un moteur synchrone à 60 périodes, triphasé, et un générateur à courant continu débitant 100 ampères à 550 volts.

Un grand alternateur triphasé, partiellement monté, permet d'étudier la construction et l'isolement des bobines.

Un transformateur de 250 kw immergé dans l'huile et refroidi par une circulation d'eau, pour haute tension de 20 000 volts et basse tension 2 300 volts.

Une partie du stand a été aménagée en plate-forme d'essai.

Indépendamment des applications à la traction, de nombreux moteurs *Bullock* sont appliqués à la commande des machines-outils.

La Compagnie occupe un espace de 35 m × 16 m dans le Palais de l'Électricité, mais elle a, en outre, exposé une importante machine pour l'installation de force motrice de l'Exposition servant à l'illumination.

La *Western Electric C°* expose un grand nombre de dispositifs d'éclairage et de machines commandées électriquement, des outils actionnés par des moteurs à vitesse variable et des meules d'émeri.

Des générateurs entraînés directement ou avec courroies et des moteurs à gaz, accouplés directement à des générateurs, sont également exposés.

Locomotives minières Jeffrey.

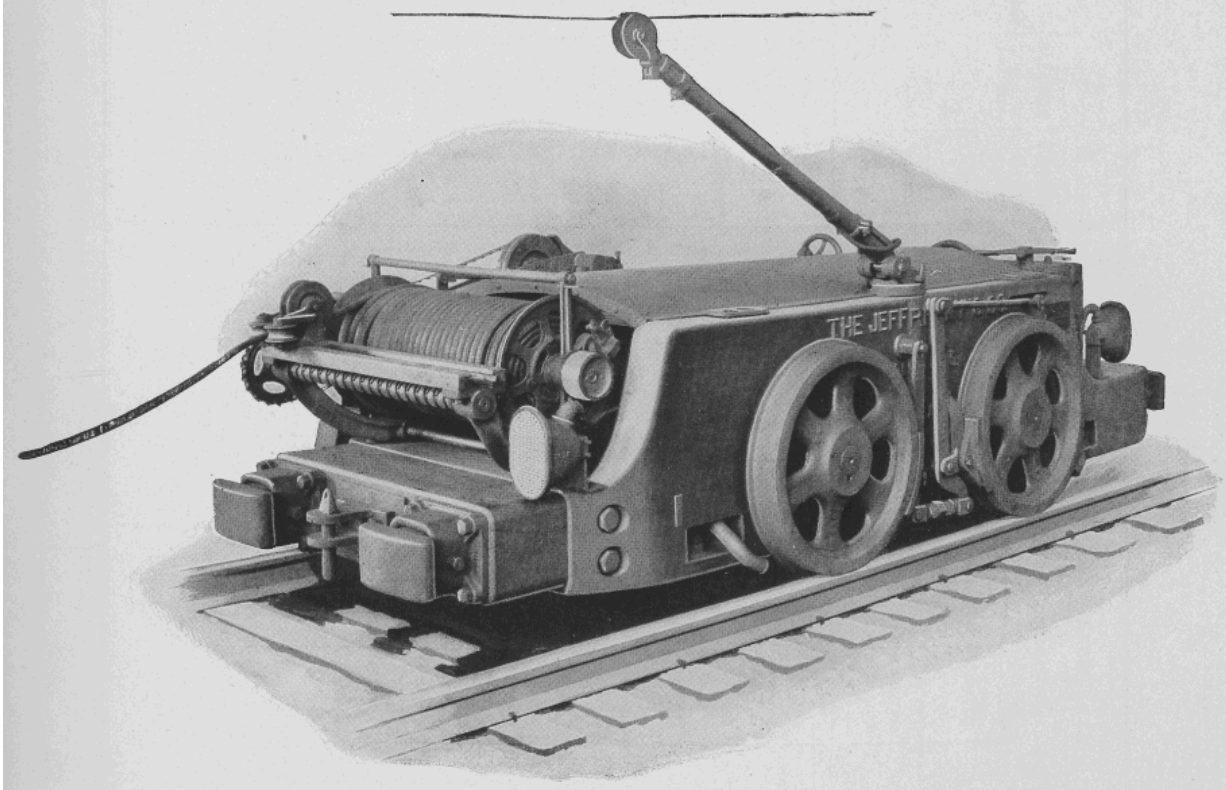
La *Jeffrey Mfg. C°*, de Columbus, s'est spécialisée dans la construction du matériel de mines (1). Elle construit divers types de locomotives servant à ramener les wagonnets à la recette du jour.

La locomotive du type n° 1 est particulièrement intéressante, car elle remorque les wagons sur des voies où il n'y a ni rail conducteur ni fil de trolley; mais elle

(1) Cette Maison est représentée à Paris par « l'Internationale Électrique », 20, rue Saint-Georges.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

porte un tambour sur lequel est enroulé un fil isolé dont l'extrémité peut être attachée à une prise de courant quelconque. L'arbre du tambour est monté à l'extrémité de la locomotive ; il est commandé au moyen d'un embrayage à friction et une chaîne-galle, de telle sorte que le câble se trouve déroulé automatiquement à mesure du déplacement. Le câble vient, en outre, passer entre des petits galets de guidage



Locomotive électrique minière à tambour Jeffrey.

fixés sur un support formant écrou en se déplaçant le long d'une tige filetée commandée par le tambour au moyen d'une chaîne-galle.

Le cadre de la locomotive est en fonte ; il est formé de quatre parties formant les deux côtés et les deux extrémités, vissées par de forts boulons.

La locomotive est pourvue de suspension à ressort au moyen de forts ressorts hélicoïdaux, montée entre le dessus de la boîte à graisser et le bâti, où des ouvertures sont ménagées pour la maintenir.

Les boîtes à graisse sont pourvues de coussinets de bronze de grandes dimensions, de telle sorte que la pression ne dépasse pas 17,7 kg par cm².

Les roues de fonte sont calées et clavetées sur les essieux en acier forgé.

Le mécanisme de freinage est puissant et rapide ; la commande se fait au moyen

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TYPE	CLASSE	EFFORT à la barre d'attelage.	VITESSE	POIDS des LOCOMOTIVES	DIMENSIONS avec ROUES INTÉRIEURES			DIMENSIONS avec ROUES EXTÉRIEURES			HAUTEUR totale sans le trolley.	LONGUEUR totale sans les tampons.	ÉCARTEMENT des ESSIEUX	DIAMÈTRE des ROUES	POIDS minimum du rail que l'on puisse employer par mètre.
					Voie minima.	Largeur totale avec la voie minima.	Différence entre la voie minima et la largeur totale.	Voie minima.	Largeur totale avec la voie minima.	Différence entre la voie minima et la largeur totale.					
		kg	km : h.	kg.	m.	m.	mm.	m.	m.	mm.	m.	m.	m.	mm.	kg.
DM...	30	700	10 à 16	5 500	1,220	1,395	175	0,815	1,335	520	0,990	2,845	1,015	710	7
DM...	40	900	10 à 16	6 500	1,220	1,395	175	0,815	1,335	520	0,990	2,845	1,015	710	9
DM...	50	1 100	10 à 16	7 500	1,220	1,395	175	0,815	1,335	520	0,990	2,845	1,015	710	11,5
DM...	60	1 300	10 à 16	8 000	1,220	1,395	175	0,815	1,335	520	0,990	2,845	1,015	710	13, 5
DM...	70	1 600	10 à 16	9 000	1,220	1,395	175	0,815	1,335	520	0,990	2,845	1,015	710	13 ,5
DM...	100	2 000	10 à 16	11 000	1,300	1,475	175	0,915	1,435	520	1,195	3,300	1,015	710	18
TM...	110	2 500	10 à 16	13 500	1,220	1,395	175	0,915	1,435	520	1,170	3,655	1,575	710	18
TM...	150	3 600	10 à 16	18 000	1,420	1,600	180	0,915	1,560	645	1,245	3,710	1,575	710	23

LOCOMOTIVES MINIÈRES JEFFREY.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un volant monté sur une tige filetée le long de laquelle se déplace l'écrou relié à un système de leviers.

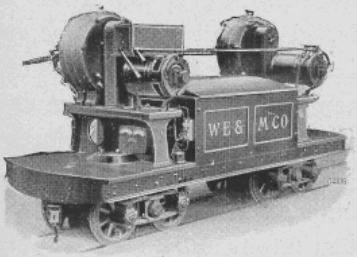
Les moteurs sont à quatre pôles et complètement étanches à la poussière.

Les dimensions générales de ces locomotives peuvent être résumées dans le tableau ci-contre.

C. W. Hunt C°.

La *Compagnie C. W. Hunt* expose divers types de ses chemins de fer industriels à voie étroite.

Une locomotive électrique fonctionne sur une voie établie dans la cour du Palais de l'Électricité. Cette locomotive porte une batterie d'accumulateurs de 57 volts placée au milieu du truc, chaque moitié de la batterie étant protégée par un couvercle recouvert de toile.

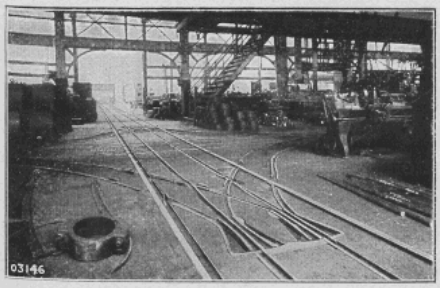


Locomotive à accumulateurs « Hunt » en usage à la *Buffalo Bolt C°*.

A chaque extrémité sont établis un moteur et un contrôleur.

Les poignées et manivelles de commande étant doubles et réunies par des bielles d'accouplement, il s'ensuit que la locomotive peut être commandée indirectement de chaque extrémité.

Le mouvement est transmis par des engrenages placés dans un carter et un pignon commandant une chaîne silencieuse ; cette chaîne commande une roue dentée, calée sur un arbre situé entre les deux essieux.



Aiguillage établi par la C. W. Hunt C°.

Vue des ateliers C. W. Hunt C°.

Deux autres chaînes identiques transmettent la puissance à chacun des essieux, de telle sorte que tout le poids de la machine sert à maintenir l'adhérence. Cette locomotive peut passer dans des courbes de 30 m de rayon.

La batterie a une capacité suffisante pour permettre le trafic pendant toute la journée, le rechargement se faisant seulement la nuit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Morgan Electric Machine C°.

Cette Compagnie expose au *Mining Gulch* un modèle de tracteur de mines qui remorque 5 ou 6 wagons de 5 tonnes, et dessert une ligne très accidentée à fortes rampes et à courbes très prononcées sillonnant le *Mining Gulch*. Cette machine fait le service des voyageurs, bien qu'elle soit pratiquement établie pour un tout autre genre de service, celui du remorquage des wagons dans les mines.

La machine a l'aspect général d'une locomotive de mines, mais la *Morgan Electric Machine C°* en a notablement réduit l'encombrement. Par une disposition importante et nouvelle aussi en ce qui concerne le matériel de mines, elle a abandonné l'alimentation par trolley, et, par l'emploi d'une crémaillère, elle réalise à la fois la réduction voulue de dimensions et de poids : de poids, parce que l'adhérence est inutile et que la crémaillère sert à l'entraînement ; de dimensions, parce que la même crémaillère sert à l'alimentation et que ce mode d'alimentation est beaucoup moins encombrant que le trolley. La crémaillère est une sorte de barre d'acier perforée, enchâssée dans une armature en bois, qui laisse passer les deux roues d'engrenages montées sur les essieux du tracteur. Cette armature en bois prévient tout contact éventuel avec la crémaillère. La voie de roulement sert au retour du courant comme dans les distributions de traction ordinaires.

Exposition de locomotives électriques (Baldwin-Westinghouse).

1° Les locomotives électriques de la classe 4/450 C 123 pèsent, en ordre de marche, 13 000 kg; elles sont construites pour la *Norfolk Coal and Coke C°*, de Switchback (Virginie).

L'équipement électrique de la locomotive exposée est fourni par la *Westinghouse Electric and Manufacturing C°*, de Pittsburg (Pensylvanie) ; il se compose de deux moteurs, série n° 79, à 500 volts, chaque moteur ayant une puisance de 42 chx, à pleine charge, à la vitesse de 10,5 km à l'heure, sur une voie en ligne droite. L'élévation de température, au bout d'un fonctionnement continu de quarante minutes, ne dépasse pas 75° C. ; les moteurs, fonctionnant dans les conditions normales, développent un effort de traction à la jante de 1 700 kg, ce qui donne un effort de traction totale de 2 150 kg, le coefficient de frottement étant pris égal à 1/5 du poids.

La commande se fait par simple réduction. Le pignon porte 14 dents, l'engrenage en ayant 68; le pignon est forgé et taillé dans une masse compacte, calé et claveté sur l'arbre de l'armature. L'engrenage est construit en deux parties et est fixé sur l'arbre au moyen de quatre boulons avec écrous et contre-écrous.

Le contrôleur est du type « rheostatic » ; il a cinq crans, permettant d'obtenir une combinaison-série et parallèle, au moyen d'un seul tambour qui produit aussi l'inversion.

La perche de trolley est construite par la *R. D. Nuttall C°*, de Pittsburg.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour le service spécial des mines; elle permet d'atteindre un fil placé à 0,90 m ou bien 1,10 m. Elle est construite en bois et un câble souple amène le courant.

Le poids de la machine a été porté à 14 000 kg afin d'assurer une adhérence suffisante.

La seconde locomotive construite pour la *Berwind-White Coal Mining C°*, de Windber (Pensylvanie), est du même type, mais pèse, en ordre de marche, seulement 9 000 kg. Elle est pourvue du même équipement, mais est adaptée pour le service en terrain ondulé où les rampes, quoique courtes, sont souvent fortes et où les moteurs sont, par conséquent, soumis à des surcharges importantes. Le poids a été réduit à 10 tonnes afin de permettre d'augmenter la vitesse et de donner une grande surcharge pendant un temps court.

Les locomotives électriques Baldwin Westinghouse, de la classe 4/2/35 C 33, pèsent, en ordre de marche, 9 000 kg.

La locomotive, exposée sous les deux noms de Baldwin-Westinghouse, était spécialement construite pour un lourd trafic sur des voies extrêmement étroites de 0,61 m. L'équipement électrique comprend deux moteurs-série à 220 volts de la *Westinghouse and Mining C°*, ayant chacun une puissance de 30 chx en pleine charge et à pleine vitesse.

Ce moteur, qui est connu sous le n° 75, peut donner un effort à la jante de la roue de 820 kg, assurant à la locomotive un effort de traction de 1 540 kg, à pleine charge et à la vitesse de 9,650 km. à l'heure; l'effort au démarrage, pris égal à 1/5 du poids, s'élève à 1 800 kg.

Truc automoteur à accumulateurs de la Westinghouse machine C°.

Ce truc est destiné au transport des lourdes pièces de machines d'un atelier à un autre et à suppléer à l'emploi des grues et ponts roulants électriques.

Un grand nombre de trucs de ce type sont en service aux ateliers de East Pittsburg.

Comme construction générale, il rappelle les trucs de transbordement à faible vitesse; complètement équipé, il pèse 4 300 kg et peut porter une charge utile de 45 000 kg et être employé comme locomotive, il peut fournir un effort de traction de 450 kg avec une vitesse de 800 à 4 000 m par heure.

Il est constitué par un châssis massif en acier porté sur quatre roues; chaque essieu est commandé par un moteur Westinghouse. Les accumulateurs ont été établis spécialement en vue de ce service, qui nécessite de grands efforts pendant un temps court. Le plancher, formé d'épais madriers de bois facilement déplaçables pour permettre la visite de la batterie, a des dimensions de 205/390 cm; l'empattement des roues est de 272 cm; la hauteur totale est de 90 cm; la largeur, de 2,25 m et la longueur de 4,37 m.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le truc peut être commandé aux deux extrémités par deux leviers à main, l'un servant au changement de marche, l'autre servant au changement de vitesse (il y a quatre vitesses); une pédale pour la commande d'un frein mécanique et le bouton d'une sonnerie d'avertissement. A chaque extrémité, se trouvent des crochets d'attelage, et un voltmètre-ampèremètre combinés, indiquant l'état de la batterie.

L'avantage de l'emploi des accumulateurs est de ne pas nécessiter de fils de trolley, qui empêcheraient le déplacement des grues et des diverses machines de l'atelier.

Locomotives minières de la General Electric Cº.

Ces locomotives minières, du type T. M. M. 30, peuvent transporter chacune, par vingt-quatre heures, 3 000 tonnes de minerai au moyen de 6 à 8 wagonnets du poids

Locomotive minière de l'Higland Boy Gold Mining Cº, Murray-Utah.

de 2 500 kg environ chacun, poids du wagonnet compris, soit une charge nette de 15 à 20 tonnes à la vitesse de 12 à 13 km à l'heure.

Le châssis ou carcasse de la locomotive est en fonte ; il se compose de deux longerons boulonnés à deux traverses de tête ; il repose sur les boîtes à graisse, au moyen de 4 ressorts à boudin. Les traverses de tête sont légèrement arrondies, en prévision de la manœuvre des wagonnets par tamponnement.

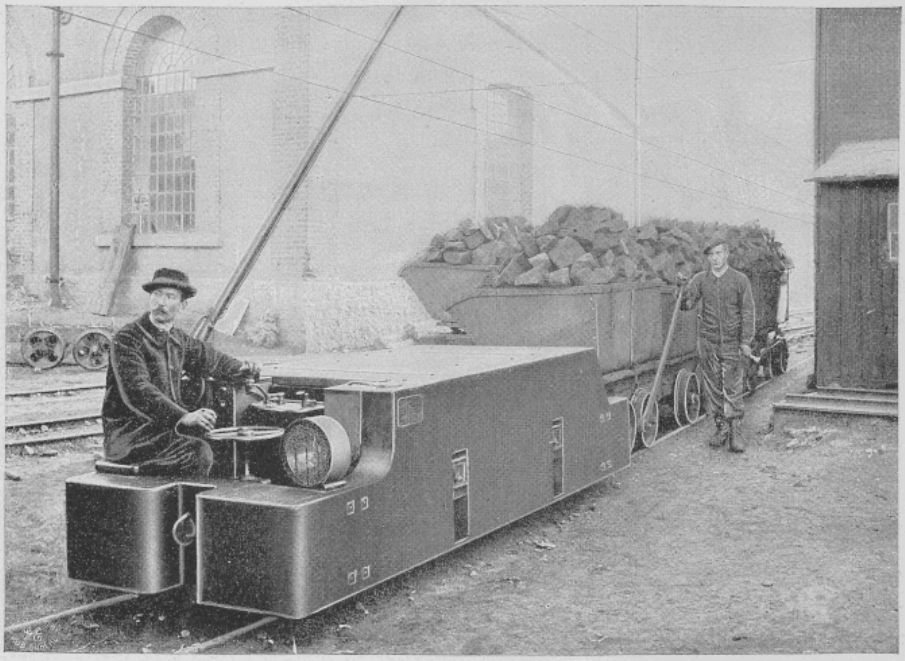
Les roues, également en fonte, sont placées à l'intérieur du châssis. Elles ont un diamètre de 838 mm et l'écartement des essieux, d'axe en axe, est de 1,17 m.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La locomotive présente, en quelque sorte, l'aspect d'une caisse à section rectangulaire, dont les dimensions sont les suivantes :

Largeur, non comprises les saillies des boîtes à graisse.....	1,25 m
Longueur entre tampons	3,70 m
Hauteur du châssis, non comprise la prise de courant	0.94 m
Poids.....	11,500 kg env.

On se rend compte, par ces données, qu'elle peut être utilisée dans les galeries



Locomotive minière de la concession de Tiercelet. Villerupt, France.

les plus étroites, où peuvent circuler les wagonnets et où le rayon des courbes descend jusqu'à 5 m.

Le courant d'alimentation est emprunté à une ligne de trolley placée à 3,50 m au-dessus du niveau des rails dans les sections de voie à ciel ouvert, et à 2 m dans les galeries au moyen d'une perche de trolley, semblable à celle que l'on utilise sur les voitures de tramways ; cette perche peut être placée indifféremment sur l'un ou sur l'autre côté de la locomotive, une douille étant ménagée à cet effet dans chacun des longerons du châssis.

L'équipement électrique de chacune d'elles comprend :

2 moteurs du type G. E. 61, d'une puissance de 40 chevaux chacun, enroulés pour 500 volts ;

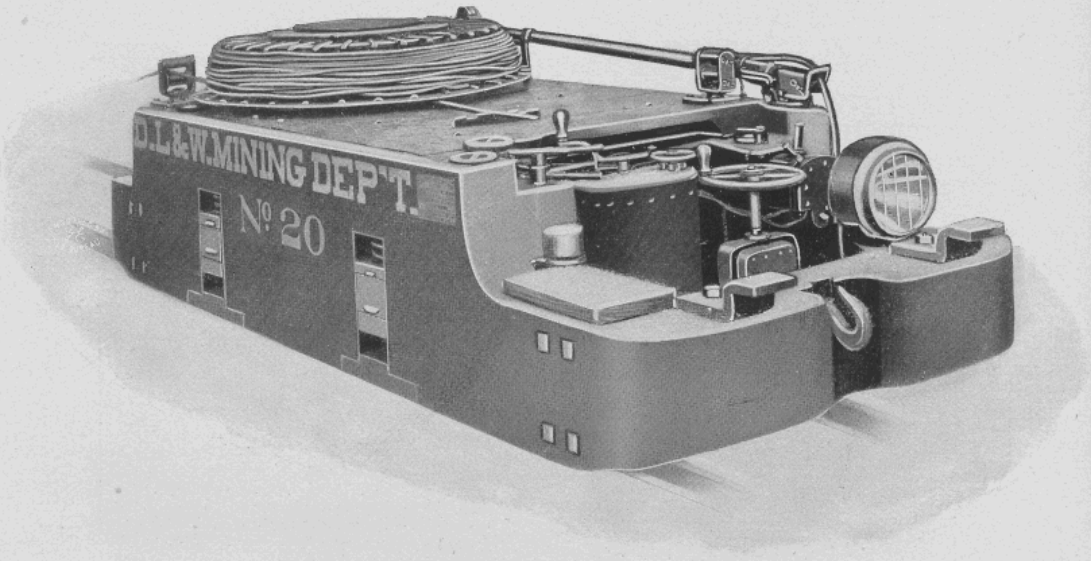
1 contrôleur à soufflage magnétique type R. 22, avec dispositif de changement de marche et freins électriques ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin les résistances, plombs fusibles à soufflage magnétique, interrupteurs automatiques et autres appareils accessoires.

Deux fanaux, installés à l'avant, sont alimentés par le courant de ligne, au moyen d'un circuit commandé par un interrupteur à soufflage magnétique.

Tous les appareils de manœuvre sont réunis à portée de la main du mécanicien, de même que la manivelle de commande des quatre sablières placées deux à l'avan et deux à l'arrière, et celle des freins à sabot qui agissent sur les quatre essieux.



Locomotive minière avec câble et dispositif enrouleur.

La ligne d'alimentation est constituée par un fil de cuivre de 8 mm supporté, dans les parties à ciel ouvert, par des consoles métalliques situées elle-mêmes sur des poteaux spéciaux placés sur des traverses en bois goudronné, qui sont maintenues sur la voûte des galeries au moyen de boulons de scellement.

Une locomotive électrique, du modèle que nous venons de décrire, peut transporter chaque jour 3 000 tonnes de minerai ; le halage par chevaux ou par mules revient, suivant les statistiques établies, à environ 0,35 fr la tonne kilométrique, tandis que le halage par locomotives minières ne revient qu'à 0,13 fr environ.

Locomotives du chemin de fer d'Orléans de la Cie Thomson-Houston.

La remorque des trains électriques sur la ligne Paris-Juvisy est effectuée au moyen de 8 locomotives, type E à E 8.

Ces locomotives proprement dites sont destinées à ne recevoir que des appareils moteurs, et à être attelées à un train comme de simples machines à vapeur. Par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

leur forme, elles offrent une résistance minima à l'air. Elles peuvent facilement démarrer sur une pente de 11 mm un train de 300 tonnes (machine non comprise), et remorquer ce train en sept minutes de la gare d'Austerlitz à celle du quai d'Orsay (3 800 mètres).

L'avant et l'arrière sont amenagés pour recevoir les résistances de démarrage et les câbles de connexions; au centre est placée la cabine du machiniste renfermant tous les appareils de manœuvre, de mesure et de sécurité.

Chaque machine est munie de 4 moteurs, commandant chacun un essieu au moyen d'une seule paire d'engrenages. Ils sont du type GE-65, d'une puissance unitaire de 125 kw et construits de façon à être soumis pendant cinq minutes à une surcharge correspondant à un courant de 600 ampères. Les essais auxquels ils ont été soumis ont montré que leur rendement minimum, sous un courant de 300 ampères était de 86 %, perte dans les engrenages comprises, et que l'isolement de leurs différentes parties résistait à une tension alternative de 2500 volts.

Locomotive électrique de 45 tonnes du chemin de fer d'Orléans.

Le contrôleur servant à la conduite de la locomotive est placé au milieu de la cabine, de façon à pouvoir être manœuvré en tous sens; il est du type 1-7, série et parallèle.

A ces locomotives s'ajoutent 3 locomotives type E 9 à E 11, et 5 automotrices type AE à AE 5.

Les premières sont équipées avec 4 moteurs GE-65 de 270 chx au régime de marche d'une heure, montés sur deux boggies.

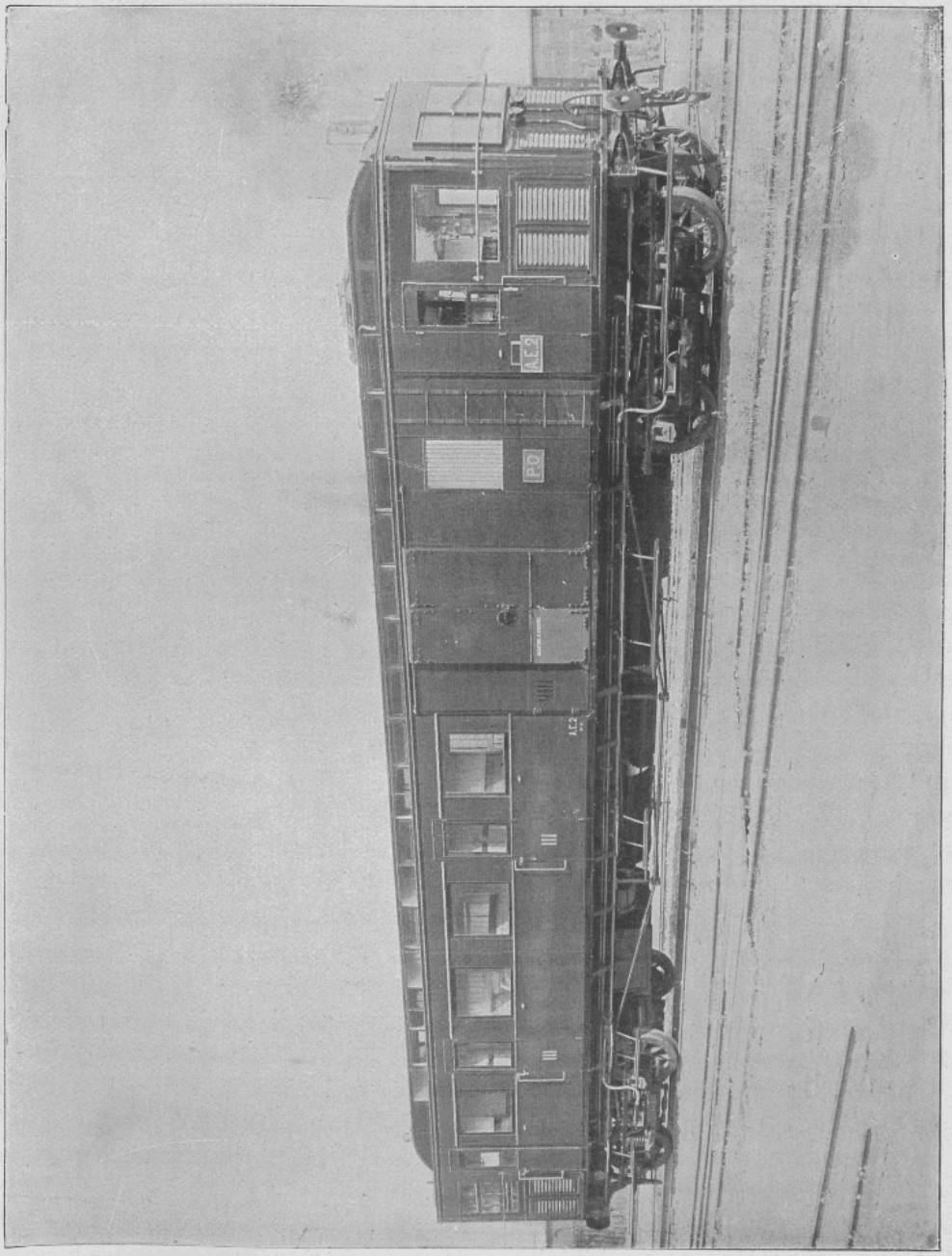
Elles sont munies d'un combinateur spécial, permettant de grouper les 4 moteurs, soit en deux groupes de deux moteurs en série, soit en deux groupes de deux moteurs en parallèle.

Les 5 automotrices à voyageurs sont équipées avec le système à « unités

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

multiples », muni de tous les perfectionnements qu'une longue expérience a permis d'y apporter.

Les moteurs, au nombre de 4 par voiture sont du type GE-66 de 125 chx au



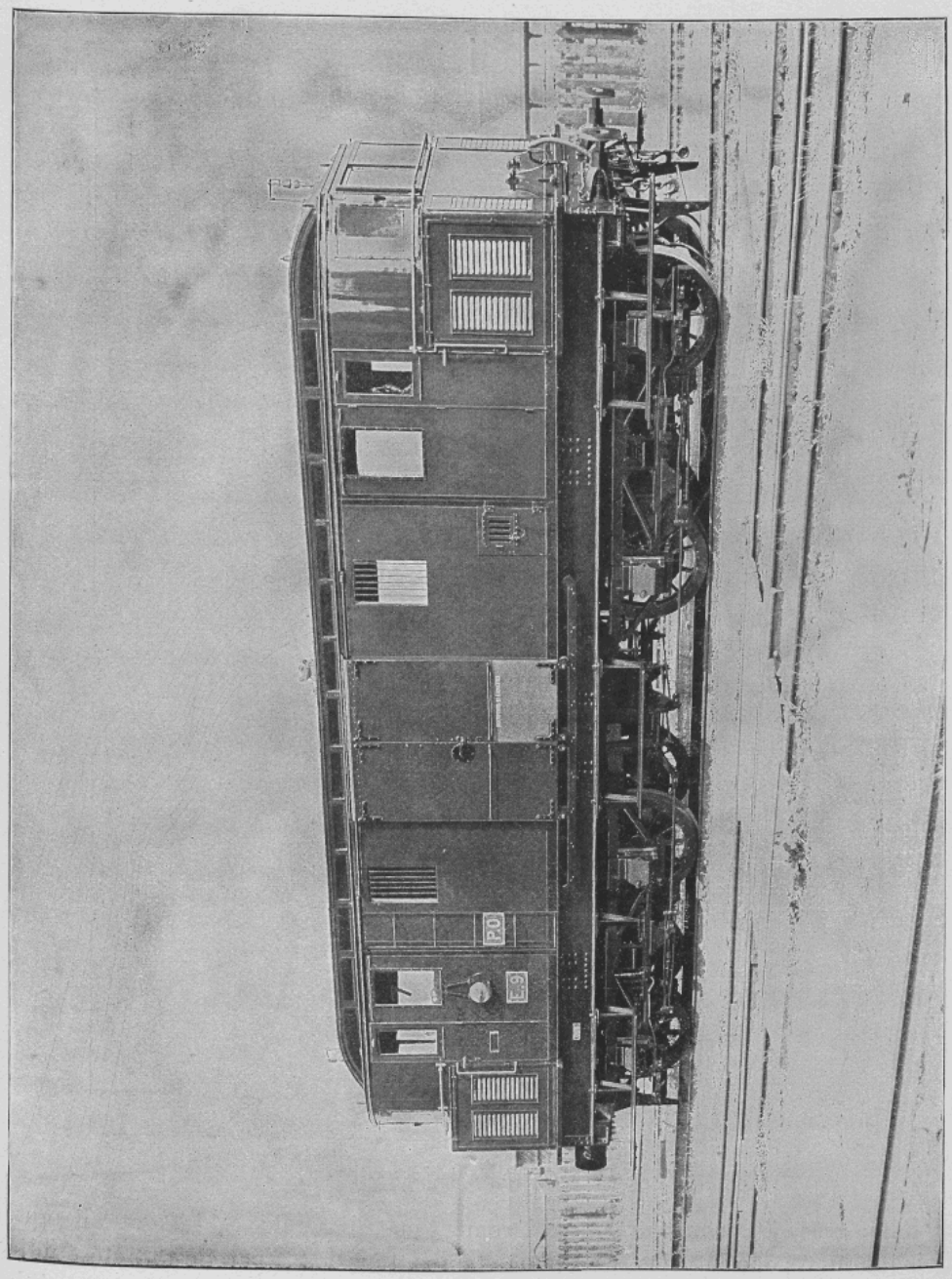
Voiture automotrice de 45 tonnes du chemin de fer d'Orléans.

régime de marche d'une heure ; ils sont largement calculés pour le service qu'ils ont à fournir; avec deux automotrices, remorquant un poids total de 200 tonnes, la dis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tance totale d'Austerlitz à Juvisy, peut être franchie en quinze minutes, sans arrêts.

La commande du train peut se faire de l'une quelconque des cabines de



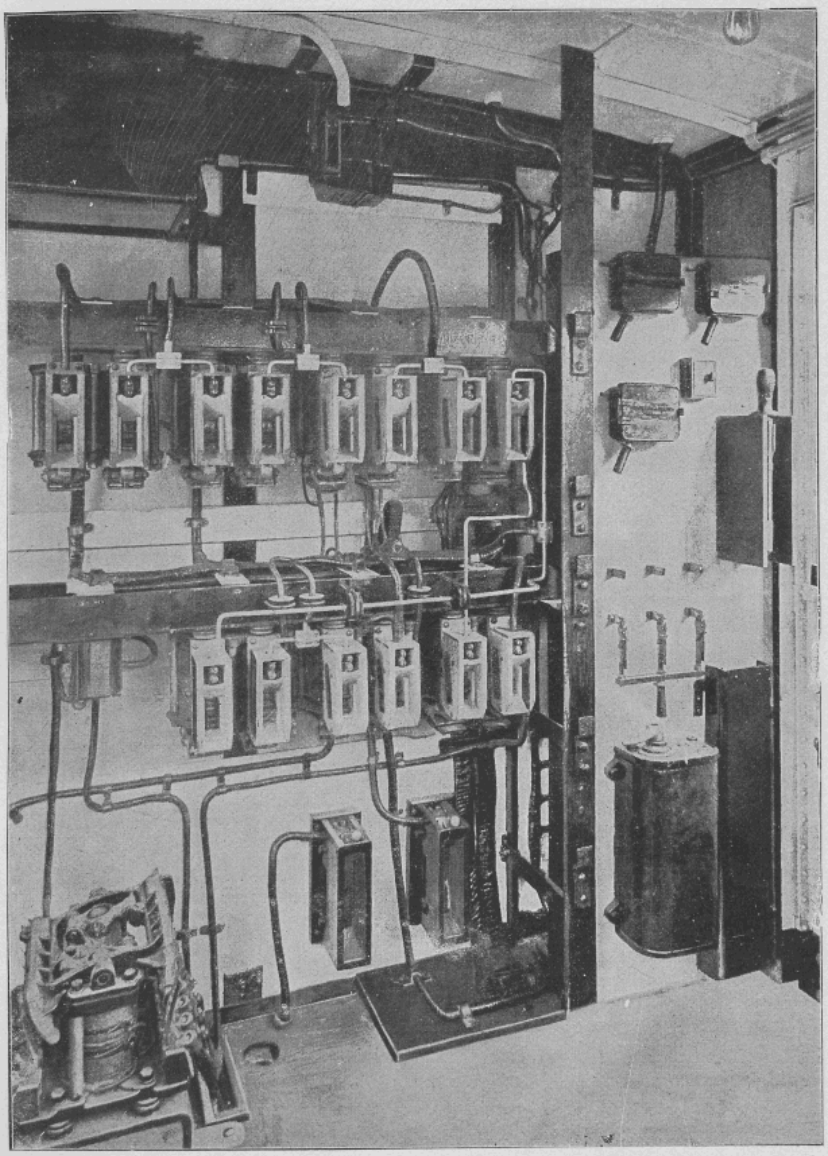
Locomotive-fourgon de 55 tonnes du chemin de fer d'Orléans.

wattman dans lesquelles se trouvent rassemblés les contrôleurs, inverseurs résistances, contacteurs, constituant l'équipement même du train-contrôle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La figure ci-contre permet de se rendre compte de la disposition d'ensemble des appareils.

Toutes les précautions ont été prises, dans ces voitures, pour éviter les risques



Vue de la cabine de la locomotive.

d'incendie, grâce à la construction entièrement métallique des cabines et à l'emploi de bois ignifugé pour la caisse ; en même temps, tous les appareils ont été étudiés de manière à rendre la manœuvre aussi simple et « aussi automatique » que possible, par d'ingénieuses dispositions de détail des contrôleurs principaux. En particulier, un relai, traversé par le courant des moteurs, vient bloquer le contrôleur, au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moyen d'un frein spécial, et empêche toute surcharge accidentelle des moteurs.

Les données principales de ces différents types de voitures sont résumées dans le tableau ci-dessous :

	Locomotives E_1 à E_8.	Locomotives E_9 à E_{11}.	Automotrices AE_1 à AE_5.
Poids à vide	49 tonnes	55 tonnes	45 tonnes
Longueur entre tampons	10,609 m.	11,371 m.	17,360 m.
Longueur de caisse	9,450 m.	10,200 m.	16,200 m.
Nombre de boggies	2	2	2
Empattement des boggies	2,388 m.	2,388 m.	1,981 m.
Écartement d'axe en axe des boggies	4,877 m.	5,639 m.	12,400 m.
Diamètre des roues	1,245 m.	1,245 m.	1,06 m.
Rapport d'engrenage	2,23 (4,1 pour la E_4)	2,23	3,08

La nouvelle locomotive électrique de Baltimore.

Cette locomotive pèse 150 tonnes et est constituée par deux unités indépendantes à quatre essieux de 75 tonnes chacune. La locomotive peut remorquer un train de 1600 tonnes sur une pente de 8 à 10 mm, à une vitesse de 16 km par heure, et une pente de 15 mm à la vitesse de 14 km par heure.

Elles sont alimentées par du courant continu à la tension de 625 volts ; chaque unité de 75 tonnes comprend deux groupes de 4 moteurs de 170 kw chacun, ce qui représente pour la locomotive une puissance totale de 1 360 kw. Chaque moteur actionne un essieu par train d'engrenages. Les deux groupes, de 4 moteurs chacun, sont commandés par le système dit à unités multiples *Sprague*, permettant d'agir sur chaque groupe indépendamment, ou sur les deux groupes simultanément.

Les organes de commande sont disposés en double diagonalement, aux deux extrémités de la locomotive, de façon que le mécanicien puisse les manœuvrer en faisant face à la voie, quel que soit le sens de marche.

On peut d'ailleurs commander une seule moitié de la locomotive ou deux, ou ajouter encore à l'ensemble une troisième ou une quatrième unité de 75 tonnes.

Les trains à remorquer sont de 1600 tonnes, non compris la locomotive, dans les conditions normales de fonctionnement.

Les 4 moteurs G. E. 65, d'une puissance de 225 chx chacun, peuvent assurer un aller et retour toutes les heures, et utilisent au démarrage tout le poids adhérent total du tracteur. Afin que la locomotive puisse franchir facilement les courbes, on a admis un jeu latéral considérable dans les boîtes à graisse.

Locomotive du New-York Central.

La *Westinghouse Co* a fourni tout récemment des locomotives électriques pour le *New-York Central*. Les conditions imposées étaient les suivantes :

Les locomotives devaient remorquer les trains jusqu'à Croton sur l'Hudson et North White Plains, les distances étant respectivement de 55 et 39 kilomètres ; elles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

devaient être capables de faire deux voyages successifs d'une heure, entre le *Grand Central Station* et Croton, remorquant un train de 550 tonnes avec un seul arrêt et un repos ne dépassant pas 20 minutes. Ces mêmes conditions étaient applicables avec un train plus léger, mais d'arrêts plus fréquents, enfin avec un train de 435 tonnes, aller sans arrêt à Croton en 44 minutes. On ne peut exiger un service plus rigoureux des locomotives à vapeur.

Nous ferons une description plus détaillée de cette locomotive qui constitue un type tout nouveau et présente quelques particularités ; le châssis sert en effet non seulement à porter la voiture, mais il est utilisé pour le passage du flux magnétique des moteurs. La longueur totale de la locomotive est de 11,60 m. Les essieux moteurs portent des roues de 1,12 m et 2 essieux de guidage avec des roues de 91,5 cm. Les boîtes de fusée présentent assez de jeu pour permettre le passage dans les courbes de 70 m de rayon. Le châssis est en acier coulé et les faces sont réunies par des traverses en acier coulé qui portent les pièces polaires des moteurs. Les armatures des moteurs sont directement calées sur les essieux et sont centrées du milieu des pièces polaires au moyen des boîtes d'essieu.

Les pièces polaires sont tangentes verticalement à l'armature de façon à permettre le déplacement. Les bobines inductrices sont formées de ruban de cuivre enroulé de champ sur une carcasse métallique. Les moteurs ont une puissance de 550 chx, ce qui fait 2200 chx pour la locomotive, soit un maximum de 2800 chx ; cette puissance dépasse de 50 % celle des plus grandes locomotives à vapeur.

La locomotive pèse 85 tonnes avec un poids adhérent de 67 tonnes, et elle peut fournir une vitesse de 96 km à l'heure. La forme extérieure de la locomotive a été établie pour présenter la résistance minima au vent.

La cabine renferme deux contrôleurs du type Sprague à unités multiples, d'action semi-automatique, qui limitent l'accélération à une certaine valeur. Plusieurs locomotives peuvent être couplées ensemble et commandées d'une seule cabine.

Moteur de Tramway type G-E. (General Electric C°).

Ce moteur a été étudié dans le but d'avoir un démontage excessivement simple et rapide de toutes ses parties.

La carcasse, de forme octogonale, est séparée en deux parties un peu au-dessus de l'axe. La partie supérieure porte 4 goujons pour le centrage et deux anneaux pour le transport. Ces deux parties sont réunies par quatre boulons.

La partie inférieure de la carcasse porte deux larges ouvertures circulaires, d'un diamètre suffisant pour laisser passer l'induit, lorsque l'on veut faire le démontage.

Les paliers sont coulés avec des plaques circulaires que l'on vient fixer sur des portées dressées de la partie intérieure de la carcasse.

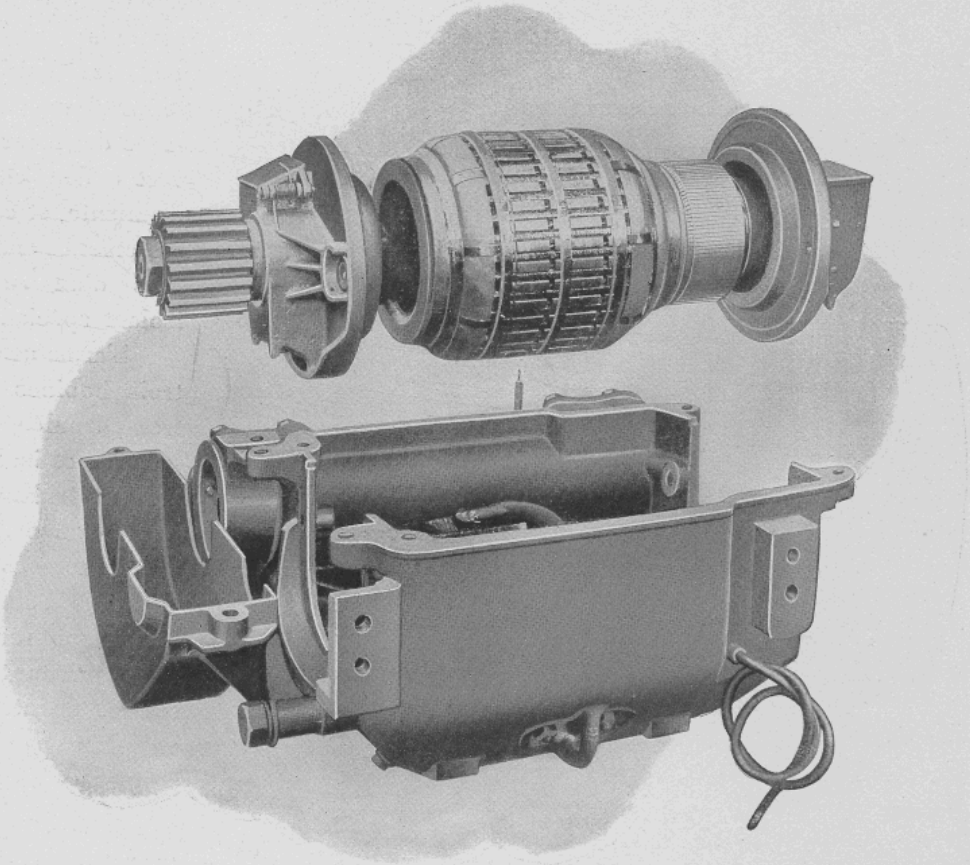
Les paliers sont pourvus de larges réservoirs d'huile et de tampons de laine pour le graissage.

Les coussinets en bronze en une seule pièce sont garnis d'une même couche de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

métal antifriction soudée. (Cette couche doit être mince, afin que, si ce métal venait à fondre, l'armature ne frotte pas contre les pôles, par suite du décentrage.)

Les paliers de fixation sur l'essieu sont construits suivant les mêmes prin-



Moteur de traction GE-70.

cipes; ils sont munis de larges couvercles. Les chapeaux des paliers sont fixés sur des parties verticales dressées de la carcasse.

La surface portante de l'arbre est considérable.

L'arbre de l'armature

a un diamètre de.....	{	57 mm du côté du collecteur, 83 mm du côté du pignon,
et porte sur une longueur de.....	{	190 mm du côté du collecteur, 215 mm du côté du pignon.

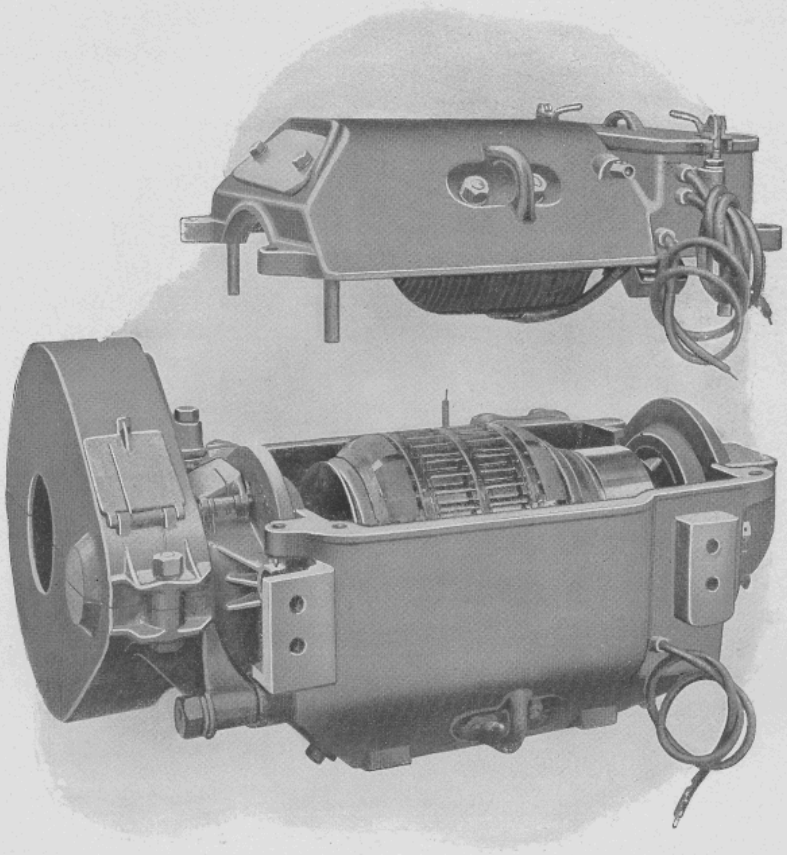
L'essieu a un diamètre de 127 mm et porte sur une longueur de 220 mm.

Les engrenages réducteurs sont placés dans un carter en fonte malléable, renforcé par des nervures et fait en deux parties boulonnées. Les engrenages sont en acier coulé; ils ont une largeur de 126 mm; les dents sont taillées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le moteur est suspendu par une barre de fer boulonnée sur la carcasse, cette barre venant se fixer sur le châssis du truc au moyen de ressorts.

Les noyaux polaires, en tôles feuilletées, sont placés à 45° et sont maintenus sur la carcasse au moyen de deux boulons; ils portent les bobines inductrices formées de fil recouvert de coton d'amiante, et complètement entourées d'un ruban isolant spécial.



Moteur de traction GE-70.

L'armature a trois bobines par trou enroulées sur gabarit, et isolées par un ruban et une composition spéciale. Les extrémités de l'enroulement sont recouvertes par une toile solide, maintenue en place par des agrafes.

Une boîte coulée à la partie supérieure de la carcasse, et fermée par un couvercle de fonte et un bourrelet de feutre, permet l'inspection du collecteur pendant la marche.

La Compagnie fournit les garanties de fonctionnement suivantes :

Après un fonctionnement continu à 500 volts, pendant une heure, l'élévation de température au-dessus de l'air ambiant (supposée à moins de 25°) ne dépasse pas 35° C.

Les *poids approximatifs du moteur et de ses accessoires sont, en kg :*

Moteur complet avec engrenage et carter	1 250
Équipement à double moteur avec deux contrôleurs types K-10	2 830
Équipement à double moteur complet avec contrôleur du type M et deux contrôleurs principaux C-9	3 160
Équipement à 4 moteurs complet avec deux contrôleurs K-6 et K-27	5 700
Équipement à 4 moteurs complet avec contrôleur du type M et deux contrôleurs principaux du type C-6	5 880

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

RAPPORTS D'ENGRENAGE.

Pignons.	Engrenages.	Rapports.	Classification.
15	71	4,73	GE-70-A-2
17	69	4,06	GE-70-A-1
19	67	3,53	GE-70-A-3
22	64	2,91	GE-70-A-4

Contrôleurs de la General Electric C°.

Parmi les divers appareils qui composent l'équipement électrique d'une voiture automotrice, le contrôleur est certainement le plus important, et de son fonctionnement plus ou moins régulier dépend, dans une très grande mesure, celui de l'équipement tout entier; aussi, la *General Electric C°* a-t-elle apporté des soins particuliers dans sa construction.

Il doit pouvoir supporter, sans détérioration des pièces formant contact, les ruptures presque continuelles des circuits traversés par des courants d'une intensité variable, parfois exagérés, et présentant une self-induction très élevée. Cette difficulté a été résolue grâce à l'adaptation du soufflage magnétique qui permet l'extinction instantanée des arcs qui s'y produisent.

L'interrupteur destiné à isoler les moteurs est fait de telle façon que chaque moteur ou chaque paire de moteurs d'un équipement puisse être mis hors circuit, sans qu'une modification quelconque soit apportée, par cette manœuvre, dans le fonctionnement des autres moteurs.

Les enclanchements sont étudiés pour éviter absolument les accidents qui pourraient résulter d'une fausse manœuvre.

Enfin toutes les pièces sont interchangeables et d'un accès facile, ce qui permet une rapide inspection, ainsi que toute réparation ou changement de pièce.

Ces contrôleurs appartiennent à l'un des types suivants :

Contrôleurs type B. — Ils peuvent être soit série parallèle, soit rhéostatiques, et comportent les connexions et contacts nécessaires pour commander le frein électrique.

Contrôleurs type K. — Ils sont du modèle série parallèle et disposés de manière à shunter un ou plusieurs moteurs ou à les mettre en court-circuit lors du passage de série en parallèle.

Contrôleurs type L. — Ces contrôleurs sont également série parallèle, mais contrairement aux contrôleurs K, ils ouvrent le circuit lors du passage de la marche en série à la marche en parallèle. Ils peuvent être employés indifféremment avec des moteurs en série, shunt ou compound.

Contrôleurs type R. — Ils sont du type rhéostatique, et destinés à commander un ou plusieurs moteurs au moyen de résistances seulement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Contrôleurs type S. — Ceux-ci sont établis pour fonctionner avec des batteries d'accumulateurs comme source d'énergie.

Ces contrôleurs sont généralement établis pour fonctionner sous une tension de 500 volts, couramment utilisée sur les réseaux de tramways. Toutefois certains modèles étant employés également dans les installations fixes, minières ou autres, ils ont été construits pour être adaptés à une tension moins élevée ; dans ce dernier cas, la puissance correspondant à chaque contrôleur est proportionnellement plus faible.

Les contrôleurs, à renversement de marche, sont généralement pourvus de deux poignées distinctes ; lorsqu'ils ne possèdent qu'une seule poignée, la marche avant est réalisée par le mouvement de la poignée dans un sens, à partir de la position zéro, et la marche arrière par le déplacement de la poignée dans la direction opposée.

Traction à courant alternatif monophasé de la General Electric C°.

La *General Electric C°* fit un essai de son système sur la ligne à courant continu déjà installée de Ballstone à Schenectady, sur une distance de 25,800 km. On avait installé au-dessus de la ligne à courant continu, un fil de trolley pour le courant alternatif, et l'on put faire fonctionner indifféremment le moteur sur les deux espèces de courant.

On remarquera les avantages que l'on peut tirer de cette circonstance. La voiture, pouvant passer sur toutes les lignes existant antérieurement dans les villes, n'emploiera la traction à courant alternatif que pour le service suburbain, utilisant, par exemple, du courant continu à 600 volts et le courant alternatif à 2 000 volts.

La ligne de Ballstone a 25 km de long et comprend 6,300 km à l'intérieur de Schenectady, la voie étant établie avec du courant continu.

Les poteaux de support sont placés entre les deux voies. Une traverse supporte les fils de trolley à 600 volts et une autre ceux à 2 200 volts. Les poteaux ont 10,40 m et sont espacés de 30 m.

La ligne à courant continu est portée sur des isolateurs à double cloche, et celle à courant alternatif est suspendue au moyen d'un fil d'acier de 9,5 mm tendu entre deux isolateurs en porcelaine, fixés sur une traverse en bois ; ce dispositif a l'avantage de présenter une grande flexibilité, tout en supprimant la flèche des câbles de soutien.

Dans les systèmes à courant alternatif employant un fil de trolley avec retour par les rails, on trouve une chute inductive de tension et une perte additionnelle dans le rail dues aux courants parasites et à l'hystérésis. Les mesures prises sur la ligne de Ballstone ont donné, pour le trolley, une résistance apparente de 1,3 fois la résistance ohmique et, pour le rail, 6,15 fois la résistance ohmique.

La résistance du fil de trolley est en quelque sorte réduite, par la présence à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

côté de lui, d'un fil d'acier. Les fils à courant alternatif sont éloignés de 1,55 m et sont à 5 m de la voie et les quatre rails pesant 34 kg sont réunis ensemble tous les 457 m.

La chute de tension indiquée plus haut serait un grave inconvénient si l'on utilisait un bas voltage, mais il est à remarquer que l'on peut facilement réduire ce voltage par un transformateur placé dans la voiture.

La ligne de Ballstone a été disposée de façon à pouvoir utiliser à la fois la traction à vapeur et électrique. Le fil de trolley et les isolateurs ne se trouvant pas au-dessus du milieu de la voie, ne sont pas exposés aux gaz et fumées de la locomotive. Une suspension à chaînette peut permettre de placer le fil plus bas, sans qu'il soit rencontré par les cabines de surveillant des wagons de marchandises, et peut être mieux adapté au gabarit des routes, sans nécessiter de trop grandes variations dans la hauteur.

La sous-station est temporairement installée au lac Ballstone, et elle reçoit le courant à 40 périodes de l'Hudson River Power C°; on doit alors changer la fréquence de ce courant au moyen d'une commutatrice en un courant à 25 périodes.

La station permanente sera installée à Ballstone, et l'on emploiera un groupe moteur-générateur, ce qui donnera une meilleure régulation.

L'alimentation se fait directement à 2 200 volts sans transformation. On a choisi ce chiffre de 25 périodes, car les convertisseurs tournants sont généralement alimentés, dans la station centrale, par des générateurs triphasés de cette fréquence.

Une distribution monophasée s'impose par sa simplicité; on emploiera alors des transformateurs dévolteurs réunis directement au fil de trolley, et, en cas d'accident, on pourra supprimer un transformateur sans couper le courant sur la ligne, chaque sous-station servant de réserve pour celles qui l'avoisinent.

Lorsqu'on veut installer un générateur triphasé pour commander des convertisseurs, et des moteurs d'induction, on doit, pour égaliser la charge, transformer le courant triphasé en courant diphasé et alimenter des sections séparées du trolley avec chacune des phases.

Le moteur employé pour la commande des voitures est un moteur-série *compensé*. La voiture équipée avec deux moteurs pèse 30,8 tonnes sans voyageurs; elle peut marcher à une vitesse maxima de 70 km à l'heure en terrain plat.

La voiture construite par la I. C. Brill C° a 9,75 m de corps et 13,10 m au total et contient 44 places assises. Elle est montée sur des trucs Brill n° 27 à six roues, et portant deux moteurs de 50 chx.

Le moteur compensé consiste en une carcasse en tôle portant un enroulement semblable à celui des moteurs asynchrones et en une armature semblable à celle d'un moteur à courant continu pourvu d'un collecteur.

Ces moteurs fonctionnent sous 200 volts et sont toujours réunis par deux en série. Un transformateur dévolteur ventilé de 8 kw leur fournit le courant à 400 volts.

L'enroulement inducteur est disposé de façon à annuler la réaction d'armature, de sorte que le facteur de puissance est toujours relativement élevé dans toutes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les conditions de fonctionnement, et passe par son maximum lorsque la pleine vitesse est atteinte.

L'étude des caractéristiques montre que ce moteur a une vitesse variable avec la charge, et peut être adapté parfaitement à la traction en terrain accidenté.

La commutation est parfaite, soit qu'on utilise du courant continu ou du courant alternatif, sans qu'il soit nécessaire d'employer des connexions très résistantes.

Il n'est pas beaucoup plus coûteux et plus compliqué d'installer un trolley séparé à courant alternatif à tension réduite. La dépense supplémentaire, nécessitée par l'adaptation de l'équipement pour fonctionner sur les deux types de distribution, est très minime.

Sur la ligne Ballstone, on emploie un contrôleur du type R. 28, donnant les combinaisons série et parallèle, et un commutateur pour changer les connexions de l'inducteur, couper le transformateur dévolteur et changer le fusible. L'ensemble de ces opérations ne nécessite que quelques secondes.

Le commutateur est enclanché avec les deux interrupteurs principaux à huile servant l'un pour le courant alternatif, l'autre pour le courant continu, un seul interrupteur pouvant être fermé à la fois. Cela est nécessaire, car on a dû employer deux perches de trolley, le fil de trolley à courant continu se trouvant au-dessus de la voie dans les villes. On pouvait donc craindre que les deux perches soient placées en même temps. Aux points de changement de distribution, les deux lignes peuvent se recouvrir afin de faciliter le passage de l'une à l'autre. Lorsqu'on sera sur la portion alimentée par du courant alternatif, on emploiera néanmoins pour le démarrage le même contrôleur que pour le courant continu. On a ainsi une action moindre, mais cela a peu d'importance étant donné le petit nombre d'arrêts dans les régions suburbaines. En outre, la courbe d'accélération a une forme meilleure.

On remarquera d'ailleurs que, dans les voitures actuelles, on a déjà peu de place pour mettre les appareils de contrôle et qu'il serait inutile d'augmenter le poids en employant deux dispositifs séparés, mais on pourra le faire avantageusement sur des locomotives électriques.

Le rendement n'est pas supérieur de plus de 2 à 3 % avec l'emploi d'un haut potentiel.

Le transformateur dévolteur de 8 kw est à circulation d'eau forcée, produite par le déplacement de la voiture; il est suspendu en dessous du plancher de la voiture, et tous les fils primaires sont placés dans des conduites de laiton mises à la terre.

L'éclairage se fait à la manière ordinaire, soit avec du courant continu, soit avec le courant alternatif du secondaire, et le compresseur d'air est commandé par un moteur compensé.

On a fait des essais d'accélération sur la ligne de Ballstone, et ils ont donné les résultats suivants avec le système de contrôleur série parallèle. Avec le courant alternatif, l'accélération est moindre et il est nécessaire d'appliquer la puissance

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jusqu'au moment du freinage ; la courbe de vitesse a aussi une forme caractéristique.

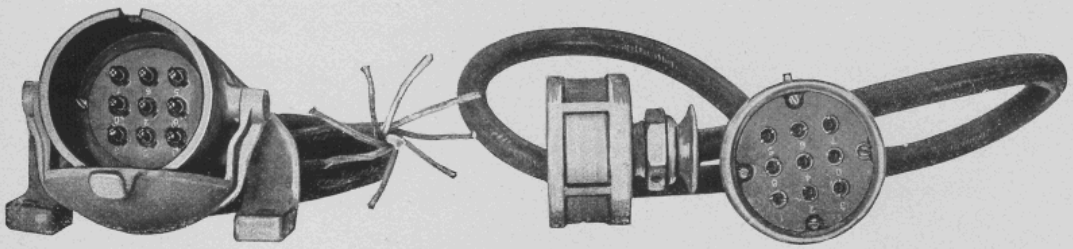
Voici les résultats principaux que l'on a obtenus :

	Continu.	Alternatif.
	—	—
Longueur du parcours	25,700 km	—
Poids de la voiture	32 t	—
Temps	180 s	—
Intensité moyenne	229 A	346
Voltage moyen	606 v	425
Volts-ampères à pleine vitesse en terrain plat	98	110
Volts-ampères-heures par tonne-kilomètre sur le parcours donné	53,5	78,0
Vitesse moyenne	51,5 km	51,5 km
Vitesse moyenne, y compris un arrêt de 15 secondes.	47,5 km	47,5 km

Le faible volt-ampère avec le courant continu, est dû surtout au bon rendement du moteur compensé lorsqu'il fonctionne sur courant continu aussi à une accélération plus grande. On remarquera que la vitesse est sensiblement la même lorsque le moteur fonctionne sur 200 volts continus ou 200 alternatifs, ce que l'on obtient en réunissant en parallèle les bobines de champ lorsqu'on emploie le courant alternatif.

Système de contrôle à unités multiples.

I. **Sprague General Electric, type M.** — Ce système de distribution comprend un contrôleur de moteur et un contrôleur principal. Le contrôleur de moteur agit directement sur les circuits des moteurs, pour les réunir en série ou en parallèle,



Vue des coupleurs.

et commuter la résistance du démarrage. Il comprend un certain nombre de commutateurs ou « contacteurs » et un inverseur, commandés électriquement. Les contacteurs sont formés d'un bras mobile formant interrupteur de la résistance, et d'un électro-aimant dont l'action est contrebalancée par la pesanteur et par un ressort ; ils comprennent, en outre, un puissant souffleur magnétique. L'inverseur oscillant est construit de la même façon. Ses diverses bobines reçoivent le courant du contrôleur principal. Si la position d'un des inverseurs ne correspond pas au sens de marche, le moteur ne sera pas traversé par le courant. Il n'y a pas possibilité

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

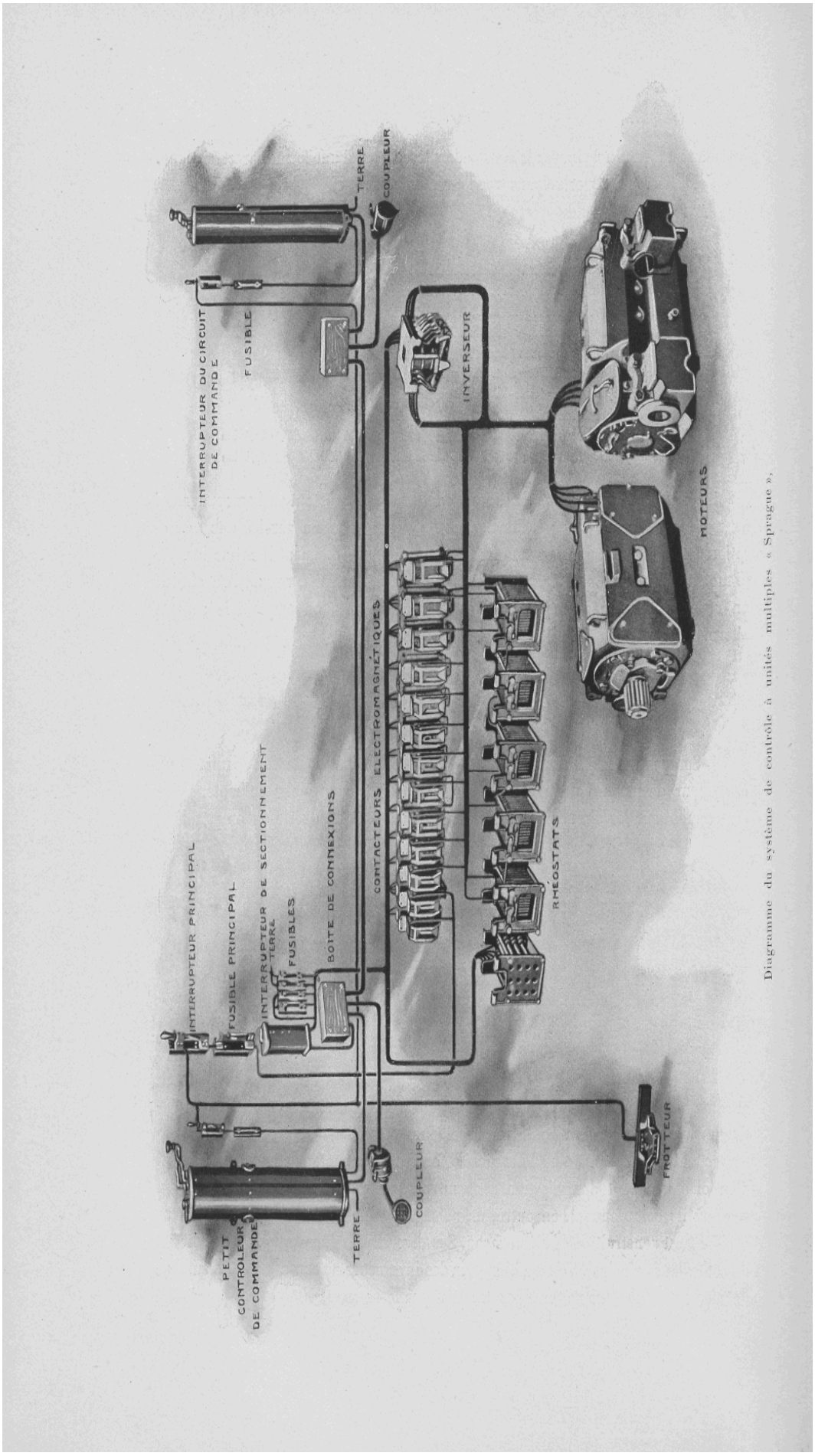
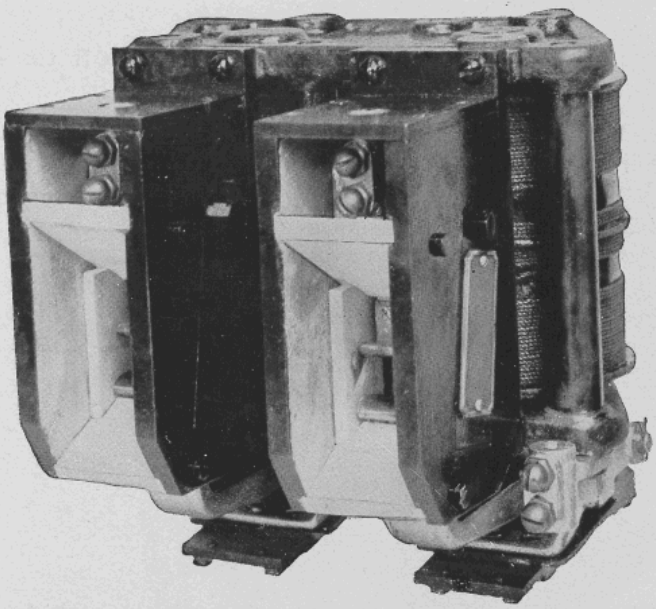


Diagramme du système de contrôle à unités multiples « Sprague ».

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'inversion du courant, puisque les bobines sont aussi traversées par le courant, lorsque le moteur fonctionne.

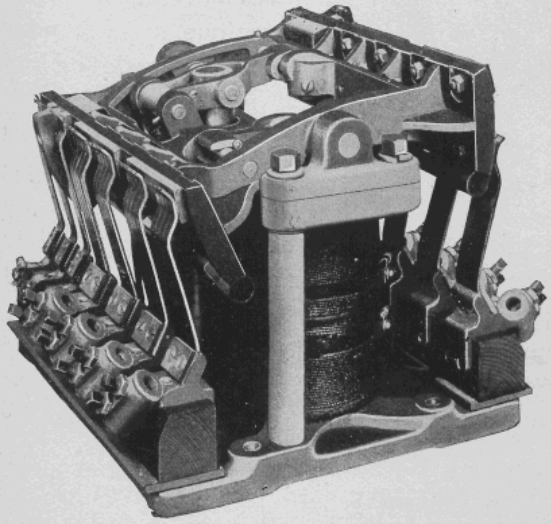
Le contrôleur principal est notablement plus petit qu'un contrôleur ordinaire de voiture. Il présente deux poignées dont l'une sert au changement de marche et l'autre à la manœuvre; on a adopté une poignée de sécurité disposée de telle sorte que, si le wattman abandonnait son poste, le courant se trouverait immédiatement coupé sur toutes les voitures.



Ensemble de deux contacteurs.

Le courant dans le contrôleur principal est de 2,5 ampères environ, pour chaque équipement de 400 chx; ceux-ci sont protégés par un petit coupe-circuit à cartouches.

L'encombrement du contrôleur est très réduit et son poids très restreint atteint environ 60 kilogrammes. Il suffit de neuf fils pour commander les divers électro-aimants, et les connexions entre les voitures se font au moyen de fils souples de couleurs différentes, placés dans un tube flexible. L'accouplement se fait au moyen de coupleurs ou boîtes contenant des chevilles à ressort.



Vue de l'inverseur.

Les rhéostats sont formés de tubes à grande résistance, et, pendant les périodes d'accélération, ils sont réunis en série avec les bobines des contacteurs pour que le courant ne dépasse pas sa valeur normale.

A titre de renseignement, nous donnerons le poids de l'ensemble du système de contrôle.

Puissance des moteurs en chx : 100, 200, 300, 500, 640;
Poids de l'équipement en kg : 680, 900, 11 700, 18 000, 22 000;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

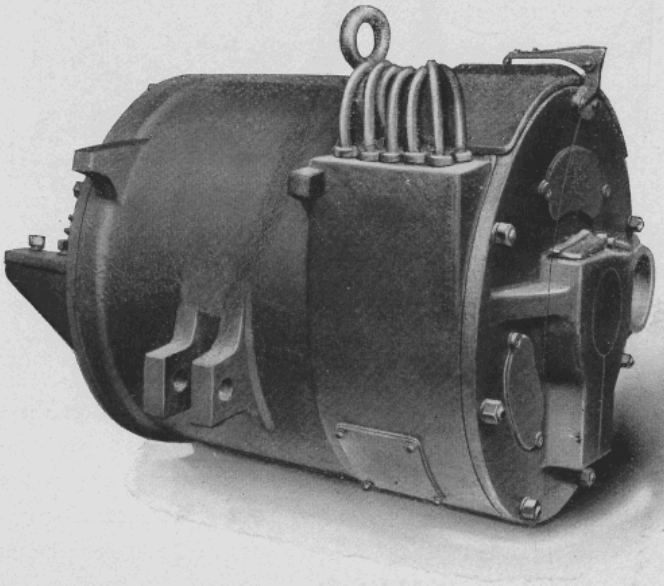
Pour les voitures remorquées, l'ensemble du câble des coupleurs et boîtes de connexion est de 45 kg.

On voit que ces poids sont relativement restreints.

Exposition de matériel de traction de la Westinghouse C°.

L'emplacement principal de la *Westinghouse C°* comporte une importante exposition de *matériel de traction*.

Traction monophasée Lammé. — Un truck à 2 moteurs Lammé à *courant alternatif simple*, moteur à collecteur, ainsi qu'on le sait, dont la bonne commutation est assurée au moyen d'artifices spéciaux. Les deux moteurs montés sur truck Brill n° 27 ont une puissance de 75 chx et fonctionnent sous 225 volts. Le truck étant soulevé et les roues étant distantes du sol, on peut faire tourner le moteur à vide au moyen d'un contrôleur rhéostatique spécial, pour s'assurer de son bon fonctionnement.



Moteur de traction monophasé Westinghouse.

Deux moteurs Lammé fixes, exposés au voisinage du truck, peuvent aussi fonctionner. On peut les mettre en marche par un simple interrupteur, en fermant directement le circuit du moteur, mais aucun dispositif ne permet de leur appliquer une charge appréciable.

Un truck Brill 27-E-3, muni de deux moteurs n° 86, de 200 chx. Ces moteurs ont été commandés par l'*Interborough Rapid Transit C°*, de New-York, pour l'exploitation du subway, la moitié de la commande ayant été adjugée à la *General Electric C°*, l'autre à la *Westinghouse*.

Pour faire rentrer les moteurs et cette puissance dans le gabarit normal du truck, on a logé les paliers à l'intérieur des manchons du collecteur et de l'induit, et la saillie apparente du coussinet est seulement d'un côté de 10 cm environ, de l'autre de 5 cm.

Les coussinets sont en bronze, aussi bien pour l'induit que pour l'essieu ; ils

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont très largement proportionnés, et ceux d'induit font peu de saillie vers l'extérieur, mais une saillie d'environ 25 cm à l'intérieur du manchon.

Le graissage est fait à l'huile au moyen de déchets de coton.

A noter une très remarquable innovation de ce moteur dans lequel les entraînements d'huile seraient d'autant plus à craindre que les paliers d'essieux font partie de la carcasse inductrice et sont très voisins des bobines d'excitation : on a entouré celles-ci d'une enveloppe de fer-blanc complètement soudée, qui s'oppose entièrement à l'accès de l'huile. On a, sans doute, proportionné largement le cuivre pour éviter un échauffement trop considérable, mais on a surtout rendu celui-ci peu dangereux par l'emploi d'amiante.

Au fond de la carcasse inductrice est ménagé une sorte de godet en fonte, avec bouchon d'évacuation de l'huile sous le palier d'induit.

L'essieu est complètement enfermé dans un prolongement de la carcasse.

La partie supérieure de la carcasse peut s'ouvrir pour permettre la visite de l'enroulement.

Un grand nombre de plus petits moteurs sont exposés :

Moteur 49. — Ce moteur développe une puissance de 35 chx, sous 500 volts, sans que la température s'élève après une heure à plus de 75° C. Il pèse tout compris, engrenage et carter inclus, 875 kg.

Les bobines excitatrices sont recouvertes, comme à l'ordinaire, de toile gommelaquée.

Les paliers d'essieu sont indépendants et boulonnés sur la carcasse. Le palier d'induit est muni d'un disque de forme spéciale, empêchant les projections d'huile à l'intérieur du moteur. Les paliers d'induit sont lubrifiés à la graisse pour presque tous les petits moteurs de traction de la *Compagnie Westinghouse*. Parfois un réservoir d'huile est également placé au-dessous du coussinet, où un graissage d'huile est fait à l'aide d'une mèche. Les coussinets ont généralement un double graissage, connu également par son application aux chemins de fer. La mèche de graissage pour l'huile est tantôt sur le côté, tantôt sur le fond du coussinet.

Moteur 68. — Le moteur 68 est présenté également sous plusieurs formes différentes, suivant l'usage auquel il est destiné. Dans certains cas, la demi-carcasse peut s'abaisser et l'induit rester suspendu à la carcasse supérieure; dans d'autres cas, c'est la carcasse supérieure qu'on fait osciller pour ouvrir le moteur. Ce moteur développe une puissance de 40 chx sous 500 volts, et pèse 1 035 kg. Ses coussinets d'essieu ont le double graissage ordinaire, la mèche à huile frottant sur le côté.

Moteur 12-A. — Le moteur 12-A est l'un des premiers types construits, puisqu'il a été mis sur le marché en 1894; il est néanmoins encore très employé pour le service urbain; il est du type connu à quatre pôles à 45°; il se fait pour des puissances de 25 à 30 chx; il pèse 850 kg. La lubrification est simplement faite à la graisse.

Moteur n° 76. — Le type 76 a une puissance de 76 chx (nominal); il pèse 1 740 kg. Le coussinet d'induit est en bronze, les coussinets d'essieu sont en bronze garni d'antifriction; ils sont pourvus d'un moteur à graissage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Moteur 56 B. — Ce moteur a une puissance de 55 chx et pèse 1 360 kg ; il a les mêmes caractéristiques que le précédent.

Moteur 95. — Le type 95, de 40 chx, est construit pour la *St-Louis Transit C°*, à qui la *Compagnie Westinghouse* a fourni 1 400 moteurs de ce type en une seule fois. Il n'est pas le seul employé sur le réseau de la ville, qui emploie aussi le moteur 56 (de 55 hp) et des moteurs de la *General Electric C°*.

Dans le type 95, les paliers sont fixés entre les deux moitiés de la carcasse.

Une suspension spéciale de ces paliers permet d'ouvrir à la fois les deux carcasses, et, en tenant levé l'induit, on peut l'examiner par la partie supérieure ou inférieure. Les coussinets sont en fonte. Le graissage se fait par de l'huile ou de la graisse. Le moteur pèse, en ordre de marche, 1 270 kg.

Moteur 50 L. — Le moteur 50 L est un des premiers types construits pour la *Brooklyn Rapid Transit C°*. Il a une puissance nominale de 150 chx et pèse 2 510 kg. L'essieu est graissé par une mèche à huile, l'induit est muni d'un système de graissage à huile et à graisse.

Moteur 83. — Ce moteur est étudié spécialement pour de grandes vitesses. Il développe une puissance de 110 chx et pèse 2 190 kg. La carcasse est en acier coulé.

L'armature est séparée en deux parties par un plan passant par l'axe de l'armature, mais se trouvant au-dessous de l'essieu, de telle sorte que l'on peut séparer le moteur du truck sans ouvrir la carcasse ou bien ouvrir la carcasse lorsque le moteur est monté sur le truck.

Les résistances de réglage Westinghouse les plus usuelles sont en forme de grille de fonte, du type employé maintenant par presque tous les constructeurs américains.

La Compagnie emploie cependant des résistances en fonte, enroulées en forme de ressorts spiraux et isolées au mica.

Quelques *contrôleurs* complètent l'exposition du matériel de traction :

Le *contrôleur K-10*, pour réglage série parallèle (du type *General Electric C°*, en vertu d'un arrangement spécial).

Le *contrôleur L-4*, qui comporte un inverseur formé d'un simple interrupteur à couteau.

Une réduction de vitesse permet de faire tourner deux fois la manette pour un seul tour du cylindre contrôleur, de telle sorte que l'on peut développer le courant portant le cran d'arrêt.

Le *contrôleur K-14* a un cylindre inverseur mû par une manette spéciale, et la manivelle principale fait un peu moins d'un tour complet.

Enfin le *contrôleur B-23-D*, contrôleur à freinage électrique de la *General Electric C°* (voir, pour les contrôleurs, *K-10* et *B-20* de la *General Electric C°*).

La *Compagnie Westinghouse* s'est, comme la *General Electric C°*, lancée dans la voie ouverte par l'inventeur Frank Sprague, et qui est devenue si féconde en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

applications ces dernières années : celle des *systèmes à unités multiples ;* mais au lieu d'un système de commande purement électrique, la *Compagnie Westinghouse* a réalisé, après diverses recherches, un servomoteur mixte à air comprimé et à l'électricité, qu'elle présente sous une forme très condensée et très réduite à l'Exposition de Saint-Louis. Elle lui a donné le nom de *Turret system*, ou système de tourelles, en raison de sa forme spéciale de révolution rappelant plus ou moins celle des tourelles de navire.

Système de traction à courant alternatif monophasé Westinghouse.

La Compagnie Westinghouse a réalisé un système de traction à courant alternatif monophasé, fondé sur l'emploi des moteurs-série, du type Lammé. Ces moteurs ont une construction analogue à celle des moteurs à courant continu, sauf que les inducteurs sont feuilletés et que les éléments ont des proportions convenant au courant alternatif.

Ces moteurs peuvent fonctionner indifféremment sur un courant continu ou alternatif, et ils possèdent, dans les deux cas, les mêmes propriétés au point de vue du couple.

Ces moteurs sont maintenant construits couramment par la Compagnie Westinghouse ; ils portent le n° 91. Ils fonctionnent sous 225 volts avec une fréquence de 25 p : s au moins, à pleine charge, et, avec le voltage normal, ils tournent environ à 700 t : m. Leur construction rappelle celle des moteurs ordinaires de tramways ; ils sont enfermés dans une carcasse d'acier cylindrique, et deux plaques circulaires serrées par des boulons qui maintiennent les tôles de l'inducteur et qui portent les paliers. La carcasse porte les paliers d'essieu et un prolongement pour la suspension par le nez.

L'armature en tambour présente des rainures ouvertes dans lesquelles sont maintenues les bobines gabariées, au moyen de coins en fibre durcie, entrant dans les encoches poinçonnées dans l'extrémité des dents. Cette construction permet de ne pas employer de frettes.

Il y a sur chaque voiture quatre moteurs de 100 chx, le voltage nominal de chaque moteur étant de 220 volts.

Les moteurs sont disposés en deux paires, consistant chacune en deux induits en série, et en deux groupes d'inducteurs également en série ; les deux paires sont couplées en parallèle. Ce couplage des moteurs est constant. Étant donnée la facilité du voltage, il n'y a pas de motif pour prévoir la disposition série parallèle comme avec les moteurs à courant continu.

Le réglage de la vitesse obtenue au moyen d'un régulateur d'induction permet de faire varier la tension aux bornes des moteurs. Ce régulateur est commandé par un moteur à air au moyen d'une roue hélicoïdale, et est contrôlé par des soupapes électro-magnétiques.

Le système de contrôle est du type électro-pneumatique connu, et le réglage

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'opère au moyen du courant fourni par une petite batterie d'accumulateurs, qui actionne les divers électro-aimants et commande les contacteurs.

La tension de la ligne est réduite par un transformateur à deux bobines; dans certains cas, on emploie de préférence un auto-transformateur.

Le courant recueilli par le trolley traverse un interrupteur principal, puis se rend dans un auto-transformateur intercalé entre le trolley et les rails de retour. En un point où la différence de potentiel est de 300 volts avec la terre, un fil part du transformateur et va aboutir à une borne des moteurs, après avoir traversé le régulateur. Pour le démarrage et le réglage de la vitesse, on se sert d'un régulateur à induction dont l'enroulement secondaire est monté en série avec les moteurs. Ce circuit secondaire du régulateur peut être disposé de façon à augmenter ou à

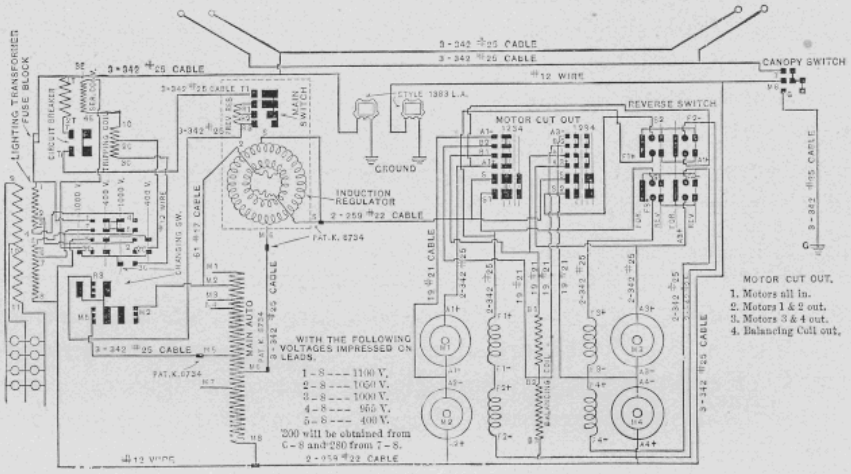


Schéma du système de contrôle Westinghouse pour traction à courant alternatif monophasé.

abaisser la tension du courant alimentant les moteurs. Le régulateur remplit donc un double rôle. Avec les moteurs à courant continu, le contrôleur ne peut que réduire le voltage fourni aux moteurs, mais un régulateur à courants alternatifs peut être disposé pour un voltage intermédiaire et, par suite, il permet soit d'élever, soit d'abaisser la tension du courant allant aux moteurs. Dans ces conditions, on peut avoir un régulateur relativement peu volumineux, car son action ne porte que sur l'élément variable du voltage, et la tension maxima dans l'enroulement secondaire ne représente que la moitié de la variation totale nécessaire.

Dans les équipements en question, le voltage aux bornes des moteurs peut varier d'environ 200 volts à 400 volts ou un peu plus. Le transformateur monté sur la voiture fournit du courant à 315 volts, et le régulateur est enroulé de façon à engendrer un peu plus de 100 volts, quand on le place à la position de voltage maximum. Ce voltage du régulateur représente environ le quart de celui des moteurs à pleine tension. Un petit régulateur suffit, eu égard à la puissance des moteurs de l'équipement. On a jugé utile de prévoir dans cette installation une tension sensiblement inférieure à 200 volts, ce qui permet de marcher à une vitesse relati-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vement faible, et environ 200 volts suffisent pour le démarrage avec le couple exigé. La plus grande partie de ce voltage est nécessaire pour contrebalancer dans les enroulements des moteurs les effets de la self-induction qui dépend de l'intensité du courant, mais qui n'a aucune relation avec la vitesse de rotation de l'induit.

Pour assurer un voltage égal dans les induits en série, une action compensatrice est obtenue grâce à l'emploi d'un petit auto-transformateur constamment monté en série avec les deux induits, avec son point-milieu relié entre eux. Les inducteurs sont disposés en deux paires, avec deux bobines en série et deux paires en quantité. Les inducteurs sont donc en parallèle indépendamment des induits, ce qui se faisait dans le temps pour les moteurs à courant continu; mais cette disposition était défectueuse avec les moteurs de ce genre, car des courants égaux dans les inducteurs n'impliquent pas des intensités de champ égales dans les moteurs, et, par suite, les induits couplés en parallèle agissaient dans des champs de résistance inégale, ce qui avait pour conséquence directe la production de courants induits inégaux. Avec des courants alternatifs dans les inducteurs, le cas est différent. Le voltage dans les inducteurs se divise naturellement en intensités magnétiques égales.

Le principal avantage du couplage en parallèle, indépendamment des inducteurs et des induits, est qu'un seul commutateur inverseur peut servir pour les quatre moteurs, et on peut prévoir, entre les deux paires d'induits, un transformateur d'égalisation. La disposition ordinaire des moteurs à courant continu, avec induits couplés en série avec leurs propres inducteurs, peut être utilisée avec un plus grand nombre de commutateurs et de connexions.

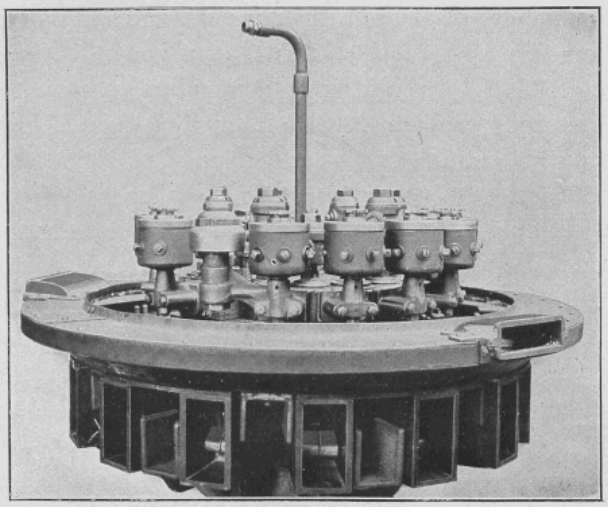
Le régulateur à induction ressemble, en tant que construction et aspect, à un moteur à champ tournant. L'enroulement primaire est placé sur le rotor et l'enroulement secondaire ou à faible voltage sur le stator; le rotor porte aussi un second enroulement qui est constamment en court-circuit sur lui-même. Ce dernier est destiné à neutraliser les effets de la self-induction dans l'enroulement secondaire, quand celui-ci s'éloigne de l'influence magnétique du primaire. Le régulateur est enroulé pour deux pôles, et, par suite, il est actionné à 180° en produisant la variation complète de voltage aux moteurs. Un bout de l'enroulement primaire du régulateur est relié au trolley, et l'autre bout en un point entre les régulateurs et les moteurs. Il reçoit donc un courant à voltage variable lorsqu'on manœuvre le contrôleur de plate-forme. Cette disposition du primaire présente dans ce cas particulier plusieurs avantages. D'abord le régulateur est actionné à une induction plus élevée au démarrage et à une plus faible induction pendant la marche, la position de marche étant utilisée pendant des périodes beaucoup plus longues que la position de démarrage. Ensuite, quand les moteurs marchent à plein voltage, le courant venant du primaire du régulateur traverse les moteurs, mais non pas l'auto-transformateur, ni le secondaire du régulateur. Cela permet de réduire sensiblement l'encombrement de l'auto-transformateur et du régulateur.

Système de contrôle pour unités multiples Westinghouse. — Ce système se compose d'une série d'interrupteurs commandés par des pistons à air comprimé dont les soupapes sont ouvertes par des électro-aimants. Un contrôleur permet-

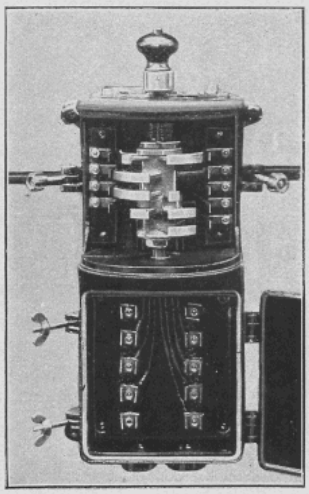
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'envoyer le courant successivement à chacune de ces soupapes électro-pneumatiques. Ce courant est fourni par une petite batterie d'accumulateurs, à un voltage d'environ 14 volts.

Le contrôleur, de petite dimension (19 cm haut × 15 cm large × 10 cm



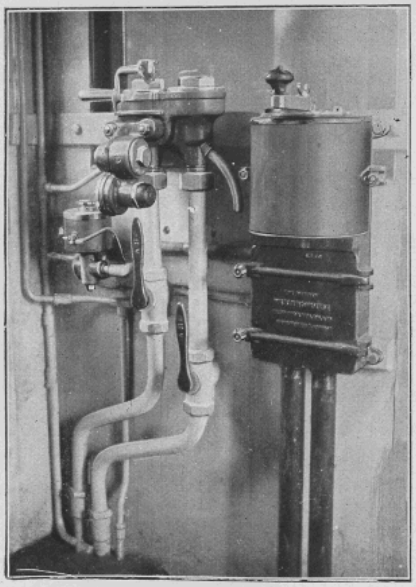
Turret Westinghouse. Ensemble des contacteurs.



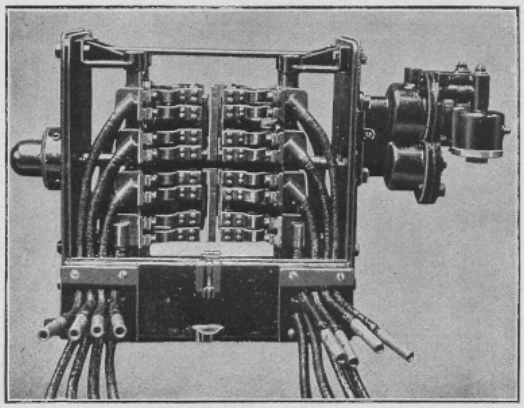
Vue du contrôleur principal, type récent.

profondeur), consiste en un arbre horizontal portant un tambour de contact. Huit petits ressorts métalliques établissent les contacts.

Le sens dans lequel on fait tourner la poignée de manœuvre commande le sens de la marche. Il y a seulement deux positions



Vue des appareils de commande placés dans la cabine.



Vue de l'inverseur.

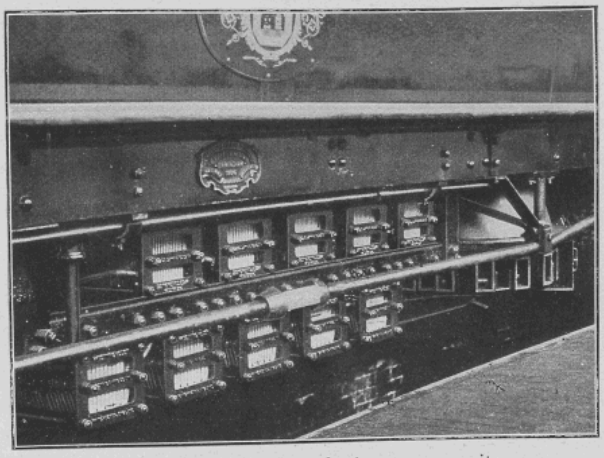
d'arrêt pour chaque direction, la position en série ou à pleine vitesse. Si l'on veut arrêter le moteur sur une résistance quelconque, il suffit de faire sortir la manette

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de ses contacts. Si le wattman abandonne sa poignée, le tambour de contact revient de lui-même au zéro.

L'air, nécessaire pour la manœuvre des pistons des interrupteurs et du frein, est fourni par un compresseur, mais néanmoins un réservoir sert de réserve ; la dépense est d'ailleurs minime.

Les divers interrupteurs sont les suivants : Un groupe d'interrupteurs similaires servant à supprimer les résistances de démarrage. Ces interrupteurs sont placés radialement de façon à nécessiter un seul souffleur magnétique. Chaque interrupteur est placé dans une boîte isolante à parois mobiles. Les interrupteurs secondaires appartenant au circuit de commande sont enclanchés avec les contacteurs, de façon à régler automatiquement la suppression des résistances.



Ensemble des contacteurs placés sous une voiture.

L'accélération est réglée par un « interrupteur à maxima » : celui-ci, comprenant un électro parcouru par le courant du moteur, ouvre le circuit de commande des résistances lorsque le courant devient trop fort. Un relais de ligne servant à protéger les moteurs ouvre le circuit des résistances, lorsque, après une interruption, le courant vient à être brusquement remis sur la ligne.

L'inverseur est construit très simplement : deux pistons à air commandent une tige dans un sens ou dans l'autre ; cette tige porte un contact qui vient se fixer entre deux mâchoires pour un sens de marche.

On voit que ce système est extrêmement simple ; il peut servir à la commande d'un nombre quelconque de voitures et l'on conçoit que sa réalisation soit facile pour une maison habituée à la construction des freins pneumatiques.

Traction à contacts superficiel, système Dolter.

Système Dolter. — Ce système de traction à contacts superficiels ne présente pas les inconvénients des autres systèmes à plots et offre de meilleures garanties de sécurité.

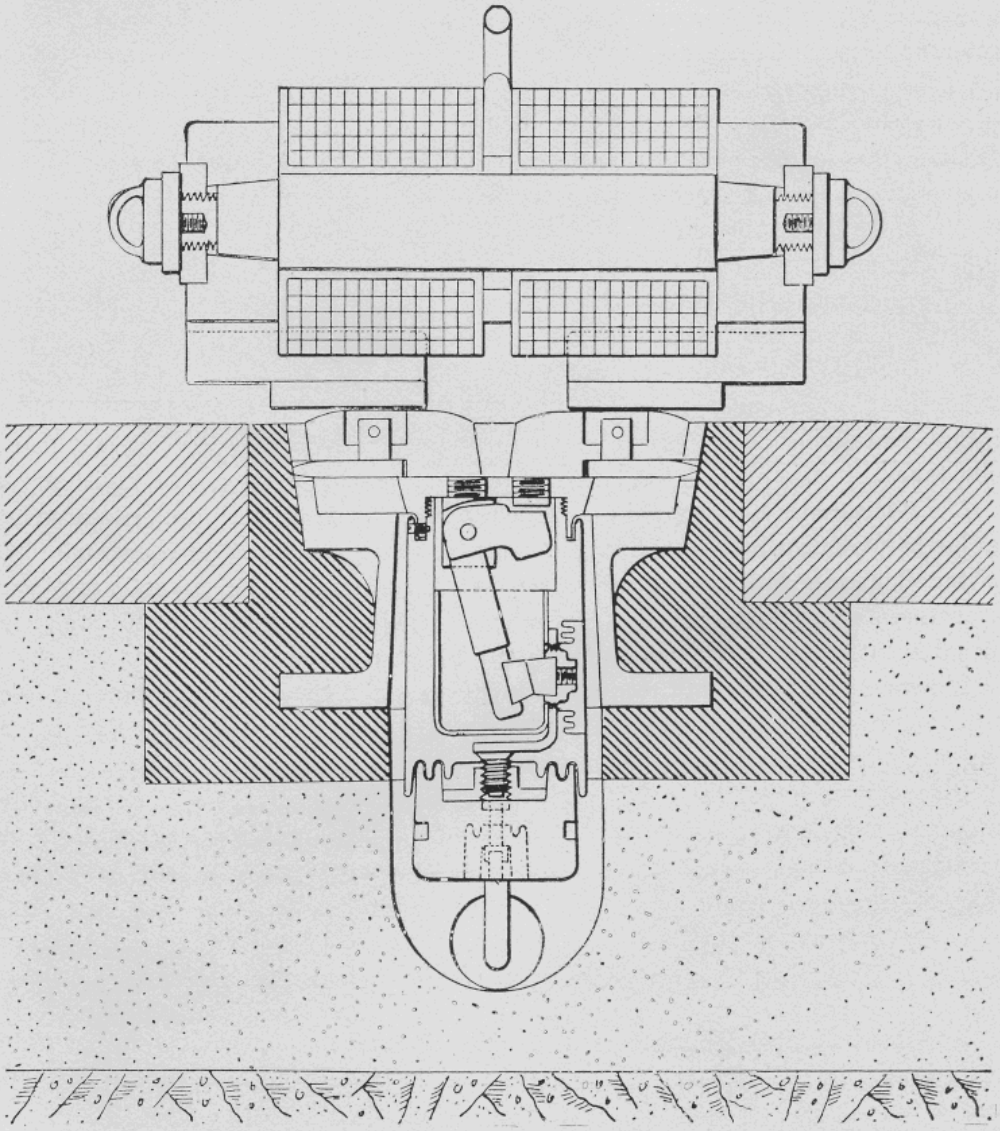
Il fonctionne actuellement au bois de Boulogne, entre la porte Maillot et Suresnes, et une ligne vient d'être établie en Allemagne, à Dresde, qui paraît donner entière satisfaction.

Nous ferons une courte description de ce système qui présente de nombreuses particularités intéressantes, et dont une section de ligne figurait à l'Exposition.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

I. **Pavés de contact**. — Deux sabots magnétiques en acier sont maintenus par une pièce métallique non-magnétique jouant le rôle d'entrefer; l'un de ces sabots porte le pivot d'une sorte de balance dont les leviers sont à 90 degrés; l'un des bras de la balance, le plus petit, est en acier doux, et l'autre, en matière isolante, porte à son extrémité un contact en charbon.

Ce bloc peut venir en contact avec un autre bloc de charbon qui est relié à l'un



Système Dolter. — Coupe du plot et de l'électro-aimant.

des pôles de la distribution; on voit par conséquent que si l'on aimante les sabots, le petit bras de la balance sera attiré, et les deux blocs de charbon venant en contact pourront amener le courant au pavé et au frotteur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

II. **Frotteurs.** — Sous la voiture sont maintenues deux longues barres aimantées différemment au moyen d'électro-aimants placés transversalement, qui sont traversés par le courant de quatre accumulateurs portés par la voiture.

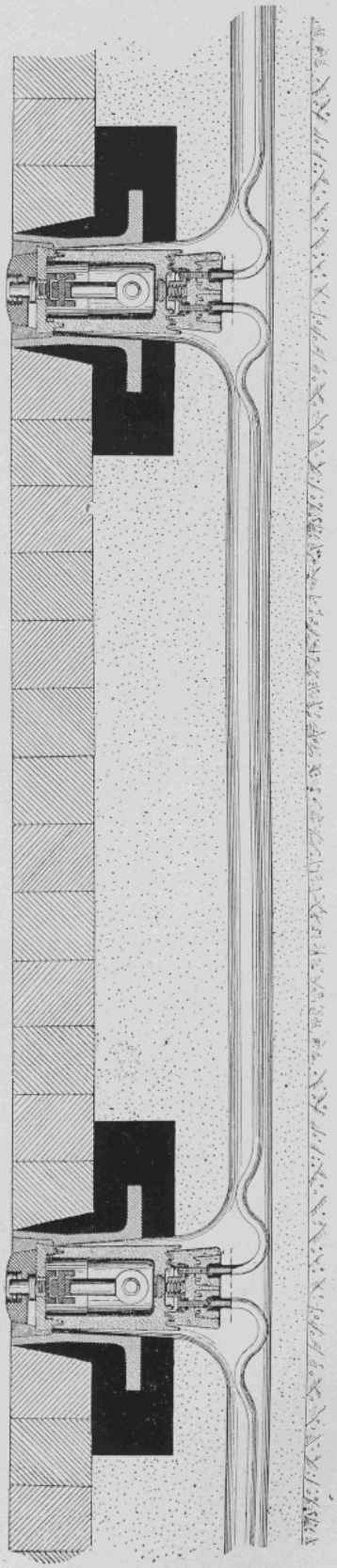
On conçoit donc que lorsque le frotteur se trouvera sur un pavé, le petit bras de la balance ou « chien » sera attiré par les pavés aimantés et les blocs de charbon venant en contact, le courant sera établi dans les parties métalliques et le frotteur.

III. **Principaux dispositifs de sécurité.** — Nous avons vu que le grand bras de la balance était en matière isolante, par conséquent il faut amener le courant par un autre moyen ; pour cela, la chape en acier supportant le pivot est réunie à la douille de cuivre qui porte le bloc de charbon par deux fils souples en cuivre d'un diamètre assez petit pour servir de fusible; ces fils s'enroulent, en outre, autour d'une petite pièce métallique pour former bobine de soufflage pour éteindre l'arc lors de la rupture.

L'ensemble du commutateur est placé dans un manchon d'ambroïne fixé au pavé. Ces manchons sont montés sur les douilles de raccordement enfilées sur un câble de travail qui est réuni, tous les 100 mètres, au câble d'alimentation par une boîte de jonction ; cette disposition donne la possibilité d'isoler les sections défectueuses.

Câble de travail. — Ce câble n'est pas continu, il est formé de tronçons de 5,50 m coupés à l'usine et terminés par des extrémités coniques.

Les extrémités de deux tronçons successifs sont assemblés dans une douille de raccordement, et sont réunis au bloc de charbon par une pièce en forme d'équerre. Ces tronçons sont tirés dans des conduites ; ils peuvent donc facilement être remplacés. Les boîtes de jonction permettent d'isoler une partie défectueuse du feeder qui est aussi sectionné, le câble de travail servant alors pour l'alimentation, et le remplacement se faisant sans interrompre le fonctionnement.



Coupe par l'axe de la voie montrant la canalisation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les extrémités des câbles de travail sont maintenues dans un manchon d'ambroïne, et la jonction avec le manchon supérieur se fait au moyen d'emboîtements dont les joints sont remplis de vaseline, de façon à éviter l'entrée de l'eau.

Frotteurs. — Les barres placées sous la voiture sont formées de plusieurs frotteurs :

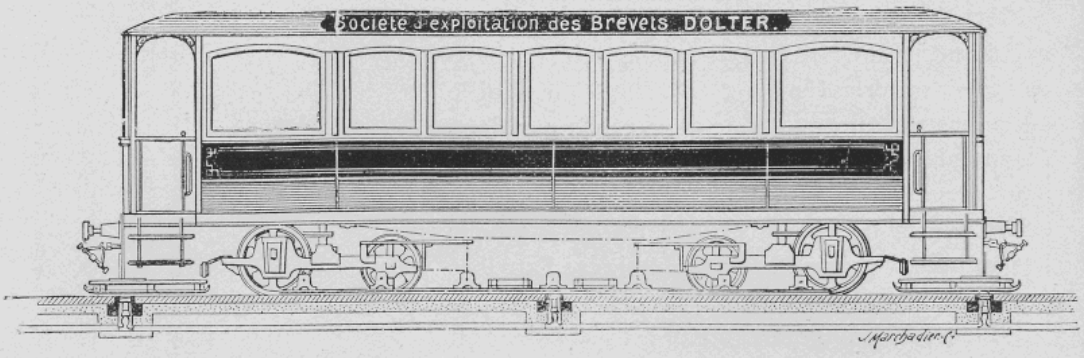
1° Une partie aimantée portant trois aimants;

2° Au milieu, un frotteur-collecteur également aimanté;

3° Une partie identique à la première, mais dont les électros ne sont pas parcourus par le courant des accumulateurs;

4° En tête et en queue, un frotteur de sécurité réuni à la masse à travers une résistance de 2 ohms.

On voit, par conséquent, que si le frotteur non-aimanté ne suffit pas à désaimanter le pavé, le courant passera à la masse par le frotteur de sécurité et fera fondre les fusibles du plot. La résistance additionnelle de 2 ohms restreint, il est vrai, le débit, mais elle empêche le disjoncteur de l'usine de fonctionner avant que le fusible n'ait sauté.



Voiture automotrice du système Dolter.

L'intensité, calculée en cas de court-circuit, pour une tension de 550 volts est de 275 ampères et les fusibles sont composés de 20 fils de 1/10 mm, soit 15/100 mm² de section; ils fondent en 1/16 de seconde sous le passage du frotteur de sécurité.

Données générales sur l'installation. — La vitesse moyenne des voitures est de 25 km à l'heure.

Distance maxima des plots	4,80 m
Longueur du frotteur collecteur de courant	6,50 m
Longueur de la partie aimantée	5,25 m
— — non-aimantée	1,25 m

De ces données on peut facilement déduire par le calcul que le fusible, en cas de court-circuit, sera toujours fondu avant que la voiture n'ait abandonné le plot.

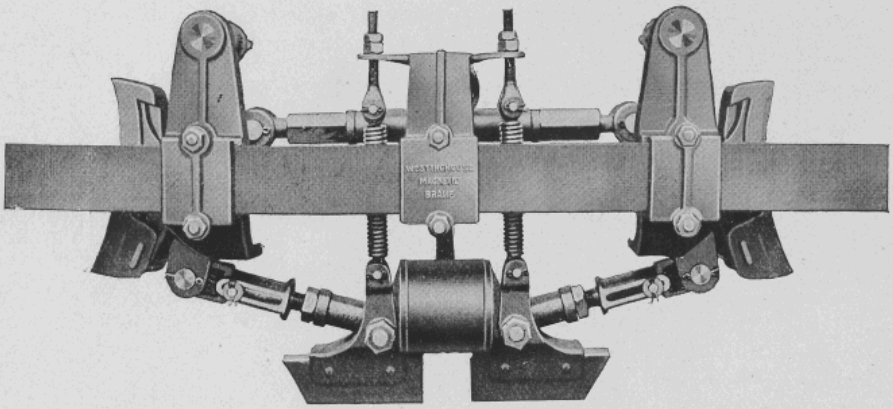
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

EXPOSITION DE FREINS

Westinghouse Traction Brake Cº.

Un espace de 46 m, dans l'aile principale du Palais du Transport, est réservé pour l'exposition de compresseurs et d'équipements de freins.

L'exposition comprend un truc électrique Bemis, une voiture à doubles trucs équipés avec le frein magnétique. La *Westinghouse Traction Brake Cº* expose, dans



Frein magnétique Westinghouse.

le Palais des Machines, un train de 6 voitures pourvu de freins à air comprimé directs. Un truc Brill nº 27 E porte le frein magnétique. Le truc Bemis a seulement un châssis à 4 roues. Le truc Brill a 6 roues, ce qui permet d'employer un aimant triple.

L'emploi de freins Westinghouse a été appliqué sur plus de 800 voitures.

La vitesse de la voiture règle la puissance effective maxima de freinage. On peut donc obtenir, dans les descentes, une vitesse constante.

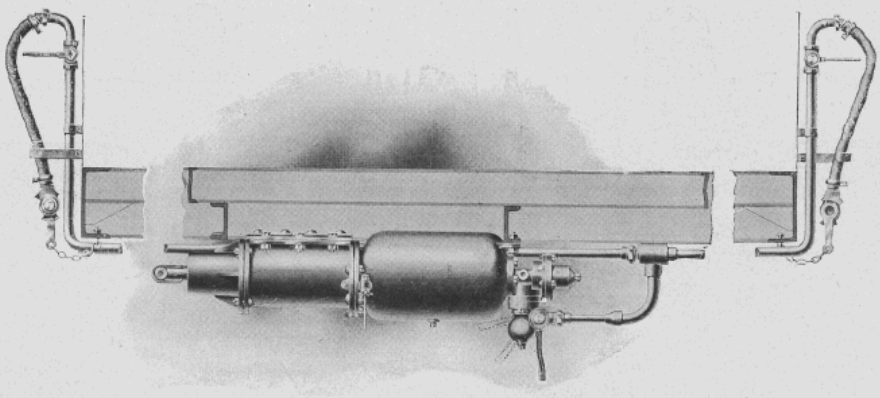
Le frein magnétique proprement dit comprend des sabots d'acier coulé frottant sur la voie. Il est nécessaire de les remplacer seulement deux fois par an; un puissant électro-aimant, qui est fortement attiré par le rail, lorsqu'il est actionné, et des leviers permettent de transmettre une partie de l'effort du frottement sur le rail à des sabots agissant latéralement sur les roues.

Le courant nécessaire pour actionner l'électro-aimant est fourni par le circuit de la voiture, ou distribué soit par le contrôleur principal, soit par un contrôleur additionnel. Il est suspendu à 6 mm du rail par des ressorts ou chaînes de la voiture.

L'exposition du frein direct comprend une exposition de nouveaux types et accessoires de l'*American Brake Cº*, des tiges de réglage pour compenser l'usure du frein. L'équipement de démonstration comporte 2 cylindres de compresseurs, accouplés directement à des moteurs-série de 3 hp, à 500 volts tournant à 1 200 t : m, comprimant l'air dans un réservoir à 45,7 kg : cm² et à un cylindre de frein de 20 sur 30,5 mm agissant sur un système breveté de leviers d'équilibre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Deux types de régulateurs, l'un du type bien connu à interrupteur brusque, dans lequel la tension d'un ressort hélicoïdal maintient l'interrupteur fermé jusqu'à ce que la pression du réservoir atteigne la limite déterminée, un clapet s'ouvrant si cette pression est dépassée. Un second type à action directe comporte un électro-aimant actionné par le courant du moteur, et dont l'action s'ajoute à celle d'un ressort. Deux formes de robinet à main, portant à la partie supérieure, au-dessus de la poignée, un manomètre muni de 2 aiguilles, l'une rouge qui indique la pression dans le réservoir, et l'autre noire indiquant la pression dans le cylindre ; la poignée commande, par un pignon, la crémaillère fixée à la soupape.



Frein à air comprimé Westinghouse.

La valve de commande a 4 positions : *off* (hors), lorsque le frein est débloqué et que le cylindre est séparé du réservoir et en communication avec l'atmosphère ; *lap* (recouvrement), lorsque le cylindre est séparé de l'atmosphère et du réservoir ; *service*, lorsque le cylindre est réuni au réservoir par un petit orifice, la pression étant admise graduellement ; et *emergency* (urgence), lorsque la communication est ouverte en grand pour avoir un arrêt immédiat.

On ne peut abandonner la manette que dans la position *lap*.

Les compresseurs sont commandés par engrenage, ou par chaîne silencieuse Morse. Un petit compresseur à engrenage est exposé en coupe pour montrer le système de graissage, et un compresseur à accouplement direct pour le régulateur correspondant. Les équipements de voiture peuvent être munis de petits réservoirs auxiliaires, réunis au réservoir principal par une valve de sûreté fonctionnant à 11,5 kg : cm².

Freins à air comprimé à grande vitesse de la Westinghouse.

La Westinghouse expose dans le Palais du Transport un système de freins de démonstration à action rapide ; les parties réelles pouvant fonctionner sont doublées de pièces semblables en coupe, se déplaçant en même temps. Une des par-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ticularités importantes de ce frein est la dépression progressive dans le fonctionnement en cas d'urgence, l'air atmosphérique remplaçant l'air comprimé dans la conduite produisant le déplacement de la soupape d'admission du cylindre de frein.

Le frein « grande vitesse » n'est pas beaucoup plus compliqué ; il nécessite seulement une conduite principale et un réservoir à air comprimé à 50 kg : cm², au lieu de 32 kg : cm² comme dans le frein rapide. Il comprend une soupape automatique de décharge qui fonctionnera lorsque la pression dans le cylindre dépassera 27 kg : cm², pour éviter une trop grande pression, en cas de fonctionnement d'urgence.

Dans ce cas, les conduites principale et auxiliaire remplissant presque instantanément le cylindre de frein d'air comprimé à 17 kg : cm², donnent une pression sur le sabot de 40 % plus forte qu'avec le frein rapide ; l'air comprimé s'échappe alors lentement par la soupape de décharge, jusqu'à ce qu'il atteigne une pression de 27 kg : cm² qui subsistera jusqu'à ce que le mécanicien desserre le frein.

A cause de la forte pression employée avec ce frein, la pression dans le réservoir auxiliaire se maintiendra à 45 kg : cm², et, après avoir fait fonctionner trois fois le frein, il restera encore assez d'air pour faire un arrêt brusque en cas d'urgence.

Ce frein a été placé sur plus de 24500 locomotives et voitures de voyageurs.

Appareil d'essai des valves à trois voies.

La Compagnie Westinghouse expose aussi dans le Palais du Transport un appareil pour l'essai des valves comportant : un réservoir d'essai, un petit cheval et la tuyauterie, un robinet à trois voies et un robinet d'arrêt de 19 mm avec une valve automatique de contrôle et un tuyau de 1,20 m muni d'une griffe pour le réunir à la conduite du train.

Ces essais de valves sont de plus en plus importants à mesure que le matériel se fatigue et que les trains deviennent de plus en plus longs.

Il y a trois types d'essais que l'on peut faire : l'essai « au dépôt », l'essai « après nettoyage » et l'essai « après réparation », ce dernier étant le plus important.

On peut aussi essayer la tuyauterie et la robinetterie, ainsi que les coupleurs et valves de décharge ou d'arrêt après nettoyage ou réparation.

Compresseur d'air horizontal de la General Electric C°.

Ce compresseur, ayant un encombrement restreint, peut se placer sous le plancher de la voiture.

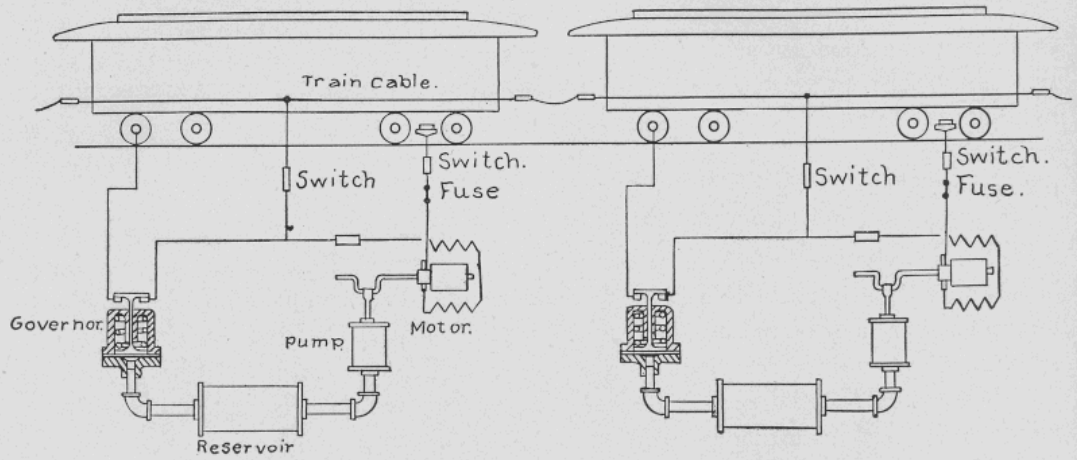
Son fonctionnement est très silencieux et absent de vibration.

Il est d'une construction très compacte tout en étant très facilement démontable.

La carcasse, de forme cubique, présente des parties dressées sur lesquelles viennent se fixer des boucliers portant les paliers. L'un de ces boucliers porte aussi l'embase d'un cylindre de compression.

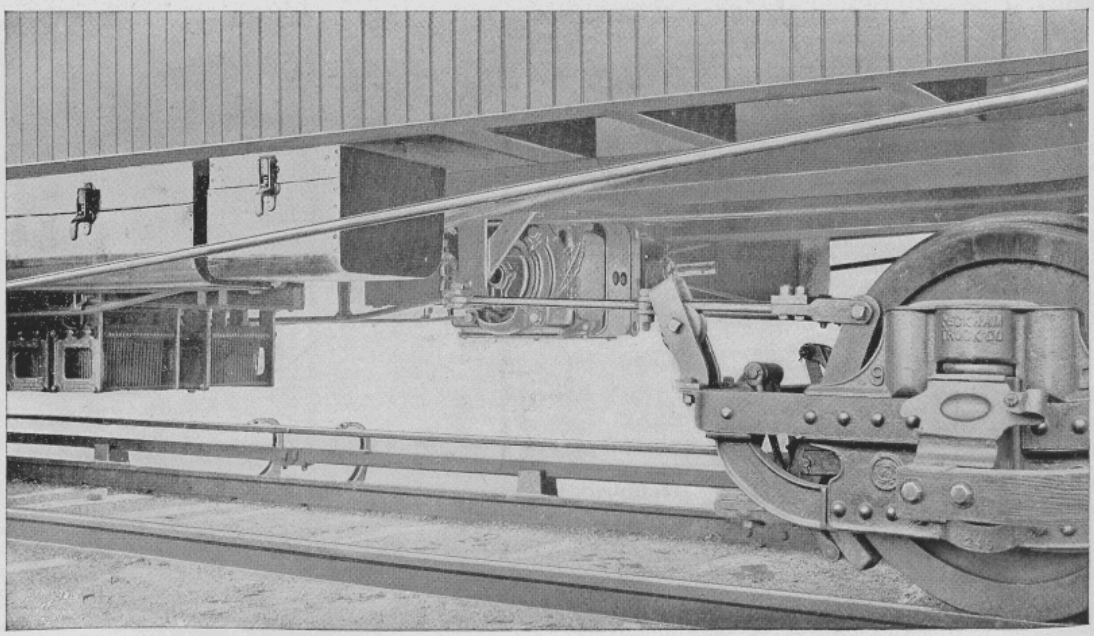
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il y a deux cylindres de compression montés en tandem ; les pistons sont réunis par des pièces métalliques formant une sorte de lanterne, une seule bielle



Vue de l'équipement de frein à air comprimé de la General Electric C°.

de commande vient s'articuler sur un tourillon excentré, fixé à l'extrémité de l'arbre qui sert en même temps pour assurer le graissage.



Compresseur GE placé sous une voiture.

Les clapets sont formés par de simples disques sans ressorts.

La vitesse du moteur est d'ailleurs assez faible, 300 t : m. Un régulateur auto-

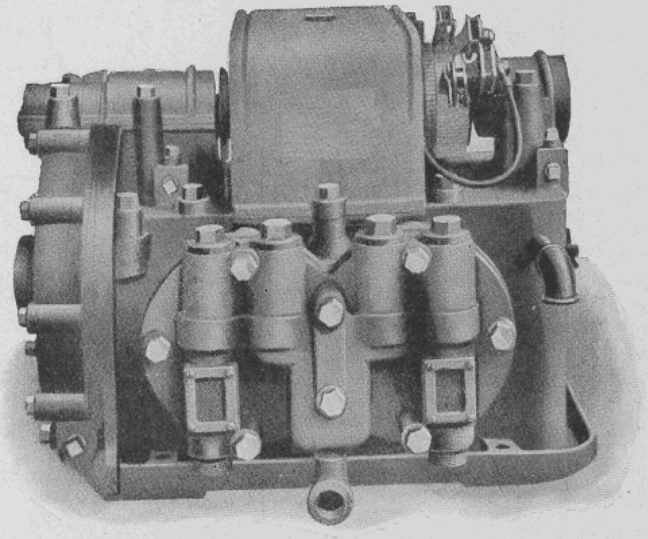
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

matique permet de couper le circuit du moteur lorsque la pression est suffisante ; il se compose d'une membrane qui en se déformant comprime des ressorts, et déplace le levier de l'interrupteur.

TYPE	DÉBIT en dcm³ par minute	DIAMÈTRE du cylindre.	COURSE	LONGUEUR	LARGEUR	HAUTEUR	VOLTAGE	AMPÈRES	VITESSE	POIDS
			mm.	mm.	mm.	mm.				
CP-14	567	138	63,5	711	577	394	550	6,75	500	360
CP-17	340	120	50,8	628,5	505	330	550	4,6	300	270

National Electric C°.

Le *National Electric C°*, représentée par l'*Industrie internationale*, 20, rue Saint-Georges, à Paris, avait exposé à Saint-Louis des freins directs à air comprimé Christensen, du type adopté pour le chemin de fer intérieur de l'Exposition. Ce système est appliqué sur beaucoup de lignes françaises, sur les chemins de fer de l'Ouest, de Paris-Lyon-Méditerranéé, sur le Métropolitain de Paris et sur différentes lignes de tramways.



Compresseur indépendant.

Le *compresseur d'air* proprement dit est à simple action et à deux cylindres, dont les pistons plongeurs sont munis d'une garniture spéciale. Les bielles sont actionnées par un arbre coudé en acier à deux manivelles placées à 180° l'une de l'autre, de façon à uniformiser le travail du moteur et à équilibrer autant que possible les efforts dans les pièces en mouvement. L'arbre coudé est prolongé d'un côté pour recevoir une roue dentée qui engrène directement avec le pignon calé sur l'arbre de l'induit.

Les soupapes d'aspiration et de refoulement sont indépendantes et placées dans les chambres séparées que porte le fond du cylindre.

Le *moteur électrique*, spécialement étudié pour ce service, est du type série et peut être mis en route et arrêté sans l'emploi de résistance d'aucune sorte.

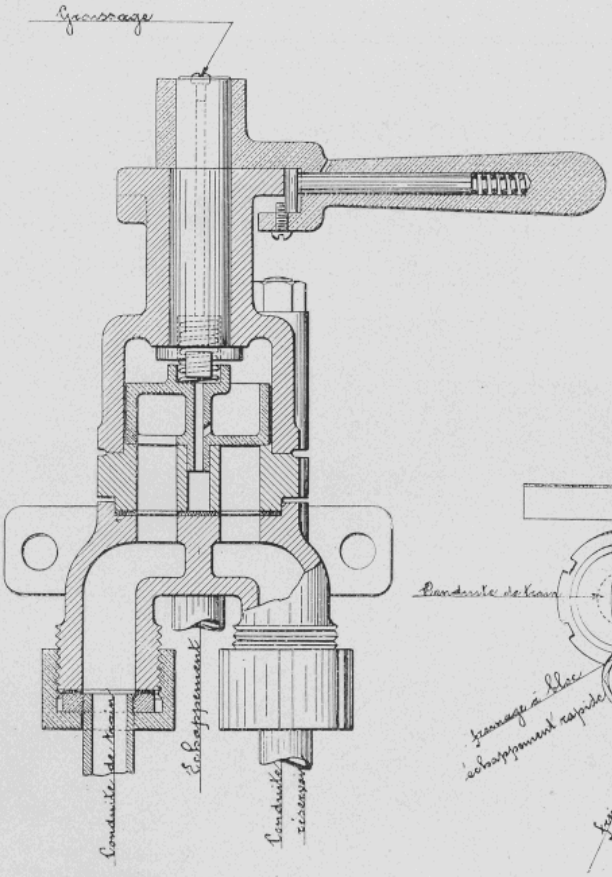
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le système inducteur est boulonné sur le bâti du compresseur et forme couvercle ; il est en deux pièces réunies seulement par trois boulons. L'enlèvement de la partie supérieure permet d'examiner l'armature sans démonter aucune autre partie de l'appareil. L'induit tourne dans des paliers dont les coussinets en bronze, extra-longs, sont munis d'un graissage à bague automatique. Son bobinage, en tambour, est formé de sections doubles enroulées sur gabarit et soigneusement isolées.

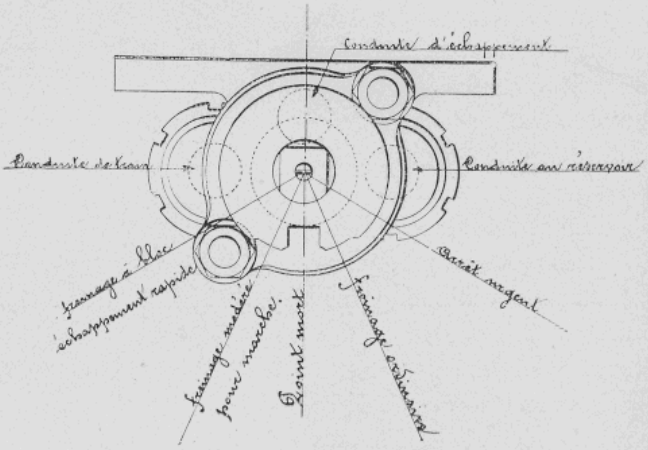
Le régulateur agit sur la valve d'échappement, qui est instantanément et complètement fermée. Cette instantanéité de fonctionnement permet de ne faire marcher le compresseur sous pression que pendant le temps rigoureusement nécessaire.

Le *compresseur - automoteur Christensen* est formé d'un compresseur d'air entraîné directement par un moteur électrique boulonné sur son bâti.

La Maison fabrique deux types de timonerie de frein : le premier, destiné à être employé pour des voitures placées sur trucs, à une



Coupe du robinet à main.



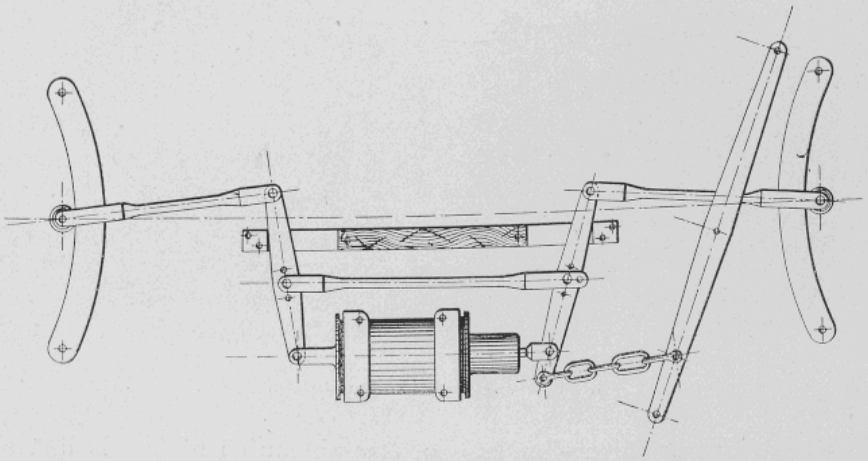
Plan du robinet à main.

hauteur suffisante pour permettre aux connexions du frein, avec la manette, d'être disposées en dessous du moteur et des roues. Le deuxième, destiné à être employé pour des voitures dont la caisse se trouve à une distance plus rapprochée du sol, et pour laquelle la condition précédente est irréalisable.

Grâce à cette timonerie, il n'est plus nécessaire d'ajuster les sabots de frein aussi souvent, puisque l'effort transmis par le cylindre est indépendant du jeu qui existe entre les roues et les sabots de frein.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le robinet de manœuvre est également caractérisé par une grande simplicité ; il est disposé de façon à permettre une lubrification parfaite des pièces en mouvement. Il est également possible de faire la purge de ce robinet, grâce à un petit robinet auxiliaire qui se trouve à sa partie inférieure. Ce point est d'une importance relativement grande, étant donné qu'il est indispensable d'assurer un fonctionnement certain de ce robinet, même par les temps les plus froids.



Ensemble de la timonerie du frein.

La Maison a créé deux principaux types de robinets de manœuvre : le robinet pour le système de frein direct, et le robinet pour le système de frein automatique indépendant pour traction.

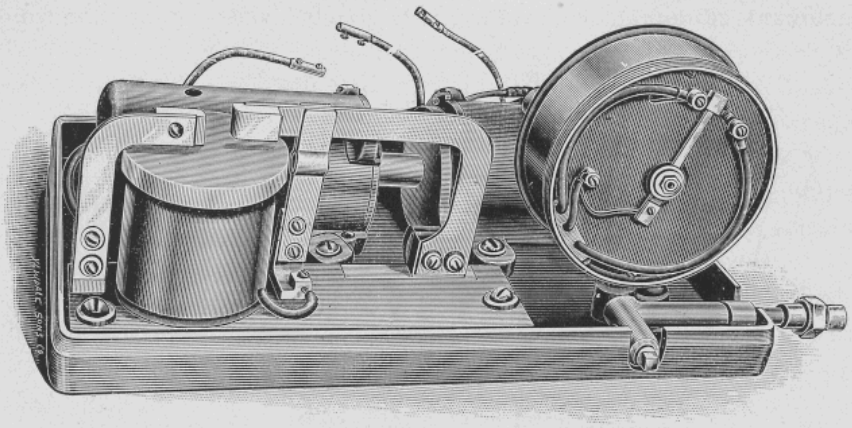
TYPE	DIMENSION des CYLINDRES	VITESSE par minute.	DÉBIT en litres par minute.	PUISSANCE en H. P. à 6 kg : cm²	DIMENSION de L'ASPIRATION	DIMENSION du REFOULEMENT	DIMENSIONS			POIDS en kilog.
							LONGUEUR	LARGEUR	HAUTEUR	
A5	115 × 51	200	210	1,5	12,7	12,7	492	406	362	120
AA1	127 × 63,5	195	310	2,2	19	19	554	475	425	185
B2	165 × 76	175	565	4	19	19	713	517	529	330
C3	190,5 × 102	175	990	7	25,4	25,4	819	614	584	430
D4	216 × 102	180	1400	9,5	25,4	25,4	903	635	619	507

Le régulateur automatique de pression a pour but de faire démarrer le moteur du compresseur à la pression minima désirée et de l'arrêter pour une pression maxima.

Le régulateur ordinaire type F_1 est commandé par un manomètre pourvu d'une aiguille spéciale mobile entre deux plots. Lorsque la pression minima est atteinte, cette aiguille vient en contact avec le plot de gauche et envoie le courant à travers un solénoïde. Ce solénoïde actionne un plongeur qui établit le contact entre deux pièces fermant le circuit du moteur série du compresseur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque la pression dans le réservoir augmente, l'aiguille se déplace peu à peu jusqu'à établir le contact avec le second plot, ce qui aura pour effet d'envoyer le courant dans un second solénoïde qui attirera le plongeur en sens inverse et, par suite, ouvrira le circuit du moteur.



Régulateur de pression Christensen.

L'écart entre les pressions-limites peut être obtenu en réglant la distance des plots.

Freins magnétiques de l'Electric Controler C°.

L'*Electric Controler C°* construit des freins magnétiques basés sur le même principe que les embrayages magnétiques et rappelant les freins Weston.

Ce frein est formé d'un certain nombre de disques en tôle et en bronze, qui sont fixés alternativement à l'arbre du moteur et au bâti du frein. Ces disques sont en temps normal pressés par l'action d'un ressort agissant sur un disque d'acier.

Un électro-aimant annulaire attire ce disque, comprime le ressort et débloque ainsi le frein. Cet électro-aimant peut être monté en série ou en dérivation sur les fils d'alimentation du moteur, de telle sorte que le frein sera débloqué au moment du démarrage.

Ce dispositif peut être avantageusement employé pour les appareils de levage.

On peut remarquer que, seulement, les disques de tôle sont fixés sur l'arbre, de telle sorte que l'inertie des pièces en mouvement ne sera pas considérable, et, par suite, l'arrêt pourra s'obtenir facilement.

Les diverses tôles plongent dans un bain d'huile, ce qui assure un bon refroidissement.

Ces freins se font pour des puissances comprises entre 5 et 100 chx.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tampon à frottement Westinghouse.

Ce tampon est d'un emploi très répandu sur les trains rapides et les butoirs d'impasse. Il présente l'avantage de ne restituer qu'une faible partie du travail considérable du choc qu'il peut absorber, ne produisant donc pas de vibrations ni de chocs en retour sur la rame de wagons que l'on vient d'arrêter. On conçoit que les tampons peuvent avoir, dans certains cas, des efforts violents à supporter, par exemple, lorsque les freins à air ne fonctionnant que sur les voitures de tête, ou la locomotive, les voitures déjà arrêtées ont à supporter le choc des autres voitures.

Ces tampons devront être d'autant plus puissants que l'on tend aujourd'hui à employer des voitures plus lourdes, pesant de 15 à 18 tonnes, avec une charge utile de 35 à 45 tonnes.

L'effort est supporté, pendant un quart de la course, par un ressort-spirale ordinaire qui fonctionne habituellement ; un effort plus considérable de compression aura à vaincre un effort de frottement. Une force énorme de 68 tonnes est nécessaire pour comprimer complètement le tampon, et la réaction n'est que de 32 tonnes.

La Compagnie avait exposé un tampon de ce type avec les barres d'accouplement usuelles.

Actuellement, ces appareils ont été placés sur plus de 90 000 wagons de marchandises, sur 4306 tanders de locomotive, et sur environ 250 voitures de voyageurs, ce qui fait un total de 185 000 tampons à présent ; on reconnaît généralement son utilité sur les grosses locomotives de triage, pour la protection du châssis.

On voyait aussi, munies de ce dispositif, dans le Palais du Transport, les locomotives géantes de *Baltimore and Ohio*, les plus grandes que l'on ait construites ; la grosse locomotive *Baldwin*, dans le stand de *Santa-Fe ;* plusieurs autres locomotives et des trucs à marchandises.

Expositions diverses.

Diverses maisons exposent des rails ou des procédés d'éclissage ou de soudure autogène. Principalement la *Goldschmith Thermit C° de New-York* qui expose, dans le Pavillon de la Métallurgie, diverses soudures effectuées par son procédé.

On sait que le thermite est un mélange d'aluminium en poudre et d'oxyde de fer ; ce mélange, chauffé en un point, se combine en dégageant une grande quantité de chaleur donnant de l'alumine et du fer qui sert à former la soudure. On a donc bien une soudure autogène ; on peut d'ailleurs s'en rendre compte en examinant les coupes de diverses pièces de métal soudées par ce procédé, des tuyaux pliés à froid et martelés après soudage, une roue d'engrenage dont on a recollé une dent brisée ; des rails de tramway soudés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un cartonnier contient des vues montrant l'emploi du procédé.

On sait que les rails de tramway peuvent être soudées sans inconvénient, à condition que l'adhérence des traverses sur le sol soit suffisante pour empêcher tout déplacement du rail. La voie se dilatera donc comme une pièce unique sans occasionner de déformations.

Cette soudure sera très avantageuse pour les tramways électriques qui utilisent les rails comme conducteurs de retour.

La maison expose encore diverses masses de métaux rares obtenus par ce procédé : une masse de chrome pesant plus de 180 kg et une masse de manganèse pesant plus de 70 kg.

Ce métal surtout se rencontre rarement en aussi grande masse.

Des sous-produits de la réduction du chrome métallique par l'aluminium le corindon qui sert à polir est exposé en grains de diverses grosseurs.

Pendant la durée de l'Exposition, la Compagnie a fait devant la Commission des expériences de soudage qui ont très bien réussi.

La *Atlas Railway Supply C°* expose des vues et des échantillons de ses éclisses. Ces éclisses s'adaptant sur rails Vignole ont un patin qui vient se placer au-dessous du patin du rail. Leur moment d'inertie est, par suite, considérable.

La *Paige Iron Works and Buda Foundry, de Chicago*, expose diverses installations de voies, des dispositifs de déraillleurs, des barrières mobiles et des machines à courber les rails ; des laminoirs Iron Crow et des perforatrices Buda et Wilson.

Diverses maisons exposent enfin des roues et des essieux de locomotives ou tramways.

La Standart *Steel Works*, de Philadelphie, et la *Saint-Louis Car Wheel C°* exposent des roues en acier laminé ou à bandage d'acier.

La Maison *Elliott Frog. and Switch C°* expose des rails de croisement en aiguille.

La *William Wharton I. R. et C° Incorporated*, de Philadelphie, expose des pièces de cœur et aiguilles en acier au manganèse très dur.

Certaines de ces pièces ont servi un grand nombre de fois sans être plus fatiguées que les rails voisins. Une pièce de croisement a servi de passage à 2 570 000 voitures électriques et une autre à 1 600 000.

Une aiguille à talon protégé; le pivot de l'aiguille n'est pas exposé au martelage des roues de voitures.

L'aiguillage Wharton laisse la ligne principale ininterrompue.

La *Continuous Rail Joint C° of America* expose des joints pour les rails Vignole ainsi qu'une nouvelle connexion électrique consistant en une bande de cuivre que l'on force dans une rainure de l'éclisse, à l'endroit où elle vient porter contre le patin.

Une éclisse, isolée pour installations de signaux, emploie des bandes isolantes sur la moitié de chaque côté du patin.

Enfin, la *Wyckoff Pipe and Creosoting C°*, de Stamford, montre les résultats obtenus avec son nouveau procédé de stérilisation des bois qui n'est pas très employé, mais ne tardera pas à se généraliser.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La Compagnie expose des bûches creuses servant de conduite d'eau et ne présentant aucune détérioration après un long usage, ainsi que des poteaux et des traverses créosotés.

La *John Stephenson C°* expose des voitures pour grande vitesse, très solides et très élégantes, montées sur trucs à trois essieux, ce qui assurera la douceur de la marche, même aux plus grandes vitesses.

Les roues du milieu n'ont pas de boudin, de telle sorte que la voiture peut passer dans des courbes de 186 mètres de rayon. L'empattement est de 3,16 m. Les moteurs doivent être placés sur les deux essieux extérieurs; afin de laisser la place, on a mis les ressorts à angle droit sous les traverses. Le corps de la voiture a 14 mètres de long; le châssis est très solide, il pèse 9 060 kg; les plates-formes sont terminées un peu en pointe pour réduire la résistance du vent.

On pense que cette voiture pourra atteindre en toute sécurité une vitesse de 196 km à l'heure. On voit que l'on a, en général, cherché à réaliser des types de voitures qui pourront s'appliquer à la traction à grande vitesse.

Considérations sur l'emploi des moteurs à courant alternatif monophasé pour la traction.

Parmi les premiers essais que l'on fit pour trouver un moteur de traction pouvant fonctionner au moyen de courant monophasé, on peut citer : les essais de Scoot en 1888 sur des moteurs d'induction multipolaires, qui ne donnèrent que de médiocres résultats.

Quelques années après, M. Lamme réalisa le type de moteur-série compensé, en reprenant la théorie qu'avait émise, en 1884, M. Sprague.

En 1893, la Compagnie Armstrong réalisa le moteur à répulsion ; ce type avait l'inconvénient de ne pouvoir fonctionner aussi bien sur courant continu que sur courant alternatif.

La *Compagnie Westinghouse* mit, peu de temps après sur le marché, un grand nombre de ces moteurs de différentes dimensions de 50 à 100 hp permettant d'atteindre une vitesse de 95 km fonctionnant sous 1 100 à 3 300 volts alternatifs et 400 à 700 tours par minute.

La plus longue des lignes qui fut établie se trouve entre Indianapolis et Cincinnati ; elle a 92 km.

Elle fut installée avec des moteurs de 300 hp.

Le moteur-série à courant alternatif ne diffère pas matériellement du moteur à courant continu ; il a la même caractéristique, le même poids et le même aspect. Cependant son emploi occasionne quelques difficultés pour l'installation de la ligne, ainsi que pour la commande.

Les principales raisons en sont les suivantes :

1° La nécessité d'isoler soigneusement les organes de la terre puisqu'on peut utiliser des tensions de 1 500 à 3 000 volts ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° L'emploi de transformateurs augmentant le prix de l'équipement ;

3° La nécessité d'augmenter le facteur de puissance du moteur, afin de ne pas donner lieu à des pertes trop considérables ;

4° La nécessité de l'emploi d'un grand nombre de feeders pour diminuer la perte en ligne qui peut devenir excessive si la résistance est élevée ;

5° La nécessité d'exercer une surveillance spéciale dans les sous-stations par suite des hautes tensions.

Deux types de moteurs compensés qui ont donné de bons résultats sont les moteurs de Winter-Eichberg et de Latour, et qui diffèrent sensiblement du type décrit. Dans le moteur Winter-Eichberg, le champ compensateur est obtenu en plaçant deux balais (appelés balais du circuit d'excitation) en deux points du collecteur, de façon à avoir la f. é. m. nécessaire ; le champ produit par l'enroulement induit servant aussi à produire une partie de l'excitation.

On peut établir le moteur de façon à avoir les caractéristiques d'un moteur shunt ou d'un moteur-série.

La vitesse se règle facilement en faisant varier l'excitation fournie par une source extérieure. Pour le moteur-série, on emploiera un transformateur de voltage, et pour le moteur shunt un transformateur d'intensité. Il est relativement simple de le faire fonctionner comme moteur shunt permettant de renvoyer de l'énergie à la ligne pendant les descentes ou le freinage.

Essais de Berlin. — Un essai de ce système a été fait près de Berlin sur une petite ligne, en juin 1903 ; l'autorisation ayant été accordée par le gouvernement, on procède à l'installation de cette voie.

La voiture motrice pèse à vide 52 tonnes, et les remorques 12 tonnes. Un train de 2 voitures motrices et 3 remorques pèse à vide 140 tonnes et chargé 160 tonnes. Chaque voiture automotrice est équipée avec 2 moteurs Winter-Eichberg de 100 hp. à 4 pôles, pesant chacun 1 200 kg, la vitesse maxima devant être de 60 km et la vitesse normale de 40 à 45 km à l'heure.

Le courant de ligne est à 6000 volts et 25 p : s. L'enroulement inducteur est établi pour le voltage total de la ligne comme le stator d'un moteur asynchrone.

Le potentiel appliqué à l'armature varie entre 19 et 190 v. Le réglage de la f. é. m. est obtenu en changeant les connexions secondaires du transformateur dévolteur qui abaisse le voltage de 6000 à 190 volts. Le système de contrôle est assez semblable au type Sprague à unités multiples.

La suspension du fil de ligne est du type à chaînette, c'est-à-dire est retenue par un petit fil d'acier porté par deux supports verticaux, ces suspensions étant doublées à certains endroits pour immobiliser le trolley.

Les résultats ont été les suivants : pendant la période d'accélération, plus faible intensité 20 ampères, et plus forte 30 ampères. A pleine vitesse, le courant varie de 15 à 20 ampères. La valeur la plus faible du facteur de puissance a été 0,80, les valeurs moyennes étant 0,82 et 0,86, pour devenir presque l'unité à pleine vitesse ; l'accélération normale a été de 0,88 m par seconde, mais on a atteint le double pendant les essais.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La consommation de courant a été légèrement plus faible qu'avec le courant continu, soit 41 watts heure par tonne-kilom., avec un facteur de puissance de 82,3 et 43,6 w. h. par tonne-km. si l'on emploie du courant continu, la vitesse moyenne étant de 34,4 km par heure.

Les collecteurs sont visités environ tous les mois et passés au papier de verre toues les 5 à 7 semaines.

Ligne de Stubaithal. — Une autre ligne installée avec les mêmes moteurs est celle de Stubaithal dans le Tyrol autrichien : elle a une longueur d'environ 18,5 km.

La voie présente une rampe d'environ 2,5 °/₀, et en certains endroits 4,5 °/₀. La tension adoptée est de 3000 volts, mais les voitures devant circuler dans les rues d'Insbruck, l'inducteur a été établi pour 450 volts à 525 volts, tension adoptée pour l'alimentation dans les rues. Le voltage de la ligne est ramené à cette valeur au moyen d'un transformateur.

La voiture motrice pèse 19,6 tonnes. Elle contient 40 places assises et 20 debout, et peut traîner deux remorques pesant chacun 6,7 tonnes et environ 10 tonnes en charge.

Les voitures motrices sont équipées avec deux moteurs de 48 chx. Les deux inducteurs sont réunis en parallèle, et les rotors sont en série. Ils sont alimentés par le courant du secondaire d'un transformateur qui donne 500 volts entre les extrémités et 400 au moyen d'une connexion supplémentaire.

La f. é. m. du circuit d'excitation est réglée par une bobine de réactance ayant 4 connexions réunies au contrôleur.

Le plus bas voltage (400 volts) sert au démarrage et le fonctionnement à faible vitesse et le plus haut (500 volts) sert pour les grandes vitesses.

Dans la traversée des villes, le secondaire du transformateur est placé entre le trolley et les rails afin de servir d'auto-transformateur, de telle sorte que l'on puisse encore utiliser le voltage réduit de 400 volts comme dans le fonctionnement avec la ligne à haute tension.

La plus grande vitesse admise est de 25 km p : h et la fréquence est de 42 p : s.

Au début, on employait de très minces balais, mais on les a portés à 4,7 mm. Étant donné que les balais de court-circuit doivent supporter de plus petits courants, on en mettra 4 au lieu de 2. M. Eichenberg a établi que son moteur pouvait aussi bien fonctionner pour des fréquences de 40 à 50 p : s.

Il préfère réduire la vitesse du moteur, de telle sorte que la vitesse maxima soit de 30 °/₀ supérieure au synchronisme; de cette façon le moteur, fonctionnant la plupart du temps au synchronisme, aura un facteur de puissance maximum.

Locomotive de la Cⁱᵉ Oerlikon. — Des expériences ont encore été faites par la Cⁱᵉ Suisse Oerlikon dans le but de préparer l'adoption de la traction électrique sur les chemins de fer suisses. Les essais sont faits sur une ligne d'environ 20 km et la tension adoptée est de 15000 volts.

La locomotive est équipée suivant le système Ward Léonard; les moteurs, étant à courant continu, sont alimentés par un groupe générateur commandé par un moteur asynchrone monophasé, la fréquence étant de 15 p : s.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le générateur tourne à une vitesse constante, mais on règle la vitesse des moteurs en variant l'excitation.

Le fil conducteur est disposé partout à une faible hauteur sauf dans les tunnels. Un archet formé d'un simple tube de laiton fixé par une charnière à une de ses extrémités amène le courant ; il est appuyé par un ressort contre la ligne ; il frotte en dessus du fil, sauf dans les tunnels.

L'avantage de ce dispositif est que le contact reste bon avec la ligne, même par les temps froids, car des glaçons pendent au-dessous du fil.

Lorsque l'archet arrive au voisinage d'un tunnel, il se relève progressivement, et la charnière qui porte l'archet est alors relevée au moyen d'une tige appuyant sur un contre-rail et déplacée latéralement vers le centre de la voiture. L'archet vient frotter au-dessous du fil qui est alors situé au-dessus de la voiture.

La hauteur moyenne du fil hors du tunnel est de 4,50 et 5 m sous les tunnels.

Les poteaux sont formés par de vieux rails enfoncés de 1,50 m dans le sol, et comportant quelquefois un support en béton ; ils sont éloignés de 25 à 34 m et de 41 m dans certains cas.

L'isolateur est monté sur un support en forme de cloche fixé au sommet du rail.

Le prix total d'installation, y compris les poteaux, les fils, les interrupteurs de section et les stations auxiliaires, est d'environ 12 000 francs.

La chute de tension calculée sur la ligne ne dépasse pas 500 volts, soit 3 1/2 %.

Le coût de l'installation du tunnel du Gothard, avec le système *Huber*, a montré que les installations rapporteront et même beaucoup, l'économie étant de plus de 10 % sur le capital de premier établissement.

Le moteur-série, alimenté avec du courant alternatif monophasé, ne donnera pas une aussi grande adhérence que le moteur continu, car, il y a une différence entre le couple moyen, pour une période complète, et la valeur instantanée maxima du couple, obtenu à certains moments de la période. La possibilité du patinage des rails dépendra de la valeur instantanée maxima du couple, tandis que la propulsion dépend du couple moyen. La conséquence de ce fait est que le moteur monophasé aura un effort de démarrage moindre que le moteur continu de même puissance.

Pour les locomotives de même poids, les rails commenceront à patiner avec un effort de traction de 50 % ou inférieur à 55 à 60 % de l'effort de traction obtenu avec les moteurs continus. Des expériences faites par Ganz et C^ie^ ont confirmé ces résultats. En dernier lieu, le major Cardew, de Londres, a observé que ce phénomène se produit avec des fréquences de 15 p : s ; il disparaît avec des fréquences de 25 p : s ou plus.

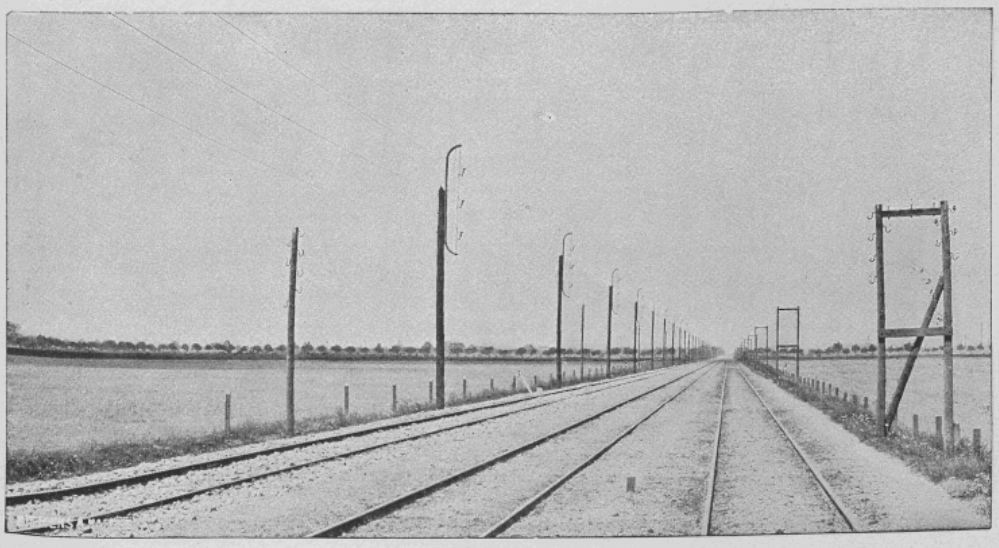
En résumé, on a pu obtenir des résultats satisfaisants, et on commencera maintenant à appliquer sur une grande échelle ce système de traction. On pourra simplifier les aiguillages, ce que l'on ne pouvait faire avec le courant polyphasé et, en outre, on aura un réglage de la vitesse dans les limites voulues.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chemin de fer électrique à grande vitesse de Marienfeld-Zossen.

L'attention des ingénieurs du monde entier a été portée sur les expériences de transport sur voie ferrée à grande vitesse, poursuivies simultanément pendant deux ans, entre Marienfeld et Zossen, sur une ligne de 23 km de longueur, par les deux puissantes Compagnies allemandes, l'*Allgemeine Elecktricitäts Gesellschaft* et *Siemens et Halske*, sous la direction et le contrôle d'un Comité d'études qui a publié les résultats de ces essais, qui feront époque dans l'histoire de l'Électricité.

Ce Comité d'études est l'émanation d'une Société fondée, en octobre 1899, par les principales maisons et banques allemandes, dans le but d'étudier la traction



Vue de la voie ayant servi aux essais à grande vitesse de Marienfeld-Zossen.

électrique sur chemins de fer à grande vitesse et qui porte le nom de *Studien Gesellschaft für Elektrische Schnellbahnen*.

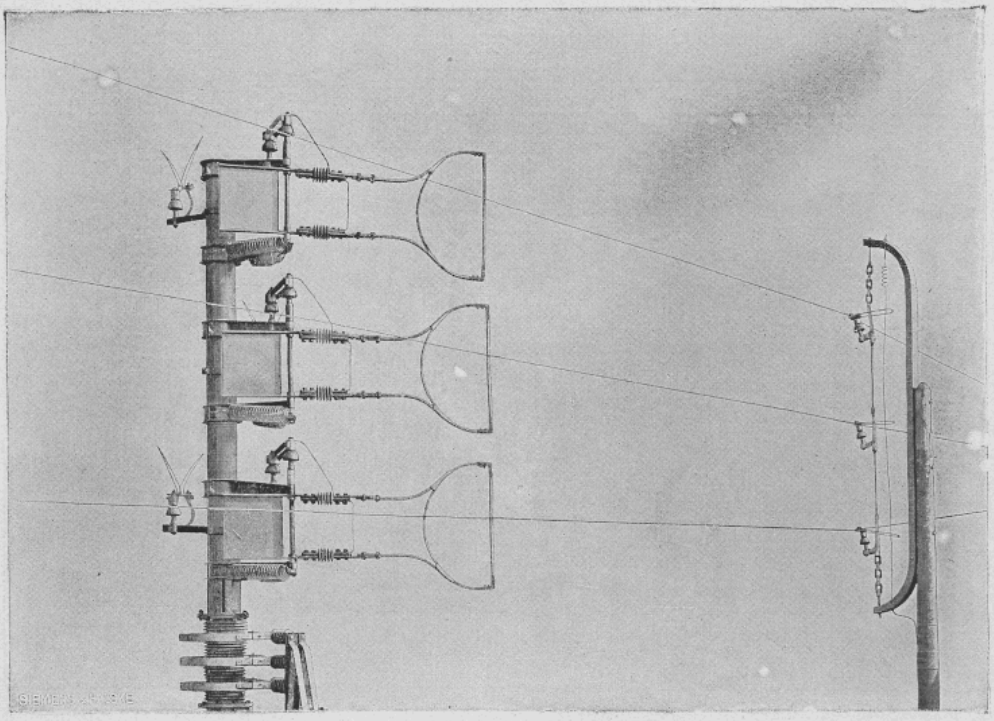
Rappelons que les premières expériences, entreprises à la fin de 1901, furent suspendues peu de temps après, la stabilité de la voie n'étant pas suffisante pour permettre de dépasser sans danger la vitesse de 160 km : h. Elles fournirent cependant d'utiles indications, mises à profit par les deux Sociétés pour perfectionner leur matériel roulant, et lui permettre d'atteindre et de dépasser aujourd'hui 200 km : h., comme l'ont montré les essais repris en octobre 1903.

La Société *Siemens et Halske* avait exposé à Saint-Louis différentes photographies rappelant ces essais pendant lesquels on est parvenu à atteindre une vitesse de 207 km : h.

Les voitures à grande vitesse, expérimentées sur la ligne militaire de Marienfeld-Zossen, utilisent des courants alternatifs triphasés à la fréquence de 50 p : s, et à une tension qui peut atteindre 14 000 volts entre deux fils.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce courant est amené aux véhicules par trois conducteurs parallèles en cuivre dur de 1 cm² de section (cette section a la forme d'un rail à double champignon), disposés sur le côté de la voie, distants de 1 m l'un de l'autre, le plus bas étant à 5 m du sol. Ces trois fils sont supportés par des poteaux en bois distants de 30 m. Sur chaque poteau est fixé un fer en forme de C entre les extrémités duquel sont boulonnées les tiges portant les isolateurs. Ces tiges sont reliées de telle façon



Archet servant à recueillir le courant.

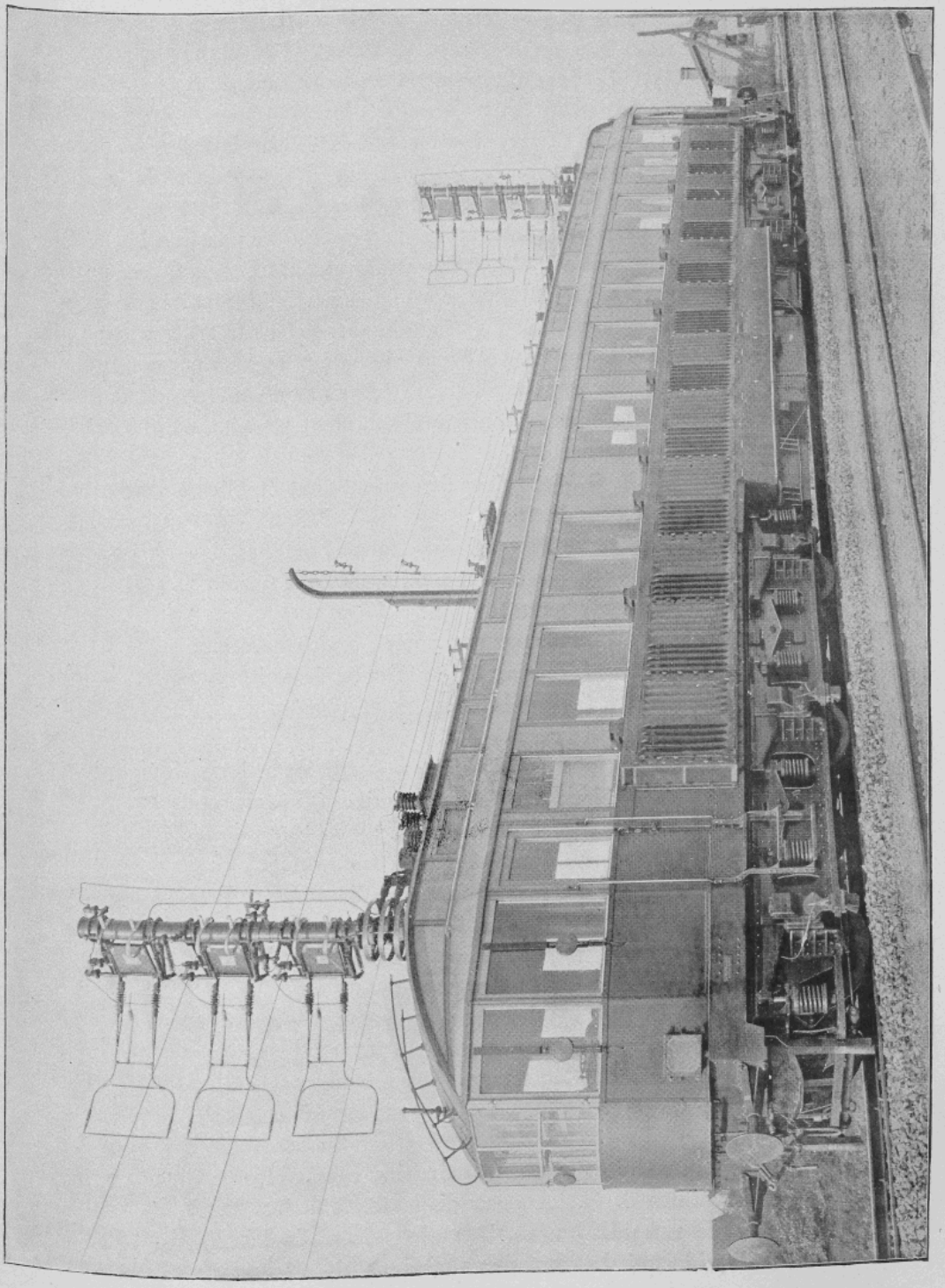
qu'en cas de rupture d'un conducteur tout le système est mis automatiquement à la terre, ce qui a pour effet de faire sauter les disjoncteurs à l'usine centrale, d'interrompre le courant et de rendre le réseau inoffensif.

La figure qui représente une vue d'ensemble de la voiture Siemens et Halske montre ces dispositions, ainsi que celles de la prise de courant par archets.

Voie. — La voie qui relie Marienfeld à Zossen est pratiquement en ligne droite. Elle comporte seulement une courbe de 2 000 m de rayon. Cette voie, à écartement normal, est constituée par deux rails d'un poids linéaire de 42 kg : m ; chaque rail, de 12 m de longueur, repose sur 18 traverses posées elles-mêmes sur du ballast en basalte de très grosses dimensions, comme on peut le voir sur la figure. Aux grandes vitesses, en effet, les petits éléments du ballast ordinaire étaient élevés comme des fétus de paille et venaient frapper les personnes qui se trouvaient dans le voisinage du train. Actuellement, après chaque passage, les feuilles et les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

papiers s'envolent, ainsi que la poussière, et le ballast se trouve *épousseté*, comme



Vue d'une voiture automotrice sur la ligne Marienfeld-Zossen.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

si la plus minutieuse ménagère avait été chargée de son entretien. Au lieu d'enlever l'ancienne voie, on l'a laissée sur place en en formant un contre-rail intérieur solidement boulonné sur les traverses, ce qui contribue à augmenter la stabilité de l'ensemble. Malgré toutes ces précautions, on ressent les trépidations du sol à 15 m de distance de la voie, lors du passage de la voiture dont le poids est de 94 tonnes.

Prise de courant. — Dans la voiture S. H. représentée par la figure ci-dessus, le courant est amené aux transformateurs par deux groupes de trois archets. Chaque archet comporte une triple articulation dont les masses sont graduellement décroissantes, de façon à pouvoir suivre aussi exactement que possible les oscillations à périodes essentiellement variables des déplacements des mâts supportant les archets par rapport aux fils, oscillations provoquées par les inégalités de la voie, la suspension des fils, les mouvements du véhicule suspendu sur ses ressorts, etc.

Malgré toutes les précautions prises et l'emploi de deux archets par conducteur, des étincelles visibles en plein jour, à plusieurs centaines de mètres de distance, montrent que les contacts ne sont pas encore absolument parfaits, ce qui est tout naturel à de semblables vitesses.

Dans la voiture de l'A. E. G., les prises de courant sont établies à l'aide de six archets montés sur des supports distincts.

Bien que les fils amenant le courant aux transformateurs dans les voitures aient un isolement propre établi pour 20 000 volts, ils sont traités comme des fils nus et posés sur des isolateurs à haute tension.

Les interrupteurs sont actionnés par une pompe à air commune.

Les transformateurs 10 000/1 100 sont placés sous la voiture, et les bobines des trois phases, pour réduire l'encombrement, sont placées dans un plan et non comme de coutume en triangle.

Voitures. — Nous ne saurions décrire ici en détail les voitures qui ont reçu un certain nombre de modifications depuis les premières expériences, et nous nous contenterons d'en indiquer les lignes essentielles.

Ces voitures sont portées par deux boggies à trois essieux chacun, avec deux moteurs par boggie. Chacun de ces moteurs attaque directement l'essieu sur lequel sont montées deux roues de 1,25 m de diamètre.

Chacun des quatre moteurs peut développer une puissance normale de 200 kw, puissance qui peut atteindre 600 kw au démarrage.

Les moteurs sont du type asynchrone à champ tournant, avec résistance variable intercalée dans l'induit pour maintenir le couple moteur sensiblement constant pendant la période de démarrage. Les stators sont alimentés pour du courant transformé à basse tension (1 200 v pour la voiture S. H., 500 v pour la voiture A. E. G.).

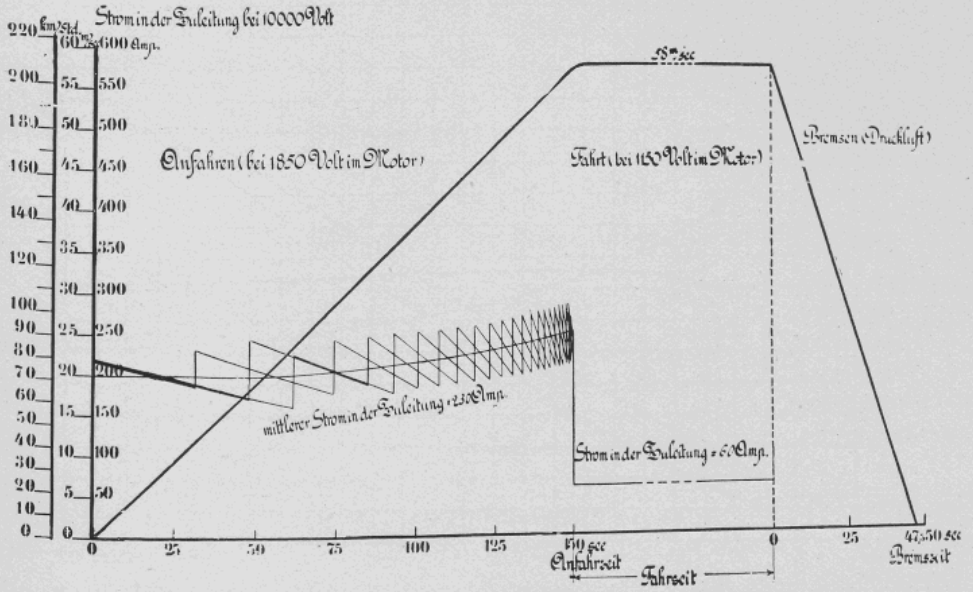
Les résistances introduites dans les circuits rotors des moteurs sont en kruppine pour la voiture S. H., et sont disposées sur les flancs du véhicule, de façon à faciliter le refroidissement. Dans la voiture de l'A. E. G., on utilise des rhéostats à liquide qui donnent des variations de résistance et de couple

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rigoureusement continues. Le liquide circule dans des tuyaux placés sous la voiture en vue de son refroidissement.

Un grand nombre de dispositifs ingénieux sont utilisés pour la manœuvre des résistances, le refroidissement des moteurs, la manœuvre des freins, etc. Nous signalerons, à titre d'exemple, le système adopté par la maison Siemens et Halske pour régler automatiquement la pression des sabots sur les bandages des roues, de façon à éviter tout patinage.

Appareils de mesure. — Chacune des voitures A. E. G. ou S. H. renferme des appareils permettant de déterminer avec précision tous les éléments mesurables et



Courbes d'accélération.

dont la connaissance peut être utile à l'amélioration des facteurs de traction : intensité, tension, puissance, vitesse, accélération, couple moteur, pression du vent, etc. ; ces voitures constituent, en réalité, de véritables laboratoires ambulants, dans lesquels règne l'activité la plus fébrile pendant les 7 ou 8 minutes que chacune d'elles met à parcourir les 23 km qui séparent les deux extrémités de la ligne.

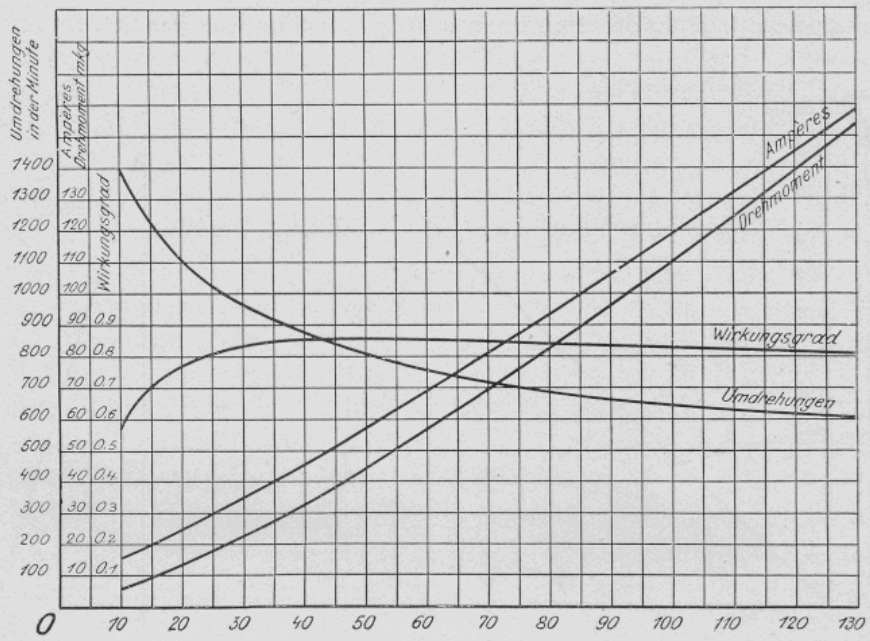
Des observations instantanées des différents éléments sont faites à intervalles de 10 secondes, réglés par une horloge, chaque signal étant précédé d'un signal d'avertissement.

La vitesse du véhicule est *indiquée* par un simple magnéto, commandé par les roues de la voiture et reliée à un voltmètre. Elle est *mesurée* avec précision, sur la voiture S. H., à l'aide d'un enregistreur à bande de papier se déroulant d'un mouvement d'horlogerie, et sur laquelle s'inscrivent trois séries de points : 1° un point par seconde commandé par le contact électrique d'un chronomètre ; 2° un point par tour de roue, commandé par une roue du véhicule ; 3° un point par km com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mandé par des contacts fixes sur la voie, distants d'un km, et des balais montés sur les boggies de la voiture et que l'on peut voir sur la figure.

L'accélération est mesurée par la méthode de Kapp, qui consiste à mesurer la dénivellation produite dans un tube en U renfermant de l'eau. Sous l'action d'une variation de vitesse le tube étant déplacé de façon que la branche horizontale soit parallèle à l'axe de la voie. Les dénivellations du liquide donnent une valeur très approchée de l'accélération. On augmente la sensibilité de l'accélération en rem-



Caractéristiques des moteurs.

plissant la branche horizontale de l'appareil avec du mercure et la branche verticale avec de l'eau.

La pression de l'air à l'avant du véhicule est mesurée, soit avec des tubes manométriques à eau, soit avec des boîtes en tôle ondulée fonctionnant en manomètres anéroïdes. Cette pression est également mesurée à différentes distances de l'avant du véhicule. Elle a dépassé, dans certains cas, 200 kg : m².

Des girouettes donnent la direction de l'air en différents points.

Le couple moteur, exercé par le rotor, est mesuré en interposant entre le stator et le châssis qui le supporte un piston se mouvant dans un cylindre plein d'huile. La pression transmise à un manomètre donne, à un facteur constant près, la valeur du couple.

Les oscillations de la voiture sont également enregistrées avec un appareil spécial.

Les courbes de la page 347 indiquent la durée de la période d'accélération ainsi que celle de freinage de la voiture à quatre moteurs sur une voie hori-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

zontale. Les quatre moteurs, recevant un courant moyen de 230 ampères à 1 850 volts, mettent 150 secondes pour donner une vitesse de 58 m : s à la voiture. Cette vitesse acquise, les moteurs absorbent un courant de 60 ampères à 1 150 volts. Le temps du freinage n'est que de 47,5 secondes.

Les expériences de Zossen ont montré que les vitesses de 200 km par heure étaient techniquement réalisables, en utilisant les courants alternatifs triphasés de haute tension. Les résultats des essais nous feront connaître à quel prix ces vitesses peuvent être atteintes et maintenues. Mais l'utilité de ces expériences, fût-elle limitée à prouver que la traction électrique peut assurer économiquement des vitesses relativement limitées de 150 km par heure, et à fournir des renseignements techniques nouveaux sur les conditions de traction des véhicules à grande vitesse, que nous devrions être reconnaissants aux initiateurs de cette grandiose entreprise dont les conséquences ne peuvent être que favorables aux progrès et au développement de l'industrie électrique.

Chemin de fer Monorail de Manchester à Liverpool.

Une réduction, susceptible de fonctionner, était exposée dans la section de la Grande-Bretagne, et permettait très bien de se rendre compte de cet intéressant chemin de fer.

Le modèle est construit à l'échelle de 62,5 mm par mètre. La ligne est formée de deux demi-cercles de 1,50 m de rayon, réunis par deux lignes et formant une longueur totale de voie de 12 m de long.

En 1886, M. G. Beer construisit un premier train d'essai à Westminster, puis, en 1887, entre Listowel et Ballybunion en Irlande, pour le service des marchandises et des passagers. Enfin en 1897, à Bruxelles, on fit un essai de monorail à grande vitesse, et on parvint à atteindre une vitesse de 90 milles à l'heure (166 km). Encouragé par ces résultats, M. G. Beer construisit le chemin de fer de Manchester à Liverpool de 1901 à 1906, qui devait fonctionner à une vitesse de 90 milles (166 km).

Nous donnerons une courte description du système actuel.

Superstructure. — Le rail principal est supporté sur des chevalets en fer, montés sur les traverses à une distance de 91,5 cm d'axe en axe, distance réduite à 61,3 cm aux joints. La hauteur du chevalet au-dessus de la traverse est de 1,20 m, la largeur à la base est de 82,5 cm et l'épaisseur 30,5 cm au sommet. Sans entrer dans le détail de ces constructions, nous dirons simplement que les chevalets sont boulonnés sur les traverses, avec interposition d'une plaque d'acier.

Deux rails de guidage sont placés de chaque côté du chevalet. Ces rails ont pour but d'empêcher tout déplacement latéral des voitures ; le rail principal est fixé sur le chevalet par une sorte d'éclisse, mais dans les montées, on emploie des coussinets.

Matériel roulant. — Les trains ne comprennent qu'une seule voiture pouvant, suivant les dimensions, contenir 72, 50 ou 38 personnes. Nous décrirons les plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

petites. Elles ont 15 mètres de longueur et 3,35 m de largeur. La partie supérieure du lanterneau est à 3,57 m au-dessus de la surface des traverses. Du plancher au toit, il y a 2,06 m. Les deux extrémités de la voiture sont terminées en coupe-vent.

La voiture est supportée par un châssis central très résistant, formant comme une selle profonde placée sur les chevalets ; les côtés du châssis sont à 1,83 m de la plaque de support du chevalet.

La voiture en ordre de marche pèse 39 tonnes ; elle est pourvue de 4 moteurs à courant continu de 160 chx, faisant à pleine vitesse 720 tours par minute, mais pouvant fournir 320 chx pendant les courtes périodes d'accélération. Ces moteurs sont placés par deux aux bouts de la voiture, chaque paire formant un système distinct ; ces moteurs sont placés le plus bas possible pour abaisser le centre de gravité ; ils pèsent 2,8 tonnes.

Sur chaque côté de la voiture, il y a 4 roues de guidage ayant 61 cm de diamètre, une face portante de 12 cm et un boudin de 2,5 cm. Ces roues sont fixées horizontalement et un certain jeu leur est laissé par l'emploi de ressorts.

M. Beer pense avoir réalisé, par ce dispositif, toutes les conditions possibles de sécurité ; car, tandis qu'un train ordinaire est maintenu sur les rails par un boudin de 15,87 mm, le dispositif adopté pour le chemin de fer de Manchester à Liverpool équivaut à un boudin continu de 5,7 cm. Cette construction, en outre, produit sur l'esprit des voyageurs une impression de sécurité.

Chaque voiture a 4 roues verticales, 2 roues motrices de 1,50 m de diamètre et les roues porteuses de 1,04 m. Ces roues ont 12,7 cm de large et présentent une rainure de 5,1 cm de profondeur et 7,6 cm de largeur. Ces roues sont enfermées dans un coffrage sur lequel on a placé des sièges étroits.

L'axe des moteurs est à 1,38 m au-dessous de celui des roues motrices et la commande se fait par des chaînes de 15 cm de large, commandant des pignons de 30 cm et animées d'une vitesse de 550 à 580 mètres par minute.

L'énergie électrique est fournie par une station centrale construite à Warrington à égale distance des terminus : cinq sous-stations reçoivent le courant alternatif à 15 000 volts et le transforment en courant continu à 650 volts. Le courant est amené aux moteurs au moyen de deux rails placés à l'extrémité des traverses ; ces conducteurs ont 12,5 cm de large et sont à 22,5 cm des traverses. Des balais circulaires de 53 cm recueillent le courant. Les ressorts de suspension sont fixés transversalement et ils suppriment les vibrations.

La distance à parcourir est de 55 km et est accomplie sans arrêt en 20 minutes, ce qui exige une vitesse de 177 km à l'heure. Au départ, l'accélération est de 60 cm : s, et elle s'abaisse à 20 cm : s lorsque la vitesse normale est atteinte. Cette vitesse est atteinte en 1 m 47 s en moins de 3 kilomètres. Le coefficient d'adhérence est pris en général, égal à 1/6 soit 182 kg, dans le plus mauvais temps. La limite d'adhérence calculée pour les roues est donc de 9,1 kg plus 6,8 kg par tonne pour tenir compte de la résistance de l'air et la constante de frottement est de 22 kg par tonne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le poids de la voiture étant de 39 tonnes et le poids sur les roues motrices de 19 tonnes 1/2, il y aura un excès de poids adhérent.

La puissance nécessaire pendant la période d'accélération est 1 114 chx et seulement 515 pendant la marche normale.

Freinage. — Des freins rapides Westinghouse agissent de chaque côté sur chaque roue motrice ou porteuse, pouvant amortir la vitesse avec une accélération de 98,5 cm : s², ce qui absorbera 95 kg par tonne, soit 24 kg par tonne pour chaque roue et le train sera arrêté en 1 260 mètres environ. On peut aussi mettre les moteurs en court-circuit, l'accélération sera alors de 1,37 m : s², ce qui arrêtera la voiture en 1 260 m et en 690 mètres, si l'on combine les deux procédés.

Signaux. — Un système de signaux automatiques est employé.

La distance à parcourir est divisée en 5 sections d'environ 11,250 km.

Chaque signal est commandé par deux commutateurs, l'un dans la cabine correspondante et l'autre dans celle du signal correspondant à deux sections plus loin. Lorsque la voiture passe devant le signal C, il le met à l'arrêt, tandis qu'il ouvre le signal A. Ceci se fait très simplement : à une distance suffisante du signal, pour que celui-ci s'abaisse au moment précis où la voiture le dépasse, se trouvent deux contacts, que deux frotteurs placés sur la voiture viendront rencontrer, formant ainsi un circuit comprenant une batterie et un électro-aimant. L'armature de l'électro-aimant étant attirée fera tourner, au moyen d'un encliquetage, un arbre de 1/6 de tour; cet arbre porte deux commutateurs munis de trois bras, l'un correspondant au signal A et l'autre au signal C; le circuit du signal A se trouvant coupé, il se mettra à l'arrêt et celui du signal C étant fermé, le signal s'ouvrira; la même opération se répétera pour le signal D. Indépendamment de cela, le bras du sémaphore porte un commutateur qui se ferme pour la position d'arrêt, ce qui correspond à deux autres contacts que deux autres frotteurs, placés sur la voiture, rencontreront pour fermer le circuit d'une pile et d'une sonnerie d'alarme; le courant agira en outre sur un électro pour produire le déclanchement du disjoncteur. Le gardien de la cabine peut mettre le signal à l'arrêt, mais il ne peut l'ouvrir.

Trafic. — Nous n'ajouterons rien sur l'installation, mais nous dirons que la ligne a été établie pour transporter 20 000 voyageurs par jour; les dépenses d'installation, y compris les intérêts et l'entretien, sont de 0,457 fr par voiture-mille; si chaque voiture transporte une moyenne de 20 voyageurs, la Compagnie peut donner 5 % de dividende; le capital autorisé par le Parlement étant de L. 2 800 000 (70 500 000 fr), une moyenne de 8 personnes par voiture suffit à payer les frais.

Métropolitain électrique surélevé et souterrain de Berlin.

L'inauguration du Métropolitain berlinois, exécuté par la *Société Siemens et Halske*, a eu lieu au mois de février 1902.

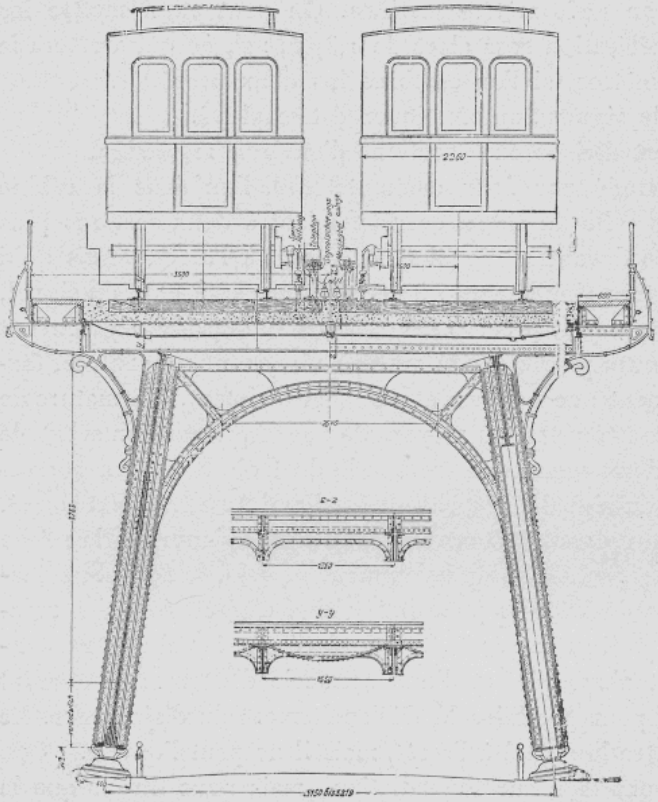
La ligne, partiellement surélevée, est établie sur des viaducs en fer et en pierre et traverse des tunnels.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La voie est normale, mais le gabarit est plus petit que celui des chemins de fer. La hauteur à partir des rails n'est que de 3,30 mètres. Le plus petit rayon de la ligne est de 80 mètres et la plus grande pente de 26 millièmes.

La distance moyenne des gares est de 900 mètres.

Les rues dans lesquelles se trouvent les viaducs sont larges de 31 à 52 mètres. Ces viaducs sont ordinairement établis au milieu et au-dessus de la promenade. Ils sont formés de poutres légères en treillis, de façon à ne pas masquer la vue. Les piliers sont fixés invariablement à la charpente du viaduc et viennent reposer sur des supports à rotule, de telle sorte que le moment de flexion maximum provenant de la poussée horizontale est appliqué à la partie supérieure des supports, ce qui permet une construction plus légère pour la partie inférieure. La distance des piliers varie de 15 à 21 mètres, et celle des deux piliers en regard est de 3,50 m à 4,20 m; aux stations, elle atteint même 6,25 m.



Coupe du viaduc du Métropolitain de Berlin.

Les viaducs en pierres ont tous un plein-cintre et la distance des piliers est de 6,50 à 16,30 m.

La hauteur des tunnels à partir des rails est de 4,27 m, la largeur de 7,62 m. Le plancher est porté par des longerons en fer à T de 340 mm, distants entre eux de 1 à 1,50 m. Ces fers sont portés au milieu des poutres de 500 mm reposant sur les colonnes.

Le courant continu à 750 volts est amené aux moteurs par des conducteurs placés entre les deux voies, à une hauteur de 14 cm au-dessus du niveau des rails. Ils reposent sur un isolateur d'ébonite; ils sont protégés par des planches entre lesquelles se trouvent placés les feeders. Les rails de la voie servent de conducteurs de retour.

Les trains se suivent à des intervalles de 5 minutes et ont une vitesse moyenne de 30 km à l'heure. Ils se composent de 3 voitures dont la première et la dernière sont automotrices. Les voitures automotrices n'ont que des compartiments de

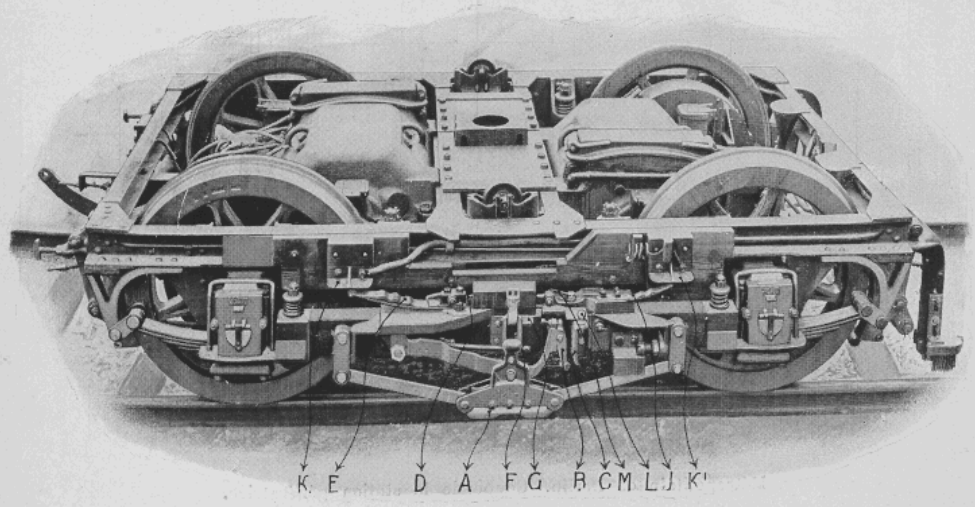
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3e classe et contiennent 39 places assises et 30 debout. Les voitures-remorques ont des compartiments de 2e classe et le même nombre de places.

Les voitures sont accessibles par deux portes glissantes qui se trouvent sur le côté. Les portes à contre-voie sont fermées par une banquette. Les fenêtres latérales ne peuvent pas s'ouvrir, celles de devant et de derrière assurant une ventilation suffisante.

Métropolitain de Berlin. Vue en-dessous du viaduc.

Les voitures sont éclairées par 12 lampes à incandescence ; leur longueur est de 12 m, leur largeur de 2,36 m. Elles sont portées par deux trucks à deux axes distants de 1800 mm. Les roues sont à l'intérieur du châssis. Chaque truck est construit pour recevoir 2 moteurs, de telle sorte que l'équipement complet de la voiture comporte 4 moteurs.



Métropolitain de Berlin. Truc à deux moteurs.

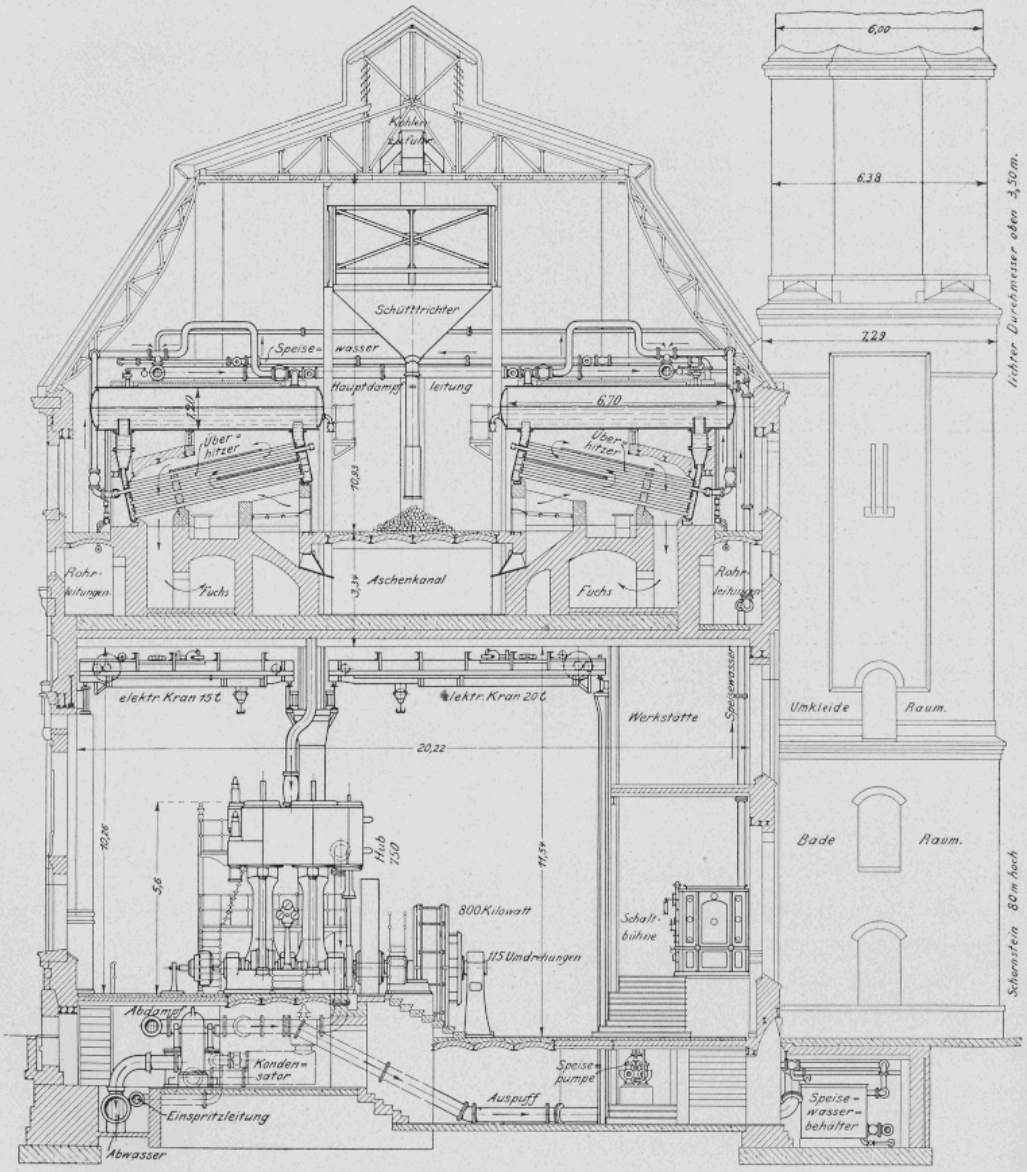
Les moteurs sont à 4 pôles ; ils développent une puissance de 60 chx sous une tension de 750 volts à 800 t : m, et pèsent 1 575 kg avec l'engrenage, qui est au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rapport de 1 à 4,1. La figure représente les courbes caractéristiques du moteur.

Pendant le trajet, les moteurs sont en parallèle.

Aux deux extrémités de la voiture est aménagée une cabine de méca-



Métropolitain de Berlin. Coupe de la station génératrice.

nicien, de sorte que l'on n'a pas besoin de la tourner quand on change de direction. Des deux côtés de la voiture se trouve une prise de courant.

Actuellement, la voiture n'est pourvue que de trois moteurs, avec réduction de vitesse par engrenage, qui donnent une vitesse de 50 km à l'heure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le freinage se fait au moyen de l'air comprimé. Le cylindre du frein, le réservoir d'air et la pompe se trouvent sous la voiture entre les deux trucks. La pompe à air est actionnée par un petit moteur spécial. Chaque voiture possède un frein supplémentaire à main.

Pour assurer la sécurité du service, on se sert du block système d'après Siemens et Halske.

Salle des machines. — Les condenseurs et les pompes à air se trouvent dans le sous-sol. Dans le rez-de-chaussée sont montées les machines à vapeur et les dynamos; les chaudières sont placées à un étage supérieur; il y a six chaudières multitubulaires, pourvues d'un surchauffeur, et ayant chacune une surface de chauffe de 230 m², fonctionnant sous une pression de 10 atmosphères. Les machines à vapeur verticales au nombre de trois (on a prévu de la place pour six) sont compound et ont 750 mm de course, les diamètres des cylindres étant respectivement de 87 et 127 cm. Elles peuvent fournir chacune une puissance de 900 à 1 200 chx en tournant à 115 t : m.

Chaque machine à vapeur est accouplée directement à une dynamo shunt de Siemens et Halske, sous une tension de 750 volts qui fournit 800 kw. Le courant est amené par un câble sous plomb armé d'un ruban d'acier, au tableau de distribution.

Le Métropolitain berlinois a, actuellement, une longueur de 11 213 m; mais d'autres lignes sont projetées.

Chemin de fer suspendu monorail (Système Langen).

Par suite du développement des grandes villes, l'encombrement des rues s'accroit tous les jours avec les tramways, omnibus, fiacres, véhicules de toutes sortes qui vont, viennent et se croisent en tous sens.

Déplacer le niveau de la circulation est donc la seule solution qui puisse remédier à cet état de choses. Des voies souterraines ont été construites, mais les frais, et surtout les difficultés techniques, forment dans la plupart des cas un obstacle insurmontable. Il faut donc avoir recours aux voies aériennes. Tels qu'on les a construits jusqu'à présent, les viaducs mettent trop souvent obstacle à la circulation, à la vue, à l'air et à la lumière dans les rues qu'ils parcourent.

Le chemin de fer suspendu, d'après le système Langen, paraît être une bonne solution du problème.

Ce chemin de fer est monorail, suspendu de façon à pouvoir osciller librement à tout instant selon la composante de la pesanteur et de la force centrifuge, quels que soient la vitesse de la marche du train et le rayon de la courbe. Le tablier à jour n'a que 4 mètres de largeur et laisse passer librement l'air et la lumière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les frais de premier établissement de cette construction sont de beaucoup inférieurs à ceux des autres systèmes.

Un déraillement est complètement impossible, par ce fait que les porte-rails et les rails sont complètement embrassés par les parties inférieures du châssis. Il peut fonctionner à n'importe quelle vitesse en ligne droite et dans les courbes qui peuvent être d'un rayon beaucoup plus petit que dans les chemins de fer sur rails. La marche est douce et exempte de secousses latérales. Ce système semble se prêter à la réalisation du chemin de fer à grande vitesse, et sa construction pourrait être établie au-dessus des lignes des chemins de fer ordinaires.

Jusqu'à ce jour, il n'existe qu'une seule voie établie suivant ce système, c'est celle de Barmen-Elberfeld-Vohminkel; elle a une longueur de 13,3 km et le service donne toute satisfaction.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CLASSE 432

APPLICATIONS MÉCANIQUES DIVERSES : ASCENSEURS, TREUILS, GRUES, CABESTANS, PONTS ROULANTS, MACHINES-OUTILS ET DIVERS

Cette classe est intéressante par la diversité des applications qu'elle présente ; elle montre parfaitement jusqu'où peut aller la souplesse du moteur électrique.

En premier lieu, les ascenseurs Otis et les monte-charges exposés par la maison Burdett Rowntree montrent d'ingénieux dispositifs de contrôle et de sécurité.

Un treuil de 3 000 kg, dû à la *General Electric C°*, présente des particularités intéressantes relatives au travail tout spécial auquel il est destiné dans les ardoisières d'Angers.

Cette Société expose également un treuil électrique transportable.

L'importante installation des quais de Hambourg, due à l'A. E. G., comprend 34 grues puissantes construites d'après les brevets de la *General Electric C°*.

La manœuvre de ces appareils semble particulièrement facile.

Enfin, parmi les appareils de levage, l'*Electric Controler Supply C°* expose différentes applications d'électro-aimants pour la manutention des pièces de fer.

La section la plus importante de cette classe est réservée aux machines-outils mues électriquement.

Tous les genres d'outils pour le travail du bois et du métal y sont représentés.

Chacun d'eux reçoit un moteur parfaitement approprié au travail qu'il a à produire.

L'obtention de vitesses variables et multiples est obtenue par différents procédés, suivant les constructeurs ; mais le procédé le plus en faveur semble être jusqu'ici l'emploi de distributions à plusieurs voltages (3 et 5 fils).

Tel est le système Bullock, le système Crocker-Wheeler.

La Compagnie Jas. Clark emploie des moteurs à plusieurs enroulements induits.

L'*Electric Controler Supply C°* expose différents outils, entre autres une raboteuse à retour rapide, et un moteur de laminoir.

Parmi les nombreuses autres applications du moteur électrique, citons les pompes centrifuges à haute pression Worthington, les perforatrices Adam et les nombreux ventilateurs d'intérieur.

Signalons en dernier lieu le dispositif de la *Western Electric C°* pour faire varier d'une façon très simple la vitesse des machines à coudre électriques, ainsi qu'une curieuse application du moteur aux régulateurs d'orgues présentée par la *Wirt Electric C°*.

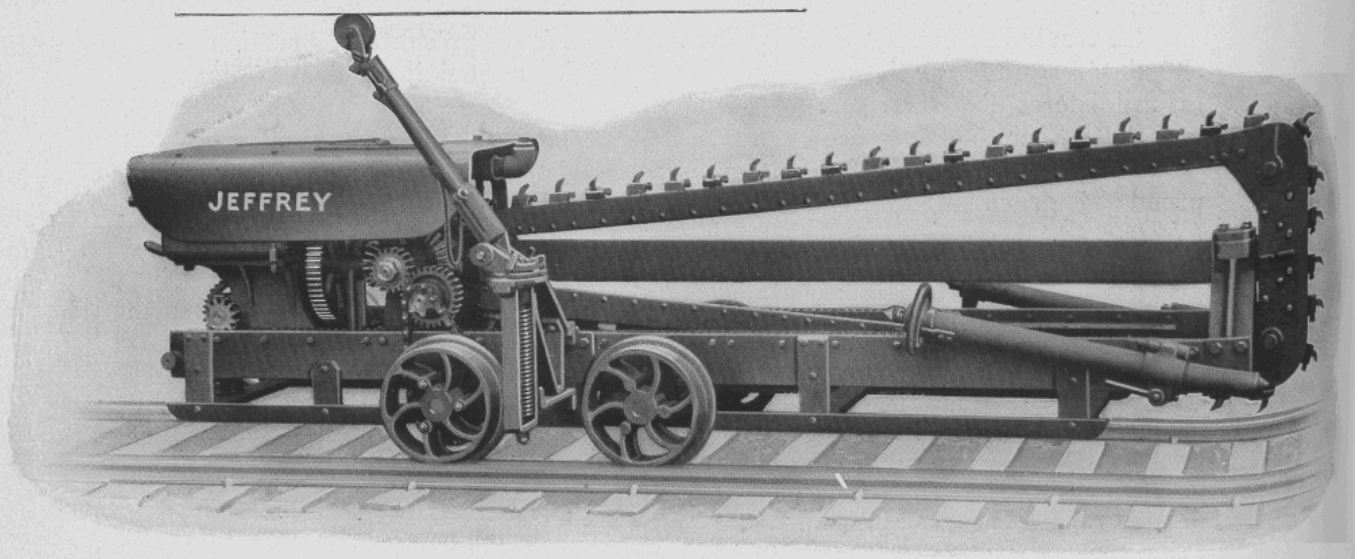
Enfin, la *Dayton Electrical* M. f. g. *C°* expose des dynamos pour l'allumage des moteurs à explosion.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Rouilleuses électriques Jeffrey.

Généralités. — Il est parfois avantageux d'attaquer le charbon par rouillures et souvent par havages et rouillures combinés.

Les rouilleuses présentent avec les haveuses de nombreux points de rapprochement. Ainsi qu'il est indiqué sur la figure, le châssis mobile est vertical au lieu d'être horizontal ; ce changement nécessite une simple modification dans l'orientation de l'arbre moteur. Ce châssis mobile peut être, fixé par une manœuvre facile, à hauteur convenable ; on peut, à volonté, l'élever ou l'abaisser.



Rouilleuse électrique à trolley Jeffrey.

Le meilleur rendement est obtenu en travaillant de haut en bas, c'est-à-dire en faisant au toit la première rouillure, puis une seconde immédiatement au-dessous et ainsi de suite. La machine est fixée à hauteur de son centre de gravité sur deux colonnes principales qui la maintiennent dans la position voulue pendant son fonctionnement ; deux colonnes auxiliaires en avant assurent la stabilité d'une façon absolue. La longueur des quatre colonnes varie suivant la puissance de la couche.

Haveuses Jeffrey.

Ces haveuses sont mues par l'électricité ou par l'air comprimé, les seules différences entre ces deux types résident dans le moteur.

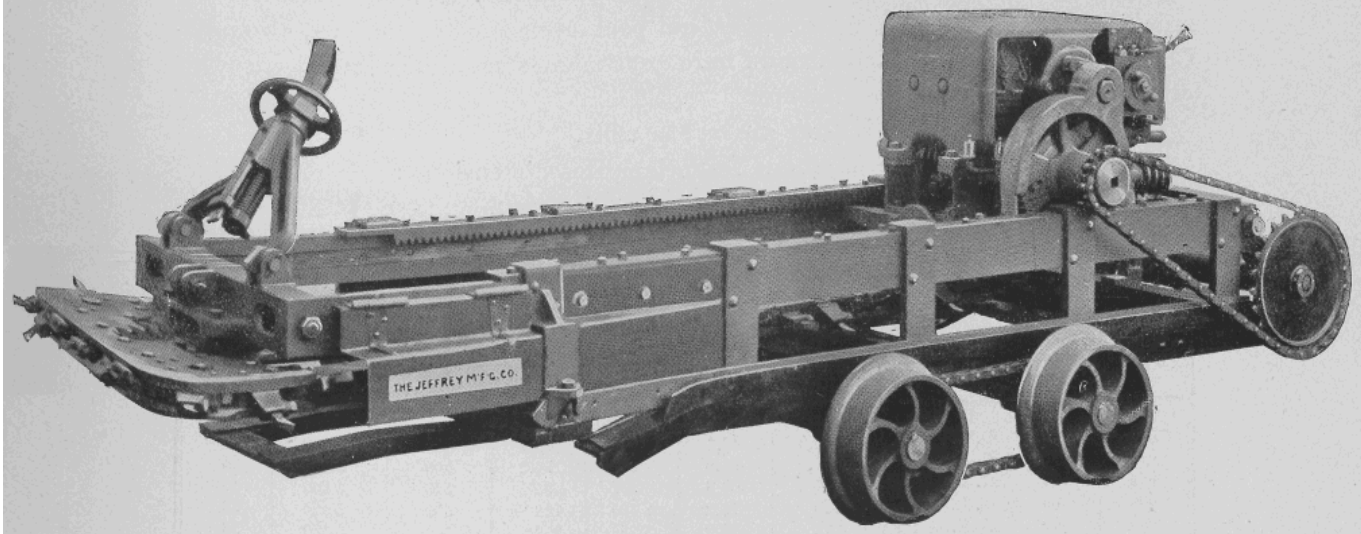
Le type de haveuses pour Longwall a été établi en vue d'un encombrement minimum. Construite entièrement en acier, cette haveuse est en même temps d'une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grande résistance et d'une grande solidité. Elle fait le havage rigoureusement au ras du sol.

L'abatage du charbon se fait au moyen d'un disque garni de dents, comme l'indique la figure. La profondeur des sous-caves est de 0,90 m à 1,80 m sur environ 10 cm d'épaisseur.

Un mécanisme spécial permet de suivre exactement les inégalités du sol. Les dents sont analogues à celles de nos haveuses ordinaires. On peut les fixer au disque la pointe en avant ou en arrière, de façon à permettre l'attaque du charbon dans le sens le plus avantageux par simple changement de marche du moteur.



Haveuse électrique à chaîne Jeffrey.

Cette haveuse est supportée par deux roues portant sur un rail unique et par le disque reposant sur le sol. Ce rail unique, suffisant pour assurer la stabilité, est maintenu en position au moyen de colonnes à vis serrées entre le toit et des ailes latérales fixées au rail.

Treuil électrique de mines de la General Electric C°.

Ce treuil est remarquable par sa simplicité et sa facilité de manœuvre. Le tambour, le moteur et le contrôleur sont montés directement sur un même bâti. Les résistances de réglage sont généralement logées en dehors du treuil, de façon que la chaleur qu'elles rayonnent ne gênent pas l'opérateur, mais dans le cas des types de petites dimensions, les résistances sont de formes spéciales et fixées sous la base du treuil.

Le tambour est fou sur l'arbre, il vient en contact avec un double cône de friction par une vis, une tige et un levier, communiquant un petit mouvement longitudinal. Ces organes sont enfermés dans une boîte étanche remplie d'huile de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

manière à diminuer leur frottement et réduire leur usure, et augmenter le rendement du treuil. Le frein à bande est du type différentiel et est pourvu de sabots en bois qui peuvent être facilement remplacés quand il sont usés, et d'un système très simple permettant de rattraper le jeu.

Le moteur, type ordinaire de moteur de tramway, est renfermé dans une boîte en fonte ; il est donc complètement à l'abri de l'eau et de la poussière. L'engrenage reliant le moteur et l'arbre intermédiaire est à dents taillées ; celui du tambour est fondu.

Le contrôleur est du type de contrôleur de tramway ; il est monté sur le socle de manière à être facilement manœuvré par l'opérateur. Chaque contrôleur est muni d'un interrupteur de renversement qui peut être manœuvré ou non, à volonté. Les leviers du cône de friction et du frein sont montés sur des cadrans à encoches et sont munis de manettes de sûreté.

Les treuils sont établis pour 250 ou 550 volts.

Le tableau ci-dessous en donne les principales dimensions :

NUMÉRO du TREUIL	NOMBRE de chx du MOTEUR	TYPE du MOTEUR	TYPE DU TAMBOUR		PUISSANCE D'ÉLÉVATION		RÉVOLUTIONS du MOTEUR par minute sous 500 v.	POIDS approximatif du TREUIL complet en kg.	DIAMÈTRE des GORGES en mm.
			Diamètre en cm.	Largeur en cm.	Poids élevé en kg.	Vitesse d'élévation en m : m.			
501	6	L.W. P. — 5	30,4	38,1	453	45,7	450	1 769	lisse
502	12	G. E. — 800	60,9	60,9	680	76,2	460	3 129	15
503	20	G. E. — 800	76,2	60,9	907	91,5	575	3 460	19
504	35	G. E. — 1 200	106	76,2	1 360	122	550	5 000	22
505	40	G. E. — 1 200	122	76,2	1 134	152	550	6 300	22
506	75	G. E. — 2 000	137	91,4	1 814	183	700	8 165	25,4
507	75	G. E. — 2 000	137	91,4	2 268	152	700	8 165	25,4
508	100	G. E. — 2 000	152	91,4	2 268	183	700	11 000	25,4
509	100	G. E. — 2 000	152	91,4	2 720	152	700	11 000	25,4

Élévateur Otis.

Il y a deux systèmes de contrôle des ascenseurs électriques : le système électrique et le système mécanique. Dans le premier système, le déplacement de l'ascenseur est commandé par un petit interrupteur placé dans la cabine, agissant sur un circuit-pilote qui ouvre et ferme le courant principal et les inverseurs. Au démarrage, une résistance considérable est intercalée dans le circuit de l'armature, cette résistance se trouvant supprimée peu à peu par des interrupteurs à commande électrique lorsque le moteur s'accélère. Le courant ne peut donc s'accroître au delà d'une valeur déterminée, et l'on obtient un démarrage progressif et proportionné à la charge.

Le système mécanique diffère du précédent en ce que l'interrupteur principal est ouvert, fermé ou inversé par un levier ou un volant à main placé dans la cabine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les interrupteurs qui servent à supprimer la résistance de démarrage sont commandés par des électro-aimants, comme dans le système précédent.

Les moteurs et le mécanisme de commande de l'ascenseur peuvent être placés directement au-dessus de la cage, le câble de traction s'enroulant directement sur un tambour.

Il est préférable, pour les grandes vitesses, d'employer la commande par vis double et engrenage. On peut aussi placer le mécanisme dans le sous-sol; le câble passe alors sur des poulies de renvoi à la partie supérieure.

Pour les résidences privées, on emploie le système de commande à boutons de contrôle, qui comprend une série de boutons pour chaque étage, placés dans la cabine, ainsi que des boutons placés à chacun des étages, permettant de faire venir la cabine à l'étage où on en a besoin.

Le système à double vis ne s'emploie qu'avec les commandes électriques.

Le contrôleur peut être fixé sur le moteur directement; il porte une petite poulie à gorge sur laquelle peut s'enrouler une corde, lorsque l'on fait la commande mécaniquement.

Ascenseurs à doubles moteurs. — Ce dispositif permet la suppression du tambour. Une poulie, placée à l'extrémité de chaque armature, commande un câble sans fin qui est aussi réuni à la cabine et au contrepoids. Les moteurs tournent en sens inverse et, suivant que l'un ou l'autre s'accélère, la cabine monte ou descend.

Ce type est spécialement recommandable pour les très hautes maisons où il est nécessaire d'avoir une grande vitesse de déplacement. La vitesse de déplacement de la cabine étant proportionnelle à la différence de vitesse des moteurs, celle-ci sera stationnaire lorsque les vitesses seront égales.

Un régulateur centrifuge, placé en haut de la cage et réuni par des câbles à la cabine, agit en cas d'emballement au moyen d'un embrayage et d'une corde sur de puissantes mâchoires placées sous la cabine qui viennent frotter contre les guidages.

Monte-charges électriques Burdett-Rowntree.

Nous faisons cette description pour donner une idée d'un type de monte-charge, ou « serviteur muet » comme on l'appelle, très répandu en Amérique.

La maison *Burdett-Rowntree* expose un type remarquable de ces monte-charges.

La seule manœuvre à faire pour la commande est de pousser le bouton de l'étage voulu; la benne s'élance avec une grande vitesse pour s'arrêter ensuite progressivement et sans secousse à l'étage.

Il n'est pas nécessaire de laisser le doigt sur le bouton, car aussitôt que la cabine quitte le sol, la connexion est rompue entre le mécanisme et le bouton de commande, pour n'être rétablie qu'au point d'arrêt. Si la benne est en marche, ou si une porte est ouverte, la pression exercée sur le bouton ne produit aucun effet, de sorte qu'il ne peut arriver d'accident lorsqu'on charge ou décharge la benne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il est à remarquer qu'il est préférable de faire fonctionner ces monte-charges à grande vitesse, car l'économie d'argent réalisée par suite de l'augmentation de la vitesse-déplacement de 50 % est considérable.

Le système Burdett-Rowntree permet d'amortir doucement la vitesse, avant que la caisse n'arrive à n'importe quel étage, et à l'arrêter d'une façon douce et précise.

Le contrôleur automatique peut être établi pour toute charge entre 20 kg et 500 kg avec les vitesses de 15 m à 150 m par minute pour leurs types usuels, ou jusqu'à 300 mètres pour leur système extrarapide.

Nous donnerons la description de l'installation d'une grande maison de commerce.

L'employé qui est chargé du service des monte-charges se tient près d'un tableau de commande, portant une rangée de boutons correspondant à chaque monte-charge et aux différents étages.

Une pression sur l'un de ces boutons envoie la benne à l'étage correspondant, où elle s'arrête automatiquement.

Chaque monte-charge a aussi une rangée de boutons qui actionnent une sonnerie aux différents étages. En outre chaque monte-charge a deux annonciateurs, l'un recevant le signal d'un bouton à chaque étage, l'autre commandé par une rangée de boutons dans la benne, et une lampe automatique de signal au-dessus de l'annonciateur. Supposons que quelqu'un au 5^{me} étage ait un paquet à envoyer au 8^{me} : il pousse le bouton du 5^{me} étage, ce qui avertit immédiatement l'employé que l'on a besoin de la benne au 5^{me} étage. Si le monte-charge n'est pas en service, l'employé appuie sur le bouton du 5^{me} étage et la benne part immédiatement pour l'étage. Au moment où elle part, la lampe de signal au-dessus de l'annonciateur s'éteint ; lorsque la caisse approche du 5^{me} étage, elle se ralentit automatiquement et s'arrête doucement et facilement.

Aussitôt la lampe de signal, sur le tableau de l'employé, s'allume de nouveau, et lorsque la porte est ouverte au 5^{me} étage par celui qui attend la lampe s'éteint ; si ce dernier n'ouvre pas la porte immédiatement ou s'il ne fait pas attention ou est occupé ailleurs, l'employé le saura aussitôt parce que la lampe ne s'éteint pas immédiatement après s'être allumée. L'employé fait alors fonctionner la sonnerie du monte-charge au 5^{me} étage jusqu'à ce que la lampe s'éteigne, ce qui indique que la porte a été ouverte.

L'employé du 5^{me} étage charge alors la benne avec ce qu'il désire envoyer au 8^{me} étage, avant de fermer la porte et après avoir chargé la benne, il pousse le 8^{me} bouton placé dans la benne, signalant par là à l'opérateur que le chargement doit aller au 8^{me} étage. Il ferme ensuite la porte, ce qui allume de nouveau la lampe-signal sur le tableau de l'opérateur. Aussitôt que la lampe s'allume, l'opérateur sait que tout est en ordre, et il presse le bouton du 8^{me} étage, ce qui envoie la benne à cet étage.

L'opérateur ne doit pas faire partir la benne avant que la lampe s'allume, mais s'il est sans soin et qu'il essaie de faire partir la benne, il ne pourra y parvenir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Aussitôt que la benne s'est arrêtée au 8me étage, ce que l'opérateur apprend par la lampe au-dessus de son tableau qui s'allume de nouveau, il sonne au 8me étage jusqu'à ce que la porte de cet étage soit ouverte.

De cette façon, l'opérateur a un contrôle absolu en tout temps sur le monte-charge.

Il sait lorsqu'un retard quelconque est apporté par un employé, ou bien lorsqu'on perd trop de temps pour faire le chargement. Il peut alors user de sa propre autorité pour choisir l'étage auquel il veut envoyer la benne en premier, et combien de charges elle peut prendre en un seul voyage.

Une installation de cette sorte est un moyen de transport, pour les petits paquets, d'un étage à un autre, à peu près aussi parfait que l'on puisse le désirer.

Dans certaines installations, les dispositions sont un peu différentes, la benne est commandée d'un étage quelconque, et peut être amenée à tout étage ou envoyée à un étage quelconque, en appuyant simplement sur un bouton d'un étage quelconque. Dans ce cas, la benne ne sera pas mise en mouvement par un bouton si la porte est ouverte ou si le monte-charge fonctionne.

A chaque étage, il y a une boîte contenant autant de boutons qu'il y a d'étages où la benne peut s'arrêter. Une simple pression sur un bouton amènera la benne à l'étage correspondant au numéro du bouton pressé.

Ce type d'installation convient particulièrement lorsque les monte-charges ne sont pas employés continuellement. Nous ne pouvons pas décrire toutes les formes variées de commande, nous dirons cependant que quelques monte-charges sont contrôlés d'un seul étage, ou bien contrôlés complètement d'un étage et partiellement des autres étages. Par exemple, la benne peut être envoyée d'un étage quelconque au principal étage, mais ne peut être envoyée à un autre étage, sauf par l'opérateur de l'étage principal qui a plein contrôle en tout temps sur la benne.

Quelques-uns ont des dispositifs de déchargement automatiques ; lorsque l'opérateur presse un bouton, le contenu est immédiatement déchargé à l'étage où la benne a été envoyée, les portes ouvertes automatiquement se ferment de nouveau lorsque la benne est prête à être envoyée à un autre étage.

Treuils et Grues de la General Electric Co.

Treuil de 3 000 kg pouvant résister à un effort de 10 000 kg sur la chaîne. — Parmi les appareils de seconde catégorie, c'est-à-dire de création spéciale, il convient de citer le treuil construit pour les Ardoisières de la Renaissance à Angers.

Il est destiné à arracher, sur une paroi verticale, des blocs d'ardoise du poids de 3 tonnes et de retenir ces blocs, tombant d'une hauteur d'un mètre, sans qu'il en résulte, sur la chaîne, un effort supérieur à 10 000 kg.

Ces conditions de fonctionnement ont nécessité la création d'un appareillage absolument spécial, tant dans son ensemble que dans ses détails.

En premier lieu, afin d'amortir les chocs dus à la chute d'un bloc de ce poids,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sans qu'il en résulte un effort supérieur à celui de 10 000 kg que comporte la résistance de la chaîne, on a pourvu le crochet de levage d'un ressort à boudin.

Le treuil comporte un limiteur de force réglé de façon telle que lorsqu'un effort supérieur à 10 000 kg est demandé sur la chaîne, le train d'engrenages se trouve automatiquement bloqué par le mécanisme de freins. Le tambour du treuil effectue alors un mouvement vide, c'est-à-dire n'exerce pas sur la chaîne une traction supérieure à celle prévue.

L'équipement électrique du treuil comprend un moteur de 25 chx tournant à 300 t : m ; il permet de lever la charge utile de 3000 kg à une hauteur de 10 m, avec une vitesse de 15 m par minute, tandis que l'allure du dévirage peut varier de 25 à 30 m par minute.

Pour obtenir une réversibilité et une modération à volonté, le moteur est commandé par un contrôleur rhéostatique. Ce dernier, ainsi que les résistances, sont disposés sur le bâti même du treuil où ils forment une masse homogène. Par ce dispositif, la manœuvre est extrêmement facile ; il en est de même de la visite et de l'entretien des divers organes mécaniques et électriques.

Treuil électrique transportable. — Ce treuil est de dimensions aussi réduites que possible, et présente à la fois deux qualités indispensables : la légèreté et la simplicité.

Les appareils moteurs se trouvent enfermés dans une grande enveloppe qui les met à l'abri de l'eau et de la poussière ; on y a ménagé un trou à main qui permet le réglage des balais.

La puissance du moteur est de 3 chx, ce qui permet de soulever 300 kg à la vitesse de 0,60 m : s.

Son rhéostat de démarrage est constitué par des fils de maillechort enroulés sur des tôles isolées à l'amiante, de façon qu'il puisse chauffer sans aucun danger.

Le moteur tourne à 1200 tours par minute, et son mouvement est transmis, par un système de deux engrenages, au tambour sur lequel vient s'enrouler le câble qui soulève la charge. L'engrenage à grande vitesse baigne entièrement dans l'huile.

Les manœuvres nécessaires pour la mise en marche de l'appareil sont des plus simples. On a évité, par les dispositions mêmes des commandes, tout danger résultant d'une fausse manœuvre ou d'un court-circuit.

Le grand levier suffit à lui seul pour la commande du treuil. Lorsqu'il est entièrement abaissé, le courant est coupé sur le moteur, et un frein, agissant sur le tambour, empêche tout déplacement vertical de la charge.

Lorsqu'on le soulève, le frein est débloqué, et simultanément le curseur du rhéostat de démarrage se déplace proportionellement à la marche du levier, puisqu'il est commandé par une manivelle reliée avec ce dernier. Le moteur se met en route et atteint sa vitesse maxima quand le levier a été entièrement soulevé.

Quand la charge est arrivée à la hauteur voulue, on abaisse le levier jusqu'au bout. A ce moment, le courant est coupé et le frein agit.

Ce frein est constitué par une bande métallique, munie de sabots en bois, qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vient se serrer automatiquement contre une poulie fixée sur le tambour, chaque fois que le levier est au repos.

On obtient le changement de marche du moteur en agissant sur un petit levier qui, placé à la partie supérieure du levier de manœuvre, commande un inverseur.

Dès que le moteur a été mis en route par le déplacement du grand levier, il devient impossible de faire manœuvrer l'inverseur dont la manivelle est bloquée automatiquement à cet instant. Le sens du courant ne peut donc être changé que lorsque tout courant a été coupé sur le moteur.

Grues électriques de Hambourg. — L'*Union Elektricitats-Gesellschaft*, qui exploite en Allemagne les brevets de la *General Electric C°*, a procédé à l'installation de trente-quatre grues électriques sur les quais de Hambourg. Un modèle de ces grues figurait à l'Exposition de Saint-Louis.

Le courant continu à 500 volts a été également adopté.

Les moteurs sont de 35 chevaux; ils tournent à la vitesse de 275 tours par minute, et peuvent soulever normalement 2500 kg. Ils sont prévus, ainsi que les treuils, pour la charge maxima de 3 250 kg. L'engrenage est à simple réduction.

Un autre moteur de 5 chx, tournant à 400 t:m, sert à faire pivoter l'ensemble de la grue; il actionne une vis sans fin qui transmet son mouvement à une roue hélicoïdale en bronze, et celle-ci agit à son tour sur une couronne dentée, fixée à l'axe vertical de la grue.

Les poids total de la grue est soutenu, d'une part, par quatre petites roues, et, d'autre part, par l'axe vertical qui, solidement maintenu par un collier, pivote dans une crapaudine.

Toute manœuvre est obtenue, d'une façon très simple, par un contrôleur du type double universel Essberger-Geyer, qui permet de faire fonctionner la grue en tous sens par le déplacement d'une seule manette.

En soulevant cette manette, le moteur se met en marche et la vitesse augmente au fur et à mesure du déplacement de la manette. En abaissant la même manette, le moteur tourne en sens inverse et la vitesse suit les mêmes variations. En tournant la manette à droite ou à gauche dans un plan horizontal, on commande le petit moteur qui fait pivoter la grue dans un sens correspondant au déplacement de la manette. En combinant les deux manœuvres de la manette, on peut faire simultanément les deux mouvements; ascension ou descente du crochet, et rotation de la grue.

Les moteurs sont enroulés en série. Ils sont entièrement enveloppés dans des boîtes hermétiquement closes, qui ne laissent pénétrer ni l'eau, ni la poussière.

Les consommations de courant pour une manœuvre totale avec rotation de la grue de 140° sont les suivantes:

1°	2 500 kg.....	210 wh
2°	1 500 kg.....	150 wh
3°	500 kg.....	130 wh

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Solénoïdes et Électro-aimants porteurs.

L'*Electric Controler Supply C°* expose différents types d'électro-aimants et de solénoïdes destinés à la manutention des fardeaux et au déplacement des appareils de manœuvre.

Électro-aimants porteurs. — Les divers types d'électro-aimants doivent avoir une forme en rapport avec celle des objets à soulever. Des conducteurs souples amènent le courant, et une interrupteur permet de laisser retomber la charge ; il est bon de ne placer aucun fusible sur la canalisation correspondante.

Ces électros peuvent soulever jusqu'à 25 gueuses de fonte. Ils ont une forme cylindrique et contiennent à l'intérieur une bobine circulaire ; toute autour de la carcasse sont fixés des noyaux qui peuvent glisser à frottement doux, de telle sorte qu'en abaissant l'électro-aimant sur le tas de gueuses, ces noyaux s'enfonceront plus ou moins, de façon à épouser les irrégularités de la surface.

Les électro-aimants, pour la manutention de tôles ou de plaques de blindage, sont formés de plaques carrées ou rectangulaires, portant une rainure pour recevoir la bobine. Certains de ces appareils sont disposés pour lever des poids atteignant 7 tonnes, quoique les constructeurs ne les garantissent que pour 4 tonnes. Ils ont une surface de 45×30 cm² à la base et une hauteur de 30 cm. Il est possible d'enlever un certain nombre de tôles à la fois et de les laisser tomber séparément en manœuvrant rapidement l'interrupteur.

Solénoïdes à longue course. — Ces appareils sont très employés pour la commande des freins, des treuils de levage, des embrayages et des signaux de chemin de fer.

Les solénoïdes à plongeur sont généralement cuirassés, c'est-à-dire que la bobine se trouve enfermée dans une boîte de fonte traversée à frottement doux par le noyau de l'électro.

Le noyau des solénoïdes-suçeurs de grande puissance est doué d'une certaine inertie, de sorte que, sous l'action de la force attractive qui augmente à mesure de sa pénétration, il dépasse généralement la position d'équilibre pour venir frapper l'arrêt ; il est bon de l'amortir par un dash-pot à air, mais ce dispositif a un fonctionnement délicat.

La Compagnie construit un amortisseur magnétique, c'est-à dire que le mouvement du plongeur est amorti par le champ magnétique créé.

Ces électro-aimants sont généralement maintenus par une suspension à la cardan, de telle sorte que le noyau n'a pas tendance à être tiré de côté, ou à frotter contre les parois du manchon de la bobine.

Pour les faibles efforts, on emploie des électro-aimants en fer à cheval, pouvant porter 80 kg avec un entrefer de 5 cm lorsqu'ils sont montés en série sur un moteur de 50 chx.

Le second type est à plongeur et cuirassé ; il est enroulé pour fonctionner sous 220 volts et peut soulever 90 kg. L'ouverture dans laquelle se déplace le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

noyau est formée par un couvercle de bronze formant dash-pot à air. Le troisième type est aussi cuirassé, bobiné pour 250 volts et peut porter 545 kg avec une course de 76 mm, et 1600 kg avec une course de 25 mm.

Embrayages magnétiques de l'Electric Controler C°.

Les embrayages magnétiques de l'*Electric Controler* C° sont avantageusement employés pour la transmission d'ateliers, car ils peuvent transmettre de fortes puissances sans glissement appréciable. Ils ne nécessitent pas l'emploi de leviers et de fourchettes et peuvent être commandés de plusieurs points, ce qui permet d'arrêter facilement la commande en cas d'accident.

On peut, dans certains cas, obtenir un embrayage progressif en excitant graduellement l'électro-aimant et laisser la transmission prendre peu à peu sa vitesse de régime en admettant au début un certain glissement.

On peut avec ces embrayages, transmettre des puissances de 40 chx, la consommation ne dépassant pas 0,5 ampère sous 110 volts.

L'embrayage magnétique est formé d'un certain nombre de disques de tôles clavetés alternativement sur les éléments conducteurs et conduits.

Un électro-aimant attire ces disques et les presse les uns contre les autres produisant ainsi l'embrayage.

Les plaques de tôles sont graissées par un bain d'huile qui répartit la chaleur et la transmet à la partie extérieure de la boite munie de rainures pour augmenter le rayonnement.

Embrayages reversibles. — On a besoin, dans certains cas, de renverser le sens de rotation d'un arbre, par exemple pour la commande des machines-outils.

Nous décrirons un dispositif magnétique remplissant ce but adapté à une raboteuse de 90 × 90 cm à commande électrique.

L'embrayage reversible est formé de deux électro-aimants annulaires montés fous sur l'arbre de commande de la raboteuse, recevant du moteur un mouvement de rotation en sens inverse, et à des vitesses différentes, correspondant à la course utile et au retour rapide. La partie conductrice de l'embrayage comprend un double disque claveté sur l'arbre de commande, mais pouvant se déplacer légèrement de façon à venir en contact avec l'un ou l'autre des électros. Ces disques portent des anneaux qui viennent s'engager dans les parties correspondantes des électros.

Un simple commutateur actionné à fin de course par le chariot au moyen de taquets, permet d'exciter alternativement chacun de ces électros, tandis que d'autres commutateurs à main, placés sur le bâti de la machine, permettent l'arrêt immédiat du mouvement et la mise en marche.

Machines-outils commandées par moteurs électriques.

On construit de plus en plus des machines-outils pouvant être commandées par moteurs électriques. On réclame pour le travail à grande vitesse de l'acier, qu'un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tour soit capable de donner un copeau de 12,7 mm /3 mm à une vitesse de 9 m par minute et qu'une raboteuse fasse des passes de 0,6/1,5 mm à une vitesse de 1,50 m par minute dans l'acier doux : ceci conduit à l'emploi de moteurs particuliers.

Pour régler la vitesse d'un moteur à courant continu, servant pour la commande des machines-outils, on peut agir sur le champ inducteur, sur le nombre de conducteurs de l'armature ou sur le voltage d'alimentation. La régulation par le champ permet d'avoir un écart de vitesse de 3 à 1, et elle s'obtient généralement en intercalant des résistances en série avec l'inducteur. Mais on a besoin d'un moteur plus puissant, puisque le couple diminue lorsque le champ s'affaiblit. En changeant le nombre des conducteurs, l'écart de vitesse obtenu est de 50 %, mais cela nécessite un gros moteur et deux collecteurs. Enfin on peut diminuer la f. é. m. en mettant des résistances variables en série avec l'induit; dans ce cas, on perd une grande quantité d'énergie et la vitesse de la machine varie avec la charge. Une méthode préférable consiste à placer le moteur sur divers voltages.

De toute façon, le moteur doit être capable de développer le couple voulu à la vitesse maxima, si l'on fait la régulation par la f. é. m., et à la vitesse maxima si l'on règle par le champ. En combinant ces deux systèmes, on aura un moteur dont le couple sera pratiquement constant, la vitesse peu variable avec la charge ne donnant pas de pertes par effet Joule, sauf dans des résistances extérieures.

On peut employer pour l'alimentation des distributions à trois ou quatre fils, les voltages pouvant ne pas être égaux pour tous les ponts. Pour le système à quatre fils, on peut avoir, au moyen d'un compensateur, 60, 80, 110 volts entre chaque pont, la tension du réseau étant de 250. On pourra alors obtenir les tensions suivantes : 60 80, 110, 140, 190, 250.

Système à multiple voltage Bullock. — Pour la commande des machines-outils, on peut employer une distribution à trois ou quatre voltages, afin d'obtenir une vitesse variable avec la charge et proportionnelle à la tension. Les inducteurs sont toujours montés sur circuit à 250 volts, tension que l'on adopte généralement dans les ateliers. L'inducteur fonctionne sous 90, 160 et 250 volts pour les distributions à trois fils et 60, 110, 140 et 250 volts pour les distributions à quatre fils.

Le contrôleur permet d'avoir 12 vitesses avant et 9 arrière avec un écart de 20 % dans le premier cas, et 26 vitesses avant et 6 arrière pour le second, ces vitesses différant de 7 %.

Une résistance intérieure est intercalée en série avec l'induit au démarrage et aux changements de vitesse, afin de permettre un changement progressif, et elle est supprimée automatiquement par un disjoncteur aussitôt que le courant a repris sa valeur normale.

Le voltage entre les ponts est maintenu par des compensatrices.

Système à multiple voltage Crocker Wheeler. — Ce système comporte aussi une distribution par trois ou quatre fils et des compensatrices. La régulation de la vitesse diffère légèrement. En effet, le contrôleur donne les vitesses fondamentales correspondant aux diverses tensions des ponts. La rotation du tambour étant accélérée par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'action d'un ressort, ce qui empêchera la formation d'arcs, ou la possibilité de l'arrêt du tambour entre deux contacts. L'écart de vitesse est de 6 à 1.

Une régulation par le champ donne les diverses vitesses intermédiaires.

Moteurs à vitesse variable Crocker Wheeler. — Ces moteurs sont employés pour les petites installations où l'on ne peut utiliser une distribution à voltage multiple; la variation de vitesse s'obtient par une régulation du champ inducteur.

Ces moteurs fonctionnent sous un seul voltage de 115 ou 230 volts, ils sont disposés en deux classes; la première comprend des moteurs donnant une puissance constante et une variation de vitesse de 2 à 1, et la seconde une variation de 3 à 1.

Moteurs à vitesse variable de la Jas Clark, Jr & C°, de Louisville. — Ces moteurs ont deux enroulements et deux collecteurs qui sont montés en série pour les plus basses vitesses. Les vitesses intermédiaires sont obtenues par une régulation du champ.

Les contrôleurs sont établis pour donner aux vitesses une progression géométrique.

La puissance du moteur est environ double quand il tourne à grande vitesse.

Machines-outils de l'Exposition.

Entre autres, la *Northern Electrical* Mfg. *C°*, de Madison, a fait une étude sérieuse de l'application des moteurs électriques à une transmission d'atelier et à la commande des machines-outils.

Elle est parvenue à réaliser une variation de vitesse avec les moteurs shunt, ayant un écart de vitesse de 2 à 1 et même de 5 à 1.

La Maison *Lodge and Shipley* a réalisé un contrôleur spécial, permettant à l'ouvrier d'obtenir les différentes vitesses sans être dérangé dans son travail. Ce dispositif est adapté à un tour et un levier placé près du banc commande le contrôleur au moyen d'engrenages d'angle.

Les moteurs électriques sont très appropriés à la commande des meules et des tours à polir, car il faut, pour ce genre de travail, une grande vitesse de rotation. C'est ce qui a permis la généralisation de l'emploi de la meule d'émeri. La *Northern Electrical* Mfg. *C°* expose une série de meules d'émeri et de tours à polir qui est très complète. Le moteur et les paliers très robustes sont protégés de la poussière d'émeri qui pourrait s'y introduire.

Le mécanisme de démarrage et de contrôle se trouve dans le socle; le rhéostat de champ servant à ce contrôle de la vitesse se trouve sur le côté, de façon que l'ouvrier peut obtenir des variations de vitesse de 25 %.

Ces machines sont livrées complètes aux clients, sauf les meules.

Cette Compagnie expose aussi un grand nombre de machines-outils à commande électrique.

L'emploi de l'électricité est évident pour la commande des machines à bois, parce que le travail est généralement intermittent et de durée comparativement courte.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une transmission par arbre donnerait une perte continuelle par frottement, et amènerait par suite de la grande vitesse une rapide détérioration. Ces machines exigent une grande puissance au démarrage, de sorte que les moteurs doivent être construits pour pouvoir supporter une grande surcharge momentanée, sans être endommagés.

Une application de la commande électrique à une scie à ruban est exposée par la *Thriumph Electric C°*, dans la Section 8 du Palais de l'Électricité. La scie à ruban de la Maison *Fay & Egan* doit marcher à une seule vitesse.

On peut aussi voir une valve *Chapman* pour distribution d'eau commandée par un moteur de la *General Electric C°*. Le moteur commande la crémaillère au moyen d'un train d'engrenage ; le tout forme un ensemble compact et peu encombrant. Les valves commandées électriquement sont employées dans les stations génératrices à vapeur, pour les tuyaux d'échappement de vapeur ou des condenseurs, lorsqu'il est nécessaire d'ouvrir ou de fermer simultanément un certain nombre de valves au démarrage ou à l'arrêt des machines, ou à supprimer l'admission de vapeur en cas d'accident à la machine ou à isoler des chaudières ou des sections de canalisation, lorsque l'on ne peut atteindre ces valves, ou que leur commande doit se faire à distance. Elles sont employées dans les usines hydrauliques pour la commande de grilles ou des vannes de réglage des turbines, ou dans les égouts où l'on doit les manœuvrer souvent, ou enfin pour la commande de l'alimentation d'eau du service d'incendie.

Ces moteurs peuvent être alimentés soit par du courant continu, soit par du courant alternatif, et l'interrupteur de commande peut être placé en un point quelconque.

La valve Chapman exposée est manœuvrée par un moteur de 2 chx à 110 volts.

La *Commercial Electric C°* a adopté un moteur à vitesse variable. Un tour de la *American Tool Works C°* de 50 cm sur 2,44 m est commandé par un moteur de 2 chx de ce type, dont la variation de vitesse est obtenue par la variation du champ inducteur.

Deux machines à percer de *James Clarke Jr & C°* sont commandées par des moteurs Willey.

Une petite perceuse verticale et une perceuse radiale dans lesquelles la carcasse du moteur constitue la tête fixe, la mèche étant commandée directement par l'induit.

L'inducteur est multipolaire et l'armature a deux collecteurs. On obtient ainsi, en changeant un engrenage seulement, 18 vitesses en progression géométrique pour la mèche de 14 à 200 t:m. On peut monter ces moteurs sur 110 à 220 volts.

La Maison *Roth Bros & C°* expose au Palais de l'Électricité une pompe de compression et un réservoir d'air comprimé. Le moteur de 1/8 ch à 110 v continu est mis en marche ou arrêté automatiquement par le manomètre.

La *Niles Bement Pont C°* expose de grosses machines-outils commandées par des moteurs Bullock : une grosse machine à poinçonner, à aléser et à fraiser ; la mèche a 24 cm de diamètre, l'ouverture est de 1,80 m et la vitesse peut varier de 1 à 50 t:m. Un excentrique permet la commande des poinçons ou des lames de cisaille.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le principal moteur de commande est de 30 chx et a une vitesse variant entre 200 et 800 t:m, le moteur produisant le déplacement des plateaux est de 6 chx, et a une vitesse constante.

Le courant nécessaire au fonctionnement de ces machines est fourni par le groupe *Allis-Chalmers-Bullock* de 5 000 chx. Un grand nombre de moteurs Westinghouse sont appliqués à la commande de treuils, pompes ou machines à outils, dans le palais des Machines et dans celui de l'Électricité.

Une machine à percer verticale de 1 m, de *Niles Tool Works*, est commandée par courroie par un moteur *Westinghouse* de 3 1/4 chx du type 5, pour distribution à 3 fils à 220-110 volts, avec une vitesse variant entre 325 à 1300 t:m, soit un rapport de 4.

Un contrôleur à tambour donne 15 vitesses avant et 6 arrière. Les résistances sont peu encombrantes. On voit que cette machine très compacte a l'avantage de n'avoir aucune réduction de vitesse par des engrenages encombrants ou des poulies à gradins.

Un tour de la *Pond Machine Tool C°*, de 90 cm sur 5,20 m, est commandé par un moteur de 5 chx qui opère sur la base du tour et commande la poupée par une chaîne Galle qui présente l'avantage de la transmission par courroie sans exiger de tension ou de distance fixe entre les deux arbres. Un contrôleur à tambour est commandé par un arbre très long placé le long du banc et donne 12 vitesses avant et 8 arrière.

Une scie à refendre à ruban de *Fay & Egan* est commandée par un moteur à courant continu de la Westinghouse de 7 chx à 220 v ; la vitesse du moteur à pleine charge est de 660 t:m. Le moteur est placé sur le sol et il est directement accouplé à la poulie porteuse de la scie ; l'avancement automatique de la pièce de bois est obtenu au moyen d'une courroie et d'engrenages réducteurs.

Un démarreur est placé sur le côté de la scie et il porte un disjoncteur à maxima et à minima pour protéger le moteur, en cas de défaut d'alimentation ou de surcharge.

Un treuil *Lidgeword* est commandé par un moteur-série continu de la Westinghouse enfermé comme un moteur de tramway ; il fonctionne sous 220 v à une puissance de 25 chx. Les résistances sont des types à éléments ventilés, consistant en des bandes de métal enroulées avec du mica ; elles sont peu encombrantes, mais un peu lourdes.

Une scie à métaux de la *Newton Machine Tool Works* est commandée par un moteur d'induction de 5 chx à 220 volts, à la vitesse constante de 700 t:m ; le moteur est placé sur le bâti et commande l'arbre de la scie. La vitesse de la scie peut être constante dans ce cas, car l'avancement automatique de la pièce se fait à vitesse variable.

La machine à mortaiser de *Newton* a 30,5 cm de course et est commandée par un moteur à vitesse variable de 3 chx à 220 volts, à vitesse variant entre 580 et 1160 t:m.

La réglage de la vitesse se fait à la fois, en agissant sur le champ inducteur et en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

employant une réduction de vitesse, par poulies en gradin. Le contrôleur permet d'obtenir 8 vitesses avant et 4 arrière.

Dans le *Stand Westinghouse* au Palais de l'Électricité, se trouvait un grand nombre de machines en marche, parmi lesquelles une meule commandée par un moteur de 3 1/2 chx à 220 v, à vitesse variable, ayant une vitesse variant entre 750 et 1 875 t:m. Une machine automatique à affûter les scies de la fabrique de *Newton*, commandée par courroie par un petit moteur Westinghouse de 2 chx à 220 volts à courant tournant à 1 200 t:m.

Une machine à affûter *Gould & Eberhardt* de 85 cm commandée par chaîne Galle par un moteur à vitesse variable *Westinghouse*.

Un moteur à vitesse variable de la *Commercial C°* accouplé à une machine à percer *Barret*.

Le moteur a une puissance de 7 1/2 chx et fonctionne à 220 v, la vitesse variant de 350 à 1 300 t:m. Cette variation de vitesse est obtenue par régulation du champ et armature à deux collecteurs.

Les meules sont les premières machines dans lesquelles le moteur fait corps avec l'outil. Un spécimen recommandable est le banc à polir transportable de *James Clark Jr. & C°*, qui porte deux meules d'émeri de 22 cm et pèse 50 kg. L'arbre qui porte les meules a 44,5 cm de long; le moteur est complètement fermé et les paliers sont montés sur la carcasse. La largeur de l'outil est de 30,5 cm et sa hauteur 40,7 cm.

La *Sterling Electric Moteur C°* expose divers types de petits moteurs de 1/16 à 1 ch pour divers usages; l'un d'eux commande une pompe Lucas.

La *Wagner Electric C°* utilise des moteurs monophasés, pouvant servir partout où de fréquents arrêts ou de trop brusques variations de vitesses ne sont pas demandés; il n'y a pas besoin de démarreur, un seul interrupteur suffit. Un pétrin pour grande boulangerie est exposé, et reçoit la commande d'un de ces moteurs.

Une seconde section de l'Exposition comporte un choix de machines-outils fort intéressantes, d'ordinaire commandées par moteurs à vitesse variable, sans l'intermédiaire de transmission à courroie, et exposées par la *Western Electric C°*.

Le réglage est obtenu par un contrôleur rhéostatique, disposé, de plus, de manière à faire fonctionner les machines sur un des ponts seulement ou entre les fils extrêmes d'une distribution à 3 fils, c'est-à-dire sous 110 à 125 v ou sous 220 à 250 v. Les constructeurs peuvent réaliser une variation totale de vitesse atteignant les proportions de 1 à 4 ou de 1 à 6.

Le contrôleur comporte un inverseur de marche qui permet d'obtenir un même nombre de vitesses dans le sens inverse ou dans le sens direct.

Les machines-outils, tours, étaux-limeurs, etc., constituent, avec leurs moteur et contrôleur, un ensemble très compact.

Le contrôleur est commandé par un levier, dont la position est très bien choisie, et, comme l'ouvrier pourrait, par négligence, laisser le contrôleur sur une position

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

intermédiaire à deux positions de marche, et qu'il pourrait en résulter des inconvénients sérieux, une lampe-témoin, bien en vue, l'indique à l'ouvrier.

Sur quelques-uns des appareils, le contrôleur donne jusqu'à 15 vitesses.

Les machines principales sont les suivantes :

1°. — **Étau-limeur de la « Cincinnati Shaper Company »**. — Étau de 60 cm de déplacement à réduction de vitesse, par engrenage-moteur de 2 chx à vitesse variable de 300 à 1 200 t:m sur 3 fils système à 2 x 110 v.

La transmission se fait par chaîne silencieuse (du genre Morse). Un embrayage facilite l'arrêt ou la mise en marche.

2° — **Étau-limeur de la Gould & Eberhardt, Newark N. J.**, de 60 à 66 cm mû par moteur de 3 chx à vitesse variable de 400 à 600 t:m. Ici le moteur est alimenté en permanence sous 220 v. La vitesse varie par insertion de résistances dans le circuit inducteur.

La transmission se fait par chaîne silencieuse ; un excellent embrayage est également employé.

La commande électrique est faite par un appareil Ward Leonard, constituant à la fois un démarreur et un rhéostat d'excitation.

3°. — **Tour de la Lodge Shipley Machine Tool Company**. — Diamètre du plateau : 60 cm. Moteur de 7 1/2 chx reversible, à excitation shunt et à vitesse variable de 290 à 1260 t:m, fonctionnant sur le réseau à 3 fils 2 × 110.

La transmission se fait par engrenages. Le contrôleur est, comme celui de la première machine, un contrôleur à tambour, type Western Electric, commandé par chaîne à partir d'un levier à la portée du mécanicien.

4°. — **Fraiseuse de la Cincinnati Milling Machine C°**. — Mue par un moteur de 5 chx à excitation shunt et à vitesse variable de 620 à 1550 t:m. Ce moteur est alimenté sous 220 v et la variation de vitesse est obtenue par réglage de l'excitation.

La transmission est faite par chaîne silencieuse, et la machine est munie d'un embrayage toujours employé pour le démarrage ou l'arrêt.

5°. — **Perceuse verticale de la Cincinnati Machine Tool Company**. — A une course de 81 cm.

Est mue par un moteur de 2 chx à excitation shunt et à vitesse normale de 1000 t:m, en permanence sous 220 v.

Le moteur attaque directement le porte-outils, il est commandé par un panneau spécial comportant un démarreur, un interrupteur et un fusible. Ici la variation de vitesse est obtenue au moyen de cônes de poulies, et la machine comporte une courroie.

6°. — **Raboteuse de la Cincinnati Planer Company**. — Dimensions : 76 × 76 × 20 cm, mue par une moteur de 7 1/2 chx compound à 220 v, 875 t:m, le moteur est monté à la partie supérieure de la machine, qu'il commande par l'intermédiaire d'engrenages, sans préjudice du système ordinaire de courroie pour l'inversion de marche. Ici le démarrage est commandé par un bouton électrique, et les vitesses sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

constantes, elles sont de 6 à 11,55 m par minute à l'aller et de près de 25 m au retour.

7°. — **Perceuse radiale de la Bickford Drill & Tool C°.** — Mue par un moteur de 40 chx à vitesse constante de 1000 t:m, excitation en dérivation sous 220 v. La boîte à engrenages comporte un changement de vitesse mécanique donnant 4 vitesses.

8°. — **Machine à tailler les engrenages de la Gould & Eberhardt, Newark, New-Jersey.** — Mue par un moteur de 3 1/2 chx tournant à 1000 t:m, excitation en dérivation sous 220 v, transmission par chaîne silencieuse comme la précédente. L'équipement électrique comprend simplement un interrupteur et un démarreur, et les changements de vitesse sont obtenus mécaniquement par engrenages.

Machines-outils à commande électrique de la Jas. Clark and C°.

Perceuse électrique. — Le moteur électrique de commande est fixé horizontalement au sommet de la colonne de support ; aux grandes vitesses, il engrène directement avec la mèche au moyen d'engrenages d'angle ; aux vitesses réduites, on intercale des engrenages réducteurs.

Le contrôleur est placé dans le socle de la machine et permet de donner 9 vitesses au moteur, ce qui fait 18 vitesses en tout pour l'outil, si l'on tient compte de l'engrenage réducteur. Ces vitesses croissent en progression géométrique de 24 à 440.

Un embrayage à friction permet de commander à volonté l'outil, sans arrêt du moteur.

L'avancement de l'outil est obtenu au moyen de poulies-cônes et d'engrenages réducteurs, suivant 3 vitesses et un arrêt automatique de protection.

Dimensions de la perceuse.

Diamètre du plateau	57 cm
Course de la mèche	25 cm
Distance maxima de la mèche au socle	106 cm
— — — au plateau	71 cm
— minima — au socle	0 cm
— — — au plateau	87 cm
Plus petit diamètre de la mèche	27 mm
Poids de la machine	680 kg
Puissance maxima du moteur enroulé pour 110 ou 120 volts	1,1/2 ch

Perceuse de précision commandée par moteur à courant continu à 110 ou 220 volts. — Cette machine peut percer des trous de 9,5 mm et s'emploie pour les travaux de précision.

Le moteur est monté directement sur le support de la mèche, et est pourvu d'un arbre creux à travers lequel glisse la mèche qui est entraînée par clavette.

Il y a 3 vitesses allant de 700 à 1300 t:m, que l'on peut obtenir en déplaçant seulement la manette de démarrage, placée sur le côté du moteur.

Ce moteur, tournant à très faible vitesse, est très résistant et ne nécessite pas

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de résistance de démarrage. L'outil a seulement trois paliers, dont un palier de butée à bille ; un ressort amortit les chocs. Le poids du plateau est équilibré par un contrepoids placé dans la colonne.

Dimensions.

Portée	15 cm
Plus grande distance de la mèche au plateau	96 cm
Course verticale de la mèche	76 cm
Diamètre du plateau	28,8 cm
Hauteur totale de la perceuse	1,85 m
Poids total de la machine	113 kg
Encombrement	35 × 45 cm

Perceuse radiale à commande électrique. — Le bâti de cette perceuse est porté par une colonne au moyen d'un pivot à billes et de galets de roulement ; il peut donc osciller librement ; un levier permet de faire reposer cette colonne extérieure sur le socle. Le long de la colonne peut glisser le bras portant la mèche, le déplacement étant obtenu au moyen d'un petit moteur-série, fixé à la partie supérieure du bâti. La mèche est commandée directement par un moteur à vitesse variable, fonctionnant sous une seule tension de 110 ou 220 volts.

Le contrôleur permet d'obtenir 9 vitesses et, indépendamment des galets de frottement, on obtient alors 18 vitesses en progression géométrique de 14 à 250. Un simple levier permet de renverser le mouvement.

Des engrenages assurent 8 vitesses d'avancement.

Dimensions de la perceuse radiale "Willey".

Portée	1,525 m
Course verticale de la mèche	40 cm
— du bras sur la colonne	1,12 m
Plus petit diamètre de la mèche	54 mm
Distance minima de la colonne au cercle de la mèche	36 cm
— maxima — — —	1,52 m
Déplacement de la mèche sur le bras	1,155 m
Distance maxima de la mèche au socle	1,586 m
— minima — —	0 cm
Hauteur totale de la perceuse	2,54 m
Dimension du socle	2,33 × 1,04 m
Hauteur de la table inclinable	60 cm
Dimensions —	60 × 60 cm
Diamètre du cercle décrit par le bras	4,40 m
Poids total de la machine	3630 kg
Puissance du moteur de commande de la mèche	3 chx
— de levage —	2 chx

Machines à meuler électriques. — Ces machines sont fixées directement à l'extrémité de l'arbre du moteur, celui-ci pouvant se monter sur une distribution d'éclairage, en insérant une douille de prise de courant dans un support de lampe à incandescence. Les moteurs sont du type enfermé.

Les meules pour faire les pointes ont un mouvement de glissement de 38 mm, obtenu par levier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les meules pour axes ou surfaces ont un avancement de 76 à 152 mm, ainsi que les meules à aléser.

Les différents types de moteurs sont donnés dans le tableau suivant :

N° des machines.	Voltage.	Course des meules. mm	Dimensions du moteur. cm	Vitesse. T : M	Poids de la meule. kg	Diamètre des roues d'émeri.
1	110	38	21/16/11	4 000	6,8	12
1	220	—	—	5 000	—	—
1 1/2	110	76	30/18/13	3 500	12,2	15
1 1/2	220	—	—	4 000	—	—
2	110	152	38/18/16	4 000	23,6	—
2	220	—	—	4 500	—	—

Perceuses à main. — La Compagnie construit aussi de petites perceuses à main tournant à grande vitesse.

Dimensions.	N° 1.	N° 2.
Trous percés	9,5 mm	19 mm
Poids de la machine	7 kg	10,2 kg
Puissance maxima du moteur	1/8	1/6

Bancs à meuler. — Les bancs transportables à meuler sont pourvus de deux roues d'émeri de 22 cm ; elles pèsent 50 kg ; la longueur de l'arbre est de 45 cm et sa hauteur 40,5 cm.

Raboteuses et laminoirs de l'Electric Controler Supply C°.

L'*Electric Controler Supply C°* expose différents modes de commande à vitesse variable des machine-outils avec retour rapide applicable aux raboteuses et aux laminoirs.

Raboteuses. — Cette raboteuse est commandée par un moteur à vitesse variable, développant une puissance de 6 chx sous 110 volts ou 12 chx sous 220 volts, alimenté par une distribution à 3 fils.

Le moteur est muni d'une excitation-série, destinée à accélérer le démarrage, et d'une excitation en dérivation qui assurera une vitesse de régime uniforme. On peut faire varier la vitesse de l'outil depuis 4,50 m jusqu'à 26 m, en changeant la tension d'alimentation, et en réglant le courant d'excitation.

La course utile pouvant être faite sous 110 volts entièrement, ou successivement sous 110 et 220 volts.

Le retour rapide se fait toujours sous 220 volts. Le renversement de marche étant obtenu automatiquement, au moyen de taquets portés par le chariot qui actionnent à fin de course un inverseur interrupteur.

Cet inverseur change le sens de passage de courant dans l'induit et met le moteur sous 110 volts.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La position des taquets règle la course du chariot. Un simple commutateur permet de commander à la main le déplacement de l'outil et l'arrêt du mouvement immédiat du chariot.

Un cadran indique la vitesse de déplacement de l'outil.

Le réglage de la vitesse se fait au moyen de deux contrôleurs rhéostatiques qui donnent chacun une variation de vitesse de 9 m, assurant par conséquent une variation de 4,50 m à 12 m sous 110 volts et 12 à 25 m sous 220 volts.

Le passage d'une tension à l'autre se fait au moyen de conjoncteurs-disjoncteurs qui insèrent au moment voulu les résistances de freinage ou de passage nécessaires.

Moteurs électriques pour laminoirs. — Les moteurs de commande de trains de laminoirs et de rouleaux ou tables-transporteurs doivent être inversés rapidement, car il est de toute nécessité de ne pas laisser le métal se refroidir. On a dû adopter un dispositif spécial permettant d'éviter un trop grand appel de courant au moment de l'inversion, afin de ne pas brûler les enroulements.

Le contrôleur « M. T. » se compose de deux parties, dont l'une a pour but d'absorber l'énergie fournie par le moteur, fonctionnant comme génératrice pour le freinage, et l'autre réglant automatiquement le courant pour le démarrage en sens inverse.

La résistance d'absorption est formée d'une série de résistances en fonte qui dissiperont, sous forme de chaleur, l'énergie fournie par l'armature ; elle ont une valeur suffisante pour éviter toute surcharge.

La résistance de démarrage est aussi construite de façon à limiter l'afflux de courant ; elle est graduellement supprimée par des interrupteurs à commande électromagnétique, traversés par le courant principal, qui ne peuvent s'ouvrir que lorsque le courant est descendu au-dessous d'une certaine valeur.

L'ouvrier peut d'ailleurs régler la vitesse du moteur, en laissant un certain nombre de résistances en série, au moyen du contrôleur. On peut donc déplacer brusquement la manette du contrôleur ou renverser le changement de marche, sans avoir à craindre de détérioration du moteur. L'interrupteur est fermé par un électro-aimant et ouvert par un puissant ressort. Le contact principal est formé d'un bloc de cuivre laminé, très résistant et très solide. Un contact auxiliaire en métal antiarc protège le contact principal, et la rupture finale se produit entre les pôles d'un très puissant électro-aimant de soufflage.

Les contacts sont disposés de telle sorte que le circuit du moteur est toujours ouvert par les interrupteurs électromagnétiques, et passe par les contacts du contrôleur qui pourront être détériorés.

Pour des puissances inférieures à 50 chx sous 220 volts, l'inverseur est monté sur le devant du contrôleur; pour dimensions supérieures, l'inversion est opérée magnétiquement, et le contrôleur est alors seulement traversé par les courants nécessaires pour actionner les bobines des interrupteurs électromagnétiques.

Ce type de contrôle peut s'adapter parfaitement à la commande d'autres machines-outils.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pompes centrifuges Worthington à commande électrique.

Les pompes centrifuges ont, à l'origine, rencontré beaucoup de difficultés dans leur emploi pour les hautes pressions, elles étaient avantageuses surtout pour les gros débits et les faibles hauteurs. La *Henry Worthington C°* est parvenue à réaliser des types de pompes permettant d'élever l'eau jusqu'à 600 m. Le premier type, dit « conoïdal », est reservé aux grands débits et aux faibles charges. Les pompes centrifuges, en forme de colimaçon, servent pour les hauteurs moyennes et pour toutes capacités, la pompe-turbine convient pour de très grandes hauteurs, dépassant quelquefois 600 m.

Elles sont spécialement construites pour être commandées par des moteurs électriques.

Dans ce dernier type de pompe, qui a été très soigneusement étudié, les aubages de diffusion prennent la place de la chambre d'eau en colimaçon et amènent l'eau au repos sans choc intérieur, les aubages-diffuseurs correspondant aux aubages-directeurs des turbines à eau.

La pompe centrifuge pour haute charge opère en cascades, c'est-à-dire qu'elle comprend un certain nombre de roues montées sur le même arbre, placées dans des chambres séparées, et envoyant l'eau dans la chambre suivante, multipliant ainsi la hauteur d'élévation.

Un exemple remarquable d'installation récente, employant ces pompes centrifuges, est celui de la station hydraulique de *Rotterdam* (N. W.) que la *Schenectady Railway C°*, de Schenectady, vient d'installer. Deux grandes pompes centrifuges sont commandées par des moteurs asynchrones de 800 chx.

Perforatrice électrique Adam.

Cette perforatrice peut se monter sur trépied ou sur colonne, comme une perforatrice ordinaire à air comprimé.

La puissance nécessaire pour la commande est de 3 chx pour une seule machine, ou de 2 chx par perforatrice, s'il y en a plusieurs.

Cette perforatrice est tout en acier; elle est remarquable par la simplicité de son mécanisme.

Le fleuret est actionné par une tige servant à transmettre le mouvement du moteur à deux engrenages d'angle, commandant une manivelle reliée au piston et à la barre à mine. Le choc est amorti par une série de ressorts hélicoïdaux, qui servent également à protéger les parties contre la détérioration, et à restituer une partie de leur énergie à la course en retour.

Ces ressorts sont aussi très utiles lorsqu'on emploie la barre à mine comme alésoir, ou pour la retirer d'un trou fissuré; ils sont assez forts et disposés de façon à ce qu'il soit impossible de coincer la barre dans un trou quelconque du terrain.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La perforatrice peut fonctionner librement sans aucune détérioration possible.

Elle frappe de 575 à 600 coups p : m. Parmi les avantages réclamés pour cet appareil, on peut citer :

Il n'y a pas d'arbre flexible.

Le courant n'entre pas dans la perforatrice.

Elle n'est pas affectée par un temps froid.

Elle peut donc être utilisée dans les carrières à ciel ouvert ou les affleurements, tandis que la perforatrice à vapeur ou à air comprimé ne peut fonctionner dans ces conditions.

Il n'y a pas de danger pour les mineurs s'ils viennent en contact avec les fils, puisque la tension admise est seulement de 110 à 220 volts.

Exposition de la maison Weyl-Michel.

La maison Weyl-Michel avait exposé à Saint-Louis une machine d'extraction de mines à commande électrique.

Le treuil d'extraction est actionné par un électro-moteur à courant continu à 220 volts, avec excitatrice séparée à 110 volts. Entre la station centrale et la machine d'extraction, on fait usage d'un groupe-tampon formé d'un moteur asynchrone à haute tension commandant une génératrice à courant continu à excitation indépendante. Sur le même arbre se trouve calé un volant très puissant, en acier coulé, qui sert à régulariser la charge à la station centrale.

La station centrale comporte deux groupes électrogènes triphasés de 200 kv ampères à 3 000 volts, 50 p : s et 125 t : m.

Nous ajouterons quelques données spéciales sur la machine d'extraction et le treuil.

La hauteur d'extraction était de 250 m, mais pouvait être poussée à 500 m par l'ouverture d'un nouvel étage.

La cage à deux berlines, pesant 2 000 kg à vide et 6 500 kg environ en charge maxima, est équilibrée à vide.

Les vitesses d'ascension sont de 3,25 m par seconde et 7 m, suivant que l'on descend à 250 ou 500 m, et la vitesse de l'arbre du treuil est de 30 t : m.

Un câble d'aloès de 220 × 33,8 mm à la halte et 300 × 46 mm à l'enlevage s'enroule sur deux bobines de 1,25 m de diamètre avec une longueur de réserve de 100 m en plus de 250 ou 500 m.

On peut effectuer 20 à 30 traits par heure avec une durée de manœuvre de 40 à 45 secondes suivant l'activité de l'extraction.

La machine est pourvue de dispositifs de sécurité puissants :

Un frein à air comprimé reçoit l'air à une pression de 7 atmosphères et enclanche avec le moteur de façon à fonctionner en cas de diminution du courant.

Un frein électrique est obtenu en faisant fonctionner la motrice comme génératrice sur une résistance spéciale.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin, des appareils indicateurs ou avertisseurs, curseur mobile, évite-molettes, etc., suppriment toutes chances d'accident dues à l'inattention.

Divers types de Ventilateurs américains.

La *General Electric C°* expose un type de ventilateur de bureau pouvant se transformer en appliques, simplement par l'emploi d'un petit appareil d'ajustage.

La *Peerles Electric C°* expose des ventilateurs montés sur suspension à rotule et à régulateurs de vitesse.

Les lames sont en laiton, solidement encastrées dans une masse de laiton coulé.

Des paliers à rotule, à graissage par mèche, sont en bronze; ils contiennent assez d'huile pour fonctionner une saison entière. Tous les ventilateurs de pupitre ont un réceptacle pour éviter les fuites d'huile; des balais en charbon de grande section transversale amènent le courant.

Le dispositif de réglage est fait de fils de maillechort montés sur une bobine de porcelaine; on peut avoir trois vitesses et une interruption.

Les lames sont en laiton et solidement encastrées dans un noyau de laiton coulé; elles sont inclinées à 16° et présentent une certaine courbure du centre à l'extrémité. La distance entre les lames de bout à bout est de 1,52 m, la largeur de la lame à l'extrémité étant de 222 mm.

Shedd Electric and Manufacturing C°. — Le « Confort », ventilateur oscillant, est construit par la *Shedd Electric and Manufacturing C°*, de New-York; ces ventilateurs ont deux vitesses : 1 400 et 1 800 t:m pour le ventilateur de 305 mm, et 1200 à 1 500 pour celui de 40 cm.

Le rhéostat est formé par un bloc d'une composition spéciale de 1,3 cm² et 52,5 mm de long monté directement sur porcelaine; il est ainsi pratiquement indestructible.

La *Robbins and Myers C°*, de Springfield (Ohio), expose le « Standard », ventilateur de plafond. Il est formé par un moteur bipolaire, l'armateur en tambour est monté directement sur l'arbre, la culasse et les pièces polaires sont en acier coulé.

Les bobines inductrices sont enroulées en 4 sections séparément isolées et recouvertes de vernis Sterling.

Ils sont pourvus de réservoirs d'huile inversables, de façon que les paliers baignent toujours dans l'huile; cela est obtenu au moyen d'un rebord qui s'étend à peu près jusqu'à la surface de l'huile, tout en laissant assez de place pour permettre le lavage à la benzine à la fin de la saison.

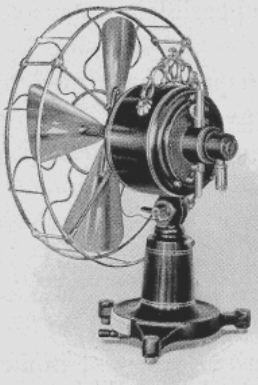
Le moteur est supporté par une console en fonte montée sur la carcasse, qui porte aussi un tube servant au passage d'un câble à 6 fils, qui amènent le courant à des lampes du lustre placé à la partie inférieure, ainsi que les fils réunissant le rhéostat de réglage de vitesse à l'interrupteur. Le couvercle supérieur est mobile et permet d'atteindre le réservoir d'huile supérieur.

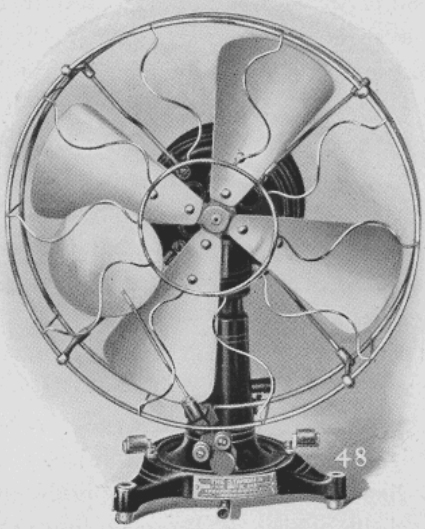
Les lames sont faites en tilleul et ont un diamètre de 310 mm et une largeur de 22,5 cm, le ventilateur tourne à 210 t:m et dépense 120 watts. Les moteurs pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

170 et 250 volts doivent fonctionner par 2 ou 3 en série sous 500 volts, on fournit alors un rhéostat pouvant permettre 3 vitesses.

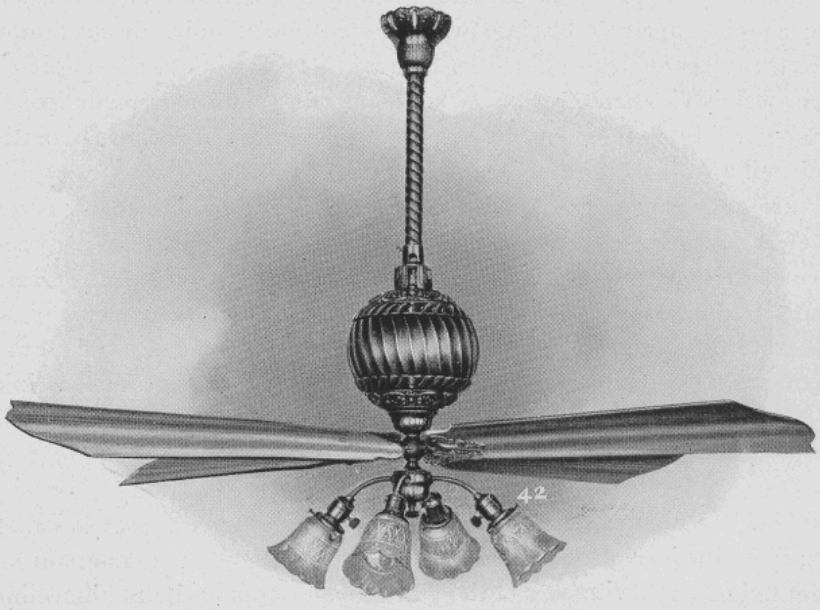
Nous citerons encore les ventilateurs « Wood » de la *Fort Wayne*





Ventilateur de pupitre, vue de côté et vue de face, type « Standard ».

Electric Works. Ces ventilateurs se font en trois types et pour trois voltages différents. Mais ils sont presque tous construits sur un modèle spécial assez nouveau, ils sont appelés « suspended revolving motor », moteur suspendu tournant; le moteur



Ventilateur de lustre, type « Standard ».

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est suspendu par sa carcasse, de telle sorte que l'arbre fait un angle de 45° avec l'horizontale, les lames supérieures sont donc plus éloignées de l'axe de suspension et par suite de la réaction, le moteur complet tend à tourner avec une vitesse variant avec la longueur des lames et la vitesse de rotation du moteur. A la vitesse de 2 200 t:m, le moteur tourne autour de l'axe vertical avec une vitesse de 25 à 50 t:m, suivant l'angle des lames que l'on peut d'ailleurs changer en les pliant légèrement.

Ce fait nécessite l'emploi d'un moteur aussi léger que possible, et, dans ce but, on construit la boîte de support en alliage d'aluminium.

Les ventilateurs que l'on doit fixer sur les murs sont suspendus par une potence à 3 bras portant des ressorts à boudin pour supprimer toute vibration.

Leur emploi est indiqué pour les bureaux téléphoniques, vu leur fonctionnement très silencieux.

Ils peuvent être montés en série avec une lampe de 16 bougies 110 volts, le moteur aura une vitesse moindre et la lampe ne donnera que 12 bougies, mais cela n'aura pas d'inconvénients puisque le ventilateur ne doit servir que l'été, au moment où l'éclairage est le moins nécessaire.

Un dispositif très avantageux pour les cabines téléphoniques permet, en fermant la porte de la cabine, d'allumer la lampe et de mettre en marche le ventilateur.

La *Century Electric C°*, de St-Louis, a établi le type d'un ventilateur de plafond, le « Pittsburg », fonctionnant sur courant alternatif seul.

Le moteur asynchrone monophasé demeure seul.

L'armature ne comprend aucun fil isolé pour la bobine de démarrage. La partie extérieure mobile porte 3 bobines montées en étoile qui forment l'armature du moteur. Entre chacune des bobines se trouvent des balais avec lesquels elles sont reliées ; ces balais viennent frotter en tournant contre un collecteur fixe formé de deux segments. Les connexions du moteur de démarrage sont les suivantes : de la ligne le circuit traverse une bobine, puis un segment du collecteur, et de là passe par l'armature pour revenir par l'autre segment à l'autre bobine et à la ligne.

Ces balais sont pressés par un ressort contre le collecteur, mais ils s'en écartent par la force centrifuge lorsque la vitesse normale est atteinte, ce qui supprime l'action du dispositif de démarrage.

L'ensemble du moteur a l'aspect d'une boîte plate dont les parois tournent. La partie tournante repose sur un montage à billes baignant dans un pot à huile.

Moteur Young pour machine à coudre.

Ce moteur, de dimensions très réduites, peut s'adapter à toutes les machines existantes ; il se fixe à la place du volant à main.

La régulation de la vitesse s'obtient au moyen d'une petite bobine d'induction, dont le noyau peut être enfoncé plus ou moins par la pression du genou.

On peut aussi obtenir 5 vitesses. L'arrêt s'obtient simplement en cessant la pression et en plaçant la main sur le volant formé par l'induit.

Le moteur comporte un induit en anneau fixé en porte-à-faux sur un volant, qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

porte en outre du même côté le collecteur. L'inducteur à 4 pôles est fixé sur une carcasse intérieure qui repose sur l'extrémité du collecteur, par un roulement à billes.

Des tubes cylindriques courbés, contenant un ressort à boudin, portent des balais de 8,7 mm.

Le moteur se monte très facilement sur une machine fonctionnant au pied; il suffit en effet de retirer le volant à main et de fixer sur l'arbre un manchon approprié, sur lequel on calera le moteur. L'inducteur sera relié au bâti par des fils métalliques qui l'empêcheront de tourner.

Le volant obtenu ainsi a une largeur de 12 mm de plus qu'un volant ordinaire,

Moteurs pour machines à coudre de la Western Electric C°.

Cette Maison construit de petits moteurs permettant de commander les machines à coudre. Ils peuvent s'adapter à toutes les machines existantes, la commande se faisant par plateau de friction agissant sur le volant à main. Le plateau est légèrement sphérique, de telle sorte qu'en déplaçant la position de l'axe du moteur d'un certain angle on imprimera diverses vitesses au volant.

Le moteur peut se fixer à la table de la machine au moyen de griffes à vis. Une pédale fixée à l'extrémité d'une chaîne règle la position angulaire du moteur par rapport au volant et, par suite, la vitesse de la machine.

Régulateurs d'orgues de la Wirt Electric C°.

Les rhéostats de «Wirt» peuvent être facilement adaptés pour la régulation automatique des orgues. Ces régulateurs doivent être très sensibles, et permettre l'arrêt complet et progressif du moteur électrique employé pour la commande du ventilateur servant à l'alimentation du soufflet.

L'arbre du rhéostat porte une poulie sur laquelle vient s'enrouler un câble souple d'acier de 2 à 3 mm que l'on fera passer sur des poulies de renvoi, et qui sera tendu par des contrepoids. L'extrémité de la corde ne sera pas directement attachée au soufflet, mais elle portera un poids qui ne pourra pas descendre au delà d'une certaine limite; ce poids pèse environ deux fois plus que le poids de tension; il sera soulevé par le soufflet produisant ainsi l'arrêt du moteur, mais le soufflet aura pu se remplir d'une certaine quantité d'air avant que le rhéostat n'ait pu agir.

Appareil d'allumage Apple.

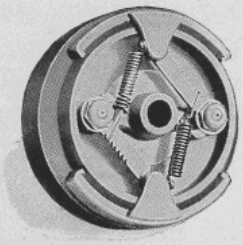
La *Dayton Electrical Manufacturing C°* expose des dynamos pour l'allumage des moteurs d'automobiles ou des moteurs à gaz. Ces générateurs ont l'avantage de pouvoir tourner à une vitesse constante, quelle que soit la vitesse de la machine, donnant ainsi une tension fixe. Ce résultat peut être obtenu par l'emploi d'un régulateur spécial.

Le premier type est à sabot; il est employé lorsque la dynamo est commandée

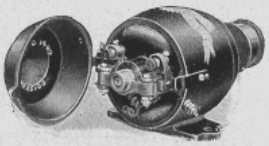
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par courroie, par chaîne ou par engrenage. La poulie est montée folle ; elle porte un volant sur lequel viennent s'appuyer des sabots de frein qu'entraînent l'arbre, laissant glisser la poulie.

Ces sabots s'écartent par la force centrifuge lorsqu'une certaine vitesse, en général 1400 t:m, est dépassée. Ils sont fixés à l'extrémité de leviers qui sont rappelés par des ressorts dont l'action peut se régler en déplaçant leur point d'attache fixé dans de petites encoches de ce levier. Le régulateur à frottement d'angle s'emploie sur les dynamos commandées par le volant de la machine. Ce régulateur est formé par une calotte sphérique formée de rondelles de cuir qui pourra frotter sur le volant ; l'angle suivant lequel on placera l'arbre de la dynamo permettra un premier réglage de la vitesse. Un second réglage automatique sera effectué par la force centrifuge. Le cône de cuir peut en effet glisser longitudinalement sur l'arbre, mais il est poussé contre le volant par un ressort dont l'action est contrebalancée par des leviers de rappels, sur lesquels agissent des poids qui s'écartent par l'action de la force centrifuge.



Embrayage à friction, Dayton Electric and Mfg. C°.



Dynamo Dayton Electric and Mfg. C°.

Si l'on a à sa disposition une batterie d'accumulateurs, on peut faire démarrer le moteur ou envoyer le courant dans la dynamo.

La Maison fournit des batteries pouvant servir à cet emploi, ainsi que des interrupteurs spéciaux à indication, permettant de savoir si l'on charge ou décharge la batterie.

Nous donnerons quelques détails sur la construction de ces dynamos qui présentent une légèreté remarquable ; les paliers comportent une composition spéciale pour le graissage, évitant ainsi les projections d'huile sur le collecteur. Les balais sont au charbon avec âme en cuivre, ce qui donne une bonne conductibilité tout en assurant le graissage.

On peut se servir de ces appareils pour produire l'allumage soit par contact, soit par rupture, la Maison fournissant des bobines d'induction nécessaires ; ces bobines sont placées dans un tube de verre parfaitement étanche.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CLASSE 433

CANALISATIONS SPÉCIALES, CONDUITS, CABLES ET FILS ; MATÉRIEL D'ISOLATION ; INTERRUPTEURS ÉLECTRIQUES, RHÉOSTATS, ETC.

Cette classe comprend, en premier lieu, les tableaux de distribution du service de l'Exposition.

Cette installation, due à la *Westinghouse Electric and Mfg. C°*, est remarquable par l'importance et par la perfection des dispositifs de sécurité.

Une autre partie de l'installation, due à la *General Electric C°*, n'en diffère que par des détails.

Elle expose notamment des appareils spéciaux pour limiter les risques d'incendie et obtenir une isolation parfaite.

La Société Alsacienne de Constructions Mécaniques expose un tableau de distribution pour le réglage de son groupe électrogène.

Parmi les nombreux interrupteurs exposés, on remarque que les appareils à rupture dans l'huile se sont généralisés pour les hautes tensions. Notons ceux de la *General Electric C°* et ceux de la *Westinghouse C°*.

Les interrupteurs et disjoncteurs à courant continu sont à rupture dans l'air ; on cherche toujours à éviter la production d'un arc entre les pièces de contact, l'arc est généralement reporté sur des blocs de charbon facilement remplaçables. Tels sont les disjoncteurs de la Société Westinghouse et de la *Western Electric C°*.

L'*Electric Controller C°* présente un interrupteur dans lequel l'arc est soufflé par le champ magnétique d'un solénoïde.

De nombreux dispositifs de coupe-circuit fusibles sont exposés.

On enferme généralement ces appareils dans des tubes destinés à amortir les effets mécaniques de la rupture.

Tels sont les fusibles de la *John's Manville C°*.

La *General Electric C°* expose des coffrets d'abonnés renfermant des fusibles à soufflage magnétique, ainsi que des fusibles à explosion dans lesquels l'arc est soufflé par l'explosion même du fusible.

Enfin la C^ie^ Westinghouse expose des fusibles à longue rupture obtenue au moyen d'un ressort qui se détend, au moment de la fusion du fil.

On a cherché à régler d'une façon parfaite le voltage alternatif, soit aux bornes des alternateurs soit aux bornes des feeders.

La *General Electric C°* expose un régulateur pour alternateur qui agit automatiquement sur l'excitation de l'excitatrice pour maintenir le voltage alternatif constant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un autre régulateur exposé par la même Compagnie est basé sur un autre principe. Un inducteur alimenté par le réseau induit dans un secondaire monté en série sur la ligne des forces électromotrices dont la phase varie avec la position du noyau-inducteur. En faisant tourner ce dernier d'un angle convenable, on survoltera ou dévoltera la ligne dans les conditions demandées.

Un autre type consiste à intercaler dans le circuit des feeders un nombre variable de spires d'un transformateur alimenté par le réseau.

Parmi les parafoudres exposés, notons ceux de la *General Electric C°* pour haute et basse tension ; le parafoudre de Gola, qui utilise un soufflage magnétique ; enfin les différents types de parafoudre de la Société Westinghouse, munis d'une self en série montée entre les parafoudres et les appareils à protéger.

M. Locke, de New-York, expose plusieurs types d'isolateurs en porcelaine ou en verre construits en plusieurs pièces soudées au moyen d'un émail.

La *Camp C°* expose un système de canalisation en poterie pour le passage de câbles non armés.

Ce système, facilement démontable et réparable en cas d'avaries, permet d'épouser toutes les courbes rencontrées dans ce genre de travail.

Tableau de distribution de l'Exposition.

L'installation de puissance pour l'Exposition comprend 4 usines de 2 000 kw. Le courant triphasé est produit à 6 600 volts et 3 000 périodes par minute (50 par seconde).

Les générateurs sont commandés d'un tableau central, installé par la *Westinghouse Electric and Manufacturing C°* de Pittsburg.

Le tableau proprement dit comprend vingt-neuf panneaux de marbre de Vermont, de 5 cm d'épaisseur, supportés par un cadre de fer. Chaque panneau a 2,30 m de haut, il est divisé en deux parties. La plaque de marbre inférieure porte le compteur du générateur ou du feeder correspondant au panneau.

Pour le circuit triphasé, il y a un panneau séparé pour chaque générateur, et chaque feeder porte ses appareils de contrôle.

Les panneaux des générateurs ont 81 cm de large et ceux des feeders et des excitatrices ont 58 cm. La longueur totale du tableau est de 19 m. Les trois premiers panneaux de gauche correspondent aux groupes d'excitation à courant continu à 125 volts ; un seul groupe de barres sert pour toutes les excitatrices qui peuvent par conséquent être réunies en parallèle. Chacun de ces panneaux porte un ampèremètre, un interrupteur principal, un rhéostat de champ et un mécanisme pour la commande à distance d'un interrupteur d'équilibre à déplacement électrique.

A la gauche du panneau n° 1 se trouve une série de commutateurs correspondant à trois voltmètres alternatifs du type F pouvant être réunis à l'un quelconque des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

générateurs, 2 voltmètres continus du type D pour les excitatrices, 2 fréquencemètres et un indicateur de synchronisme du type B. Les panneaux 4, 5, 6, et 7 servent au contrôle des grands alternateurs.

Les panneaux 4 et 5 installés par le *General Electric C°* sont identiques, ils portent chacun trois ampèremètres alternatifs, un ampèremètre continu, 2 wattmètres montés sur une seule phase, un wattmètre intégrateur polyphasé, et des appareils de contrôle de moteurs, commandant le rhéostat et les interrupteurs principaux. Le panneau 29 est aussi installé par la *General Electric C°*.

Les panneaux 6 et 7 portent trois ampèremètres alternatifs et un ampèremètre continu, un wattmètre polyphasé, un phasemètre, des contrôleurs et des indicateurs, des moteurs commandant les rhéostats de champ et les interrupteurs des générateurs.

La vitesse des générateurs peut être aussi contrôlée et commandée du tableau.

Le tableau est pourvu de deux groupes de trois barres omnibus pour la haute tension.

Les panneaux 9 et 10 permettent de mesurer et d'enregistrer la puissance totale de la station, chacun étant réuni à un des groupes de barres omnibus, ils comprennent trois ampèremètres, un compteur polyphasé et deux indicateurs statistiques de terre. Parmi les 20 autres panneaux, 17 servent à régler le voltage des circuits à haute tension, alimentant les stations de transformation de l'Exposition.

Chaque panneau porte 3 ampèremètres du type F, un wattmètre polyphasé type A et un mécanisme de contrôle des moteurs qui commandent les interrupteurs.

Les panneaux 21 et 22 avaient d'abord été installés, pour réunir l'un des groupes de barres omnibus à la ligne de l'*Union Electric Light and Power C°* de St-Louis. Mais l'installation de puissance de l'Exposition a pu suffire à la demande, et la puissance supplémentaire a été fournie par deux des plus gros groupes électriques exposés dans le palais des machines. On les a réunis par des connexions convenables à ces tableaux.

Le panneau 22 a été disposé de façon à introduire des résistances dans le circuit des illuminations, pour faire varier l'éclat lumineux. Ces résistances n'ont pas néanmoins servi, car on a pu réaliser cet effet en réglant l'excitation du générateur.

Les barres omnibus pour la haute tension sont supportées sur une paroi solide de briques et isolées par des cloisons de pierre de talc.

La construction rend ainsi un court-circuit ou un défaut d'isolement pratiquement impossible.

Les trois conducteurs sous plomb reliant les générateurs aux circuits de distribution sont disposés dans des conduites et sont protégés par des écrans de lithosite et de pierre de talc.

Les transformateurs des appareils de lecture sont situés sur le sol de la galerie, en dessous des barres, et chacun dans un compartiment formé de dalles de pierre de talc. Les autres appareils de tableau sont protégés de la même façon. L'ensemble

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la construction est suffisamment robuste et à l'épreuve du feu. Les circuits des instruments sont protégés par des plombs fusibles en vase clos et sont commandés par des interrupteurs, quoiqu'ils ne doivent jamais être ouverts en charge.

Les interrupteurs à commande électrique du générateur de circuit d'alimentation, sont montés pour la plupart dans la galerie inférieure, derrière, et à côté des panneaux qui les contrôlent. Quelques-uns sont installés dans la galerie basse.

Chaque générateur possède 2 interrupteurs tripolaires à rupture dans l'huile, non automatiques, un pour chaque groupe de barres, avec dispositif d'enclanchement afin de ne pouvoir être fermés ensemble.

Les disjoncteurs fournis par la C^ie^ Westinghouse sont du type C à contrôle à distance et à commande électrique.

Ceux qui sont fournis par la *General Electric C^o^* sont d'un type semblable, mais sont commandés par de petits moteurs à courant continu.

Pour chaque circuit d'alimentation, il y a deux interrupteurs principaux, correspondant à chaque groupe de barres et enclenchés de façon à éviter les erreurs. Tous sont du type C Westinghouse, à rupture dans l'huile, à commande à distance. et à déclenchement électrique produit par un taquet commandé par un solénoïde.

Ces disjoncteurs sont disposés dans des cellules de briques avec une boîte à huile pour chaque pôle et un compartiment séparé incombustible pour chaque boîte. Il y a deux contacts fixes par pôle, l'un pour l'entrée et l'autre pour la sortie de la même phase ; chacun d'eux est monté dans un grand isolateur en porcelaine. Les tiges de commande des interrupteurs servent en même temps à empêcher l'arc de jaillir à l'extérieur.

Le courant nécessaire pour la commande est fourni par les excitatrices.

On voit que ce tableau peut être pris comme modèle d'installation, et qu'il est complètement incombustible et indestructible dans toutes ses parties. Les barres omnibus à haute tension sont bien isolées et habilement protégées. Le système de connexion et de contrôle en somme est facilement maniable, et le tableau de manœuvre, ne présentant extérieurement aucun point en contact avec la haute tension, ne peut être dangereux pour l'opérateur.

Les instruments de mesure sont tous réunis à la ligne par des transformateurs réducteurs.

Tableau de distribution de la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques.

Le tableau de distribution, exposé par la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques, était utilisé pour le réglage de son groupe électrogène. Il contenait tous les appareils nécessaires de mesure, de manœuvre et de sécurité.

Il se compose de deux parties principales : le tableau proprement dit, en marbre blanc, et une cage constituée par une charpente métallique garnie de tôles perforées, et munie d'une porte.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le panneau en marbre blanc porte du côté faisant face au public tous les appareils de mesure, les appareils de couplage, les interrupteurs à basse tension, le levier de manœuvre de l'interrupteur à haute tension, le volant commandant le rhéostat de réglage et le contrôleur de l'interrupteur automatique.

Sur le côté intérieur du panneau sont placés les connexions reliant les différents appareils, des coupe-circuits ; un relai wattmétrique et l'interrupteur à haute tension.

La cage contient le rhéostat d'excitation, l'interrupteur automatique à haute tension, des petits transformateurs de tension et d'intensité alimentant les appareils de mesure, et les coupe-circuit à haute tension.

Interrupteurs à huile de la General Electric C°.

Modèle F. I. — Cet interrupteur est employé pour des charges de 850 à 1200 kw triphasées, sous une tension inférieure ou égale à 3500 volts. Les contacts sont montés sur un bloc de bois, préalablement préparé pour obtenir un isolement parfait. Ils sont mis en mouvement à l'aide d'une poignée articulée à la boîte même enveloppant l'appareil, ou à l'avant du tableau si l'interrupteur est placé derrière celui-ci.

La boîte de l'appareil supporte à la fois l'ensemble des contacts fixes et des contacts mobiles; il est fixé au tableau par sa partie supérieure, et le récipient d'huile y est adapté au-dessous, au moyen de boulons que l'on peut enlever facilement.

En résumé, l'interrupteur modèle F. I. est établi pour courants alternatifs simples ou polyphasés, jusqu'à 3 ou 4 pôles et à une ou deux directions, et sa construction peut être modifiée suivant le genre de montage adopté : il peut être placé au dos même du panneau, au travers duquel passe le levier de commande, ou monté sur une base séparée placée elle-même contre le mur.

Modèle F. F. — L'interrupteur modèle F. F. pour des charges ne dépassant pas 3500 kw triphasé, sous une tension inférieure à 6500 volts est étudié spécialement pour les réseaux exigeant l'emploi d'interrupteurs à 2 *directions avec une intensité supérieure à celle pour laquelle est construit l'interrupteur I.*

L'interrupteur F. F. présente beaucoup d'analogie avec celui du Modèle F. I ; il s'assemble de la même façon, et le récipient d'huile y est fixé de la même manière, c'est-à-dire qu'on peut le retirer facilement sans aucun démontage de l'appareil.

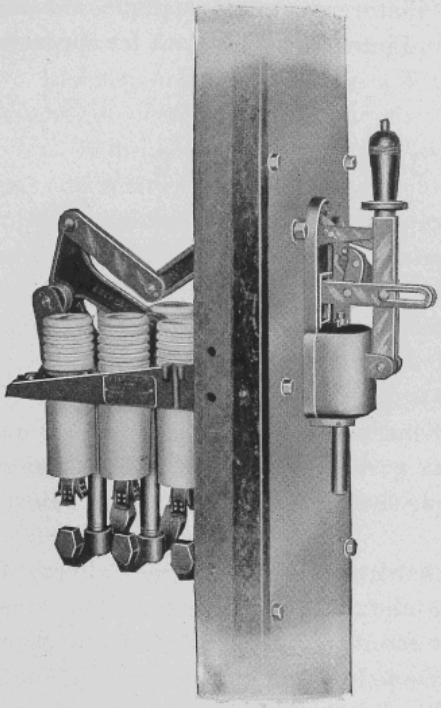
Contrairement à l'interrupteur I, l'interrupteur F ne se monte que sur le tableau, et se manœuvre par levier, à l'aide de la poignée avant.

Modèle F. K. — Cet interrupteur, pour des charges de 7000 kw triphasées sous une tension inférieure ou égale à 15 000 volts, est extérieurement le même que les appareils précédents, mais les contacts diffèrent. Ils sont supportés : les contacts fixes par des isolateurs en porcelaine suspendus à la partie supérieure de l'appareil ; les contacts mobiles par des tiges de bois convenablement préparées et portées par une traverse recevant du levier de commande le mouvement vertical, de bas en

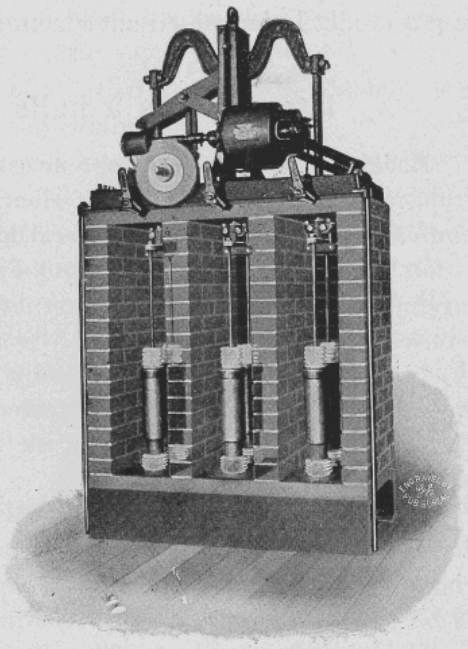
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

haut ou de haut en bas, qui met l'appareil dans l'une ou l'autre de ses positions. On a donné une forme spéciale aux contacts pour assurer leur bon fonctionnement et leur facile entretien.

Enfin, les conducteurs sont amenés à l'appareil comme d'ailleurs aux précédents types d'appareils, par la partie supérieure, à travers des manchons de porcelaine. On peut donc enlever le réservoir d'huile sans plus de difficultés que dans les interrupteurs précédemment décrits.



Interrupteur à huile, type F, forme K.



Interrupteur à commande électrique, type F. H.

Modèle F. H. — Les contacts sont fixés par des pièces de bois sur une culasse qui glisse entre des tiges de guidage. De puissants ressorts et une manivelle effectuent le déplacement.

Au moyen d'un petit interrupteur de contrôle, on ferme le circuit d'un moteur série de 1/2 ch et d'un solénoïde placé à l'extrémité de l'arbre; le moteur démarre et le solénoïde embraye une roue hélicoïdale qui commande un encliquetage et libère une manivelle qui, au point mort, empêchait l'action d'un puissant ressort tendant à ouvrir l'interrupteur; aussitôt que la manivelle est déplacée, le ressort agit brusquement et fait tourner la manivelle de près de 180°; lorsque le ressort cesse d'agir, le cliquet entre en prise et le moteur amène la manivelle exactement à 180° de sa première position, puis il coupe le courant qui l'actionnait; le ressort se trouve alors comprimé et, en outre, quatre autres ressorts hélicoïdaux sont tendus, ce qui permet d'avoir une ouverture brusque et sûre de l'interrupteur. L'appareil est alors prêt pour une nouvelle manœuvre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les interrupteurs sont placés dans des compartiments en briques, et chaque phase est séparée par une cloison de talc.

Chaque compartiment contient deux vases à huile formés d'un tube de laiton sans soudure, garnis d'un isolant, montés sur des isolateurs en porcelaine. La connexion entre les deux vases est faite par une pièce en forme de V renversé, portée par une tige en bois que l'on a chauffée pour faire sortir la sève et fait bouillir 24 heures dans la paraffine.

Ces trois barres de bois sont portées sur une traverse en fer glissant entre des tiges de guidage et ayant un déplacement de 25,6 cm. Cette traverse est actionnée par une manivelle, comme nous venons de le décrire ci-dessus.

Ces interrupteurs peuvent être actionnés à la main. Des amortisseurs à air suppriment les chocs brusques. Un relais à temps permet d'ouvrir l'interrupteur, car deux petits plongeurs, se soulevant si le courant est trop fort, laissent libre un disque qui, en tournant, vient fermer le circuit d'un petit solénoïde qui actionne l'interrupteur.

Des lampes-pilotes rouges et vertes indiquent la position de l'interrupteur.

Interrupteurs et Disjoncteurs à haute tension de la Société Westinghouse, du Havre.

Les disjoncteurs à huile possèdent la précieuse qualité de couper le courant lorsque son intensité passe par zéro, évitant ainsi les surélévations de potentiel qui se produisent à la rupture avec les interrupteurs dans l'air qui coupent le courant à un moment quelconque.

La Société Westinghouse construit trois types d'*interrupteurs* commandés exclusivement à la main :

Interrupteur type D. — L'interrupteur type D est employé pour des tensions jusqu'à 3 300 volts. Il peut être bi, tri, ou tétrapolaire à une ou deux directions. Cet appareil est établi pour une puissance de 600 kw avec du courant alternatif simple ou 1 200 kw diphasé ou 1 000 kw triphasés.

Les contacts sont réalisés par des couteaux, et la rupture de l'arc électrique a lieu sur une pièce spéciale fixée à chaque mâchoire, cette disposition prévient la formation d'arcs nuisibles entre les mâchoires et les couteaux. Ceux-ci sont plongés dans de l'huile, et permettent d'obtenir le meilleur contact et l'élévation de température la plus petite possible.

Les pôles contigus sont fortement isolés l'un de l'autre par des cloisons isolantes séparant les pôles, afin d'éviter les arcs de court-circuit et le tout est renfermé dans un réservoir en tôle doublé d'une couche isolante.

Les conducteurs arrivent directement à la partie supérieure, la connexion au circuit extérieur est faite à l'intérieur de l'appareil, un isolateur de porcelaine est glissé sur le joint de manière à assurer un isolement très élevé.

Ces interrupteurs sont particulièrement appropriés pour les installations de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moteurs, car ils peuvent être montés à proximité de ceux-ci sur un support convenable. Quand l'interrupteur est monté sur tableau, le levier de commande traverse le panneau. L'interrupteur est ouvert lorsque le levier de commande est horizontal; ce dernier est alors maintenu dans cette position. On peut fermer l'interrupteur en pressant le bouton placé à l'extrémité du levier de commande.

Interrupteur, type A. — Cet interrupteur est employé pour des tensions ne dépassant pas 6 600 v. Il est bi ou tripolaire, à une ou deux directions. Sa puissance maxima est de 3 500 kw avec du courant alternatif simple, ou 7 000 kw diphasés ou 6 000 kw triphasés.

Cet appareil est essentiellement constitué par un interrupteur à couteaux plongés dans l'huile, et reliés à un bras de levier commun par des tringles spéciales. Les contacts sont montés à l'intérieur d'isolateurs en porcelaine fixés sur un cadre de fer monté directement sur le tableau.

Comme pour le type D, décrit précédemment, cet interrupteur peut être déclenché par la pression d'un bouton placé à son extrémité ; l'interrupteur peut alors être fermé en abaissant simplement son levier de commande.

Interrupteur type B. — L'interrupteur type B est employé pour des tensions allant de 6 600 à 22 000 v. Il est bi, tri, ou tétrapolaire, à une direction et à rupture double.

La construction de cet appareil est identique à celle du disjoncteur type B décrit plus loin; il diffère cependant de ce dernier par le dispositif de déclenchement qui n'est pas automatique.

Disjoncteurs à rupture automatique. — Le disjoncteur à huile Westinghouse, type B, est construit pour des tensions allant de 3 300 à 22000 volts. Il est bi, tri, ou tétrapolaire, à une direction et à rupture double. Sa capacité maxima est de 5 000 kw avec du courant alternatif simple ou 10 000 kw diphasés ou 8 500 kw triphasés.

A chaque pôle correspond un réservoir d'huile où plongent les parties métalliques nues; chaque réservoir est absolument indépendant du voisin. Ils sont garnis intérieurement d'une couche isolante qui réduit ainsi la quantité d'huile nécessaire et prévient la formation d'arcs à travers l'huile, tout en permettant le libre mouvement des pièces mobiles. Chaque réservoir peut être enlevé et replacé sans déranger les autres. Ce type de disjoncteur fonctionne pour une série de valeurs du courant variant de 70 à 150 % du courant normal. Le point de déclenchement est fixé au moyen d'une vis de réglage située à la partie inférieure de l'électro. Celui-ci est actionné par le courant secondaire d'un transformateur-série intercalé dans le circuit principal, et l'on évite ainsi la présence du courant à haute tension sur l'avant du tableau de distribution.

Ce disjoncteur présente le grand avantage de ne pouvoir rester fermé lorsqu'une surcharge excessive ou un court-circuit existe sur une phase de la ligne au moment où on le ferme à la main. Cette disposition de sécurité est réalisée au moyen de deux leviers, l'un glissant à l'intérieur de l'autre. Au levier extérieur est fixé le levier de commande, le levier intérieur est relié au mécanisme du disjoncteur. Les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux leviers se meuvent ensemble, grâce à une came qui les accroche, came actionnée directement par l'électro de déclenchement. En cas de surchage ou de court-circuit, le noyau de l'électro de déclenchement actionne la came, ce qui permet au levier intérieur de se relever et d'ouvrir le circuit.

Pour que le disjoncteur puisse être à nouveau fermé, il suffit de relever le levier extérieur qui comporte la manette, et l'accrocher à l'autre levier au moyen de la came.

Dans les conditions normales, le levier de commande et le levier intérieur sont abaissés et retenus en place par une came actionnée par les électros.

Le disjoncteur peut, en outre, être déclenché à la main soit en pressant un bouton placé à l'extrémité du levier de commande, soit en repoussant le noyau de l'électro de déclenchement.

Disjoncteur type C. — Le disjoncteur, type C, commandé électriquement, est construit pour des tensions variant entre 3 3oo et 33 ooo volts.

Cet appareil est constitué par une structure rigide en fer avec remplissage en briques fermant des compartiments incombustibles séparés, contenant chacun un pôle.

Il comporte deux contacts fixes par pôles, l'un est connecté au conducteur d'arrivée du courant, et l'autre au conducteur de sortie de la même phase. Chaque contact est monté à l'intérieur d'un grand isolateur en porcelaine. La rupture se produit premièrement dans les contacts principaux, et ensuite dans une fiche amovible, maintenue dans le contact fixe. Cette pièce reçoit tout l'effet de l'arc et elle peut être remplacée facilement en cas d'usure.

Les isolateurs en porcelaine sont fixés à un cadre en fonte qui supporte le réservoir d'huile, et le cadre est relié au moyen d'isolateurs à une dalle en pierre qui couvre les compartiments.

Les contacts mobiles de chaque pôle sont formés par une pièce de cuivre en forme d'U, fortement attachée à une tige en bois. Dans la position fermée du disjoncteur, une de ces pièces en cuivre connecte les deux parties fixes de chaque pôle. Les tiges en bois sont reliées à un bras de levier commun, rapporté par un système de leviers, lui donnant un mouvement de bas en haut et *vice versa*. Le bras du levier est élevé par un puissant électro, aidé au commencement de la course par des ressorts auxiliaires. L'électro est excité par le courant fourni par les dynamos excitatrices, soit par une batterie d'accumulateurs ou une source quelconque de courant continu à basse tension.

La commande peut être également faite à la main, et cela sans déranger le mécanisme.

Une came sert à accrocher les leviers dans la position fermée du disjoncteur ; cette came est actionnée, en cas de surcharge ou court-circuit, par l'électro de déclenchement, actionné lui-même par le courant secondaire d'un transformateur-série, intercalé dans le circuit principal ; la pesanteur ainsi qu'un ressort de rappel font abaisser les contacts et, par suite, rompre le circuit.

Les réservoirs contenant l'huile sont construits en forte tôle et retenus par des crampons à la partie inférieure de la plaque portant les bornes. Ils sont revêtus d'une couche de ciment isolant, moulé autour des bornes et pièces mobiles, en lais-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sant à celles-ci l'espace strictement nécessaire pour leur libre mouvement. Il en résulte que la quantité d'huile étant diminuée, les risques d'incendie sont également réduits.

Les réservoirs étant isolés du circuit, et les parties métalliques nues étant plongées dans l'huile, il est impossible de recevoir de chocs si l'on touche le disjoncteur.

Disjoncteurs automatiques de la General Electric C°.

Disjoncteurs du type M. K. — Les disjoncteurs du type M. K. sont construits pour de fortes intensités, 150 à 300 ampères, et sont spécialement destinés à un service très dur, comme celui des circuits de traction.

Ils comprennent essentiellement un électro-aimant formé de fils ou de barres de cuivre pouvant supporter sans échauffement le courant-limite; cet électro attire vers le bas une armature en fer commandant un doigt à déclic; l'action de l'électro est contrebalancée par celle d'un ressort de tension réglable pour chaque intensité.

L'interrupteur est constitué par deux contacts échelonnés, l'un formé par une série de lames de cuivre rouge, courbées en arc et venant s'appuyer avec pression sur deux blocs également en cuivre; l'autre formé par un petit taquet venant s'insérer entre deux mâchoires à ressort. Ce contact supérieur est enfermé dans une cheminée d'amiante, munie de deux bobines de soufflage. L'ensemble de l'interrupteur est attiré vers le bas par un fort ressort à boudin.

Une fois les contacts serrés en agissant sur la poignée du bâti à bascule, l'interrupteur et son armature sont maintenus en place par le doigt à déclic dont nous avons parlé plus haut.

Quand l'intensité croissante vient à produire un champ suffisant pour vaincre la tension du ressort, l'armature est attirée, le doigt de déclic se soulève et le ressort à boudin tire brusquement l'interrupteur entier vers le bas.

Dès que le contact inférieur de l'interrupteur s'est décollé, le courant passe dans les bobines de soufflage du contact supérieur, et quand celui-ci cède à son tour, l'arc qui tendrait à se produire est soufflé violemment dans la cheminée.

Disjoncteurs type M. L. — Ces disjoncteurs sont analogues aux disjoncteurs M. K.; ils n'en diffèrent que par la suppression d'une bobine de soufflage. Comme ils sont construits pour des intensités moyennes de 100 à 800 ampères, les pièces mobiles sont naturellement plus petites et elles diffèrent légèrement des précédentes.

Disjoncteurs type Q. M. — Ce type de disjoncteurs est construit pour des intensités comprises entre 20 et 400 ampères. Il diffère des précédents en ce qu'il n'a pas de contact secondaire. La rupture du courant se produit en une seule fois sur le contact principal, et la forme des pièces qui le constitue est analogue à celle adoptée pour les doigts de contact dans les contrôleurs de tramways.

Disjoncteurs type C. D. — Ces disjoncteurs, pour circuits de 125 à 250 volts, possèdent un déclenchement automatique analogue à celui des disjoncteurs type M.

Disjoncteurs automatiques type C, forme D, pour circuits à courants alternatif

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

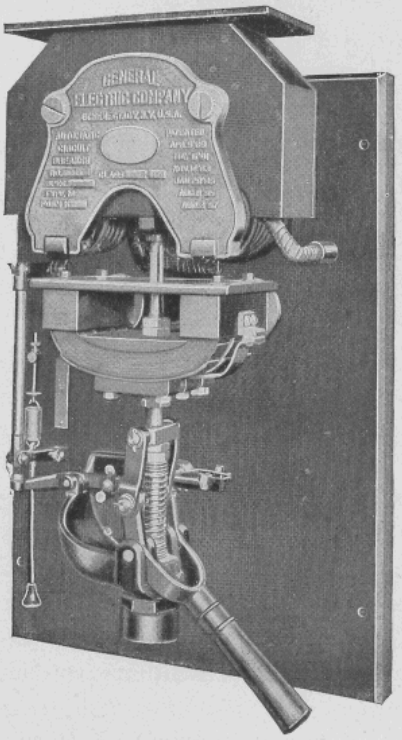
et continu à 125 et 250 volts. — Le disjoncteur type C, forme D, est étudié pour fonctionner sous 250 volts, en cas de surcharge ou de court-circuit. Il se construit à un seul pôle ou à deux pôles, avec connexions à l'arrière, et il est monté sur une base d'ardoise émaillée en noir.

Le contact principal est formé d'un balai de feuilles de cuivre, et le contact est maintenu excellent sur toute sa surface par une articulation étudiée à cet effet. Cette surface étant parfaitement plane, le balai n'a aucune tendance à coller, et, dès qu'on a déclenché le levier, le disjoncteur peut s'ouvrir lui-même sans le secours du ressort. Ce dernier, toutefois, est ajouté pour provoquer la rupture rapide.

Le modèle bipolaire à contacts indépendants a, sur le modèle unipolaire, l'avantage de ne pas nécessiter l'adjonction d'un interrupteur ordinaire en série : on peut fermer, en effet, l'une des branches après l'autre sans paralyser le jeu de l'appareil qui reste libre de disjoncter en cas de court-circuit.

Le disjoncteur type C, forme D, grâce à la nature de son articulation, se ferme facilement par un mouvement de haut en bas de la poignée, qui en rend particulièrement pratique l'installation à la partie supérieure du tableau. Les contacts principaux de l'appareil se rompent avant les contacts secondaires, et l'arc de rupture est ainsi localisé sur des contacts d'un remplacement facile.

Ces disjoncteurs peuvent, en cas de besoin, être munis à la fois du déclenchement en cas de surcharge ou en cas d'insuffisance de voltage.



Disjoncteur automatique à soufflage magnétique type M, forme K3.

Disjoncteurs automatiques type C. — Les disjoncteurs type « C » sont établis de telle façon que l'arc est rompu sur deux ou trois séries de contacts ; ils peuvent ainsi fonctionner sans inconvénient en cas de forte surcharge ou de court-circuit, sans détérioration rapide des contacts principaux. Les contacts secondaires ou auxiliaires comportent des charbons qui se remplacent très facilement.

Les disjoncteurs type « C », ceux de forme « G » exceptés, peuvent être établis avec un déclenchement par bobines shunt combiné avec celui de surcharge. Ce déclenchement complémentaire peut être actionné soit par un relais de charge minimum, soit par un relais de manque de courant.

Forme « M » à simple pôle. — Le type « C », forme « M » à simple pôle, primitivement destiné aux installations de transport de force, convient très bien pour un service de tramways et en remplit tous les desiderata pour des charges inférieures à celles qui correspondent aux appareils forme « K ».

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La bobine de déclenchement est très ingénieusement placée directement en circuit avec le contact principal dans la partie mobile de l'appareil ; ce dispositif simplifie beaucoup la construction et rend ce modèle moins encombrant. Il peut être employé sur circuit jusqu'à 650 volts et 800 ampères inclus.

Forme « K ». — Le type « C » forme « K » convient pour des services très intenses et particulièrement pour la traction. Il comporte deux modèles : l'un pour circuits jusqu'à 250 volts, 800-6000 ampères, l'autre pour circuits jusqu'à 600 volts et 800-10000 ampères.

Ce type ne possède pas de bobines de surcharge ordinaires ; le déclenchement est obtenu au moyen d'un circuit magnétique placé autour de la bobine inférieure, et comportant une pièce mobile formant l'armature de l'aimant ; quand celle-ci se ferme, elle déclenche un contact et provoque l'ouverture du disjoncteur.

Disjoncteurs automatiques Westinghouse, type à balais pour courants continus et alternatifs jusqu'à 750 volts.

Les disjoncteurs « type à balais » décrits ci-dessous s'emploient pour des courants continus ou alternatifs. Ils sont d'une construction très robuste et très simple, et présentent une disposition rationnelle des organes.

Les contacts pour le passage du courant, et les parties sur lesquelles se coupe l'arc, sont bien en vue et permettent ainsi de juger, d'un simple coup d'œil, dans quel état se trouvent les parties travaillantes, ce qui est un point des plus importants.

Les parties essentielles de ces disjoncteurs « type à balais » sont des balais formés de minces feuilles de cuivre laminé. Les bras portant les balais et les charbons sont placés à la partie supérieure ; la rupture se fait sur des blocs de charbon complètement séparés des parties métalliques.

La longueur d'ouverture du disjoncteur à la rupture est proportionnelle au voltage pour lequel le disjoncteur a été établi. La disposition de celui-ci facilite la tendance naturelle de l'arc à monter et évite ainsi complètement toute chance de communication avec les parties basses de l'appareil, situées au-dessous des charbons.

Les pièces en cuivre ou contacts, par lesquelles passe le courant quand le disjoncteur est fermé, sont les premières sur lesquelles le courant est coupé ; ce courant est graduellement shunté par l'augmentation successive de la résistance des balais en cuivre, ce qui oblige ainsi le courant à passer progressivement par les charbons sur lesquels se fait la rupture. Cette disposition évite, on le voit, tout risque de piqûre d'étincelles sur les contacts en cuivre.

Les balais par lesquels passe le courant en temps normal sont constitués, ainsi qu'il est dit ci-dessus, par de minces feuilles de cuivre laminé, disposées pour venir toutes en contact, par une certaine pression, sur la partie correspondante du contact en cuivre fixe. Cette pression est obtenue par des leviers à mouvement de sonnette, et a l'avantage de faciliter l'ouverture du disjoncteur, lorsque celui-ci doit fonctionner, au lieu de présenter une certaine résistance, comme cela est le cas dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les types de disjoncteurs où il y a un frottement entre les contacts et les mâchoires.

Les limites de réglage de ces types de disjoncteurs à balais varient quelque peu suivant les différentes capacités, mais, en règle générale, on peut admettre qu'ils peuvent être réglés dans des limites variant entre 20 % au-dessous et 50 % au-dessus de la capacité normale pour laquelle ils sont établis.

Ces appareils ne chauffent pas à plus de 20° centigrades au-dessus de l'ambiante, lorsqu'ils supportent leur courant normal. Ils ouvrent sûrement et inévitablement le circuit sur lequel ils sont montés, dans n'importe quel cas où il y a surcharge ou court-circuit sur la ligne.

Les disjoncteurs « type à balais » se construisent : en mono, bi, tri ou tétrapolaires; chaque élément d'ensemble est pourvu d'un électro de déclenchement pouvant fonctionner indépendamment des autres.

Pour les disjoncteurs bi, tri ou tétrapolaires, il est prévu un mécanisme commun des éléments de façon à permettre l'enclenchement et le déclenchement simultanés.

Des cloisons en marbre sont disposées entre les éléments de manière à empêcher toute formation d'arc entre ceux-ci.

Disjoncteur automatique, type à mâchoires pour courant continu jusqu'à 750 volts.

Cet appareil se construit depuis 15 ampères de capacité moyenne jusqu'à 1 000 ampères, les limites de réglage variant comme pour les disjoncteurs « types à balais » d'environ 20 % au-dessous à environ 50 % au-dessus de la charge normale pour laquelle l'appareil a été établi.

La construction en est excessivement robuste et les couteaux sont ajustés très soigneusement dans les mâchoires, de telle façon que les frottements sont réduits au minimum lorsque en déclenchant le disjoncteur doit revenir en arrière.

Ces disjoncteurs sont montés sur base en marbre lorsqu'ils doivent être montés séparément et sans marbre lorsqu'ils doivent être montés sur un tableau de distribution.

DISJONCTEURS AUTOMATIQUES, type à balais pour courants continus et alternatifs jusqu'à 750 volts.

Capacité normale. Ampères.	Limites de réglage. Ampères.	Poids kg.	
		Net.	Brut.
200	150 à 300	12	16
400	350 à 600	15	20
600	500 à 900	18	23
800	600 à 1 400	21	25
1 000	800 à 1 600	25	30
1 500	1 200 à 2 400	35	40
2 000	1 500 à 3 000	40	46
2 500	2 000 à 4 000	45	52
3 000	2 500 à 5 000	50	58

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DISJONCTEUR AUTOMATIQUE, type à mâchoires pour courant continu jusqu'à 750 volts.

Type.	Capacité moyenne. Ampères.	Limites de réglage. Ampères.	Poids kg. Net.	Poids kg. Brut.
1	15	10 à 30	3	5
	30	20 à 40	3	5
	45	30 à 60	3	5
2	60	45 à 90	5	8
3	100	75 à 150	8	12
	200	150 à 300	8	12
	300	250 à 500	8	12
4	450	350 à 600	10	14
	600	500 à 800	10	14
5	800	700 à 1 000	12	16
	1 000	800 à 1 200	12	16

Disjoncteurs à huile Westinghouse. — Ces disjoncteurs automatiques à commande électrique à distance sont construits pour des tensions de 3300 à 25 000 volts ; ils peuvent couper un circuit ayant une puissance de 6 000 kw par phase.

Chaque interrupteur auxiliaire est placé dans un compartiment de briques recouvert d'une plaque de talc qui a reçu une préparation spéciale.

Une pièce en forme de V, portée par une tige de bois, porte deux parties coniques qui peuvent pénétrer dans des contacts fixes, montés sur des isolateurs en porcelaine, traversant la plaque de talc. La tige de bois est fixée à un levier dont l'autre extrémité porte le noyau d'un électro-aimant.

Le solénoïde est excité par du courant à 125 volts. L'interrupteur tend toujours à s'ouvrir par son propre poids.

Interrupteurs pour haute tension de la Western Electric C°.

Ces interrupteurs sont construits pour des tensions de 2 500 volts avec des courants de 25 ampères. Les contacts sont placés dans deux tubes de porcelaine fixés horizontalement sur le panneau de marbre. Les lames portant les contacts mobiles, sont fixées sur une traverse qui est munie d'une tige de manœuvre ; cette tige est terminée par une poignée à main.

La rupture se produit simultanément dans les deux tubes, et l'arc est rapidement éteint par suite de l'explosion en espace clos.

On peut, en plaçant deux tubes de porcelaine pour chaque pôle, couper des tensions de 6 000 volts.

Disjoncteurs de la Western Electric C°.

Le contact est assuré dans ce disjoncteur par des lames de ressort formant balais qui appuient sur des contacts plats. Ces balais sont portés par un levier maintenu par un autre levier fixé à la poignée ; ce dernier levier est retenu en place au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moyen d'un crochet d'enclenchement qu'il suffira de soulever pour produire le déclenchement du disjoncteur.

Cette opération est obtenue automatiquement par une petite palette qui porte une rampe pour soulever la queue du crochet. Cette plaque est attirée par l'armature d'un électro-aimant avec une sensibilité plus ou moins grande, suivant la distance à laquelle on la maintient de l'armature en temps normal.

Cette distance est réglée au moyen d'une vis qui porte un curseur se déplaçant devant une division.

Ce procédé de réglage est très simple et très précis.

Ces appareils sont garantis pour une élévation de température ne dépassant pas 20° C au-dessus de l'air ambiant en fonctionnement normal.

Interrupteurs de l'Electric Controler C°.

Interrupteurs à commande électro-magnétique. — Ces interrupteurs s'ouvrent par leur propre poids et se ferment par l'action d'un solénoïde, attirant un noyau fixé verticalement au milieu du bras de support des contacts. Ce solénoïde peut être placé en série ou en dérivation sur le circuit. Les principaux contacts sont en cuivre, mais la rupture finale se produit entre des blocs de charbon qui sont pressés par un ressort.

Le solénoïde produit, en outre, un champ intense qui facilite l'extinction de l'arc.

Ces interrupteurs se font pour des intensités de 1 à 150 ampères.

Interrupteur à levier. — Cet interrupteur est employé avec les contrôleurs réversibles du type « M. T ». L'interrupteur est pivoté près de son extrémité et il tend à s'ouvrir sous l'action d'un puissant ressort. L'électro-aimant, placé horizontalement, attire un noyau qui vient s'articuler sur le levier et maintient les contacts supplémentaires.

Un balai appuie sur un contact de cuivre renforcé de métal anti-arc. La rupture finale se produit entre deux blocs de charbon et l'arc est éteint par une puissante bobine de soufflage placée en série ou en dérivation sur le circuit.

Interrupteur à huile pour haute tension de la Stanley Electric Mfg. C°.

Les interrupteurs à huile de la *Stanley Electric Mfg. C°*, de Pittsfield, ont l'avantage de couper le circuit à la fois en plusieurs points et sur une large surface.

Les interrupteurs pour haute tension au-dessus de 6600 volts sont formés d'une boîte en fonte présentant au milieu un arbre vertical sur lequel sont fixés les contacts. Ceux-ci sont placés relativement près de la surface de l'huile, de telle façon que les gaz résultant de la rupture sont rapidement dissipés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le couvercle de la boîte porte deux longs manchons cannelés de porcelaine, servant d'isolateurs, et entourant les tiges de sortie des fils ; ces manchons sont remplis d'huile. L'arbre central est également entouré d'un manchon de porcelaine sur lequel vient se fixer un collier portant les contacts mobiles.

Les contacts en cuivre dur sont pressés par des ressorts hélicoïdaux ainsi qu'un petit ressort supplémentaire qui supporte la rupture finale ; ce petit ressort est facilement remplaçable.

Quoique le récipient contienne une grande quantité d'huile, on a néanmoins placé un dispositif de sécurité ; ce dispositif consiste en un petit flotteur qui ferme le circuit d'une sonnerie lorsque le niveau devient trop bas ; ce dispositif sert aussi pour laisser passer les gaz.

Chaque interrupteur est essayé à 120 000 volts ; le couvercle et la cuve de fonte sont mis à la terre.

Pour les circuits triphasés, on disposera trois interrupteurs analogues dont les arbres seront réunis par des crémaillères ou des bielles, et commandés à la main ou électriquement.

Les interrupteurs pour 15 000 volts ont deux contacts doubles qui peuvent être montés en série, de telle sorte que le circuit sera coupé simultanément en quatre points, mais si on le monte en parallèle, on pourra adopter une intensité de courant double avec une distance de rupture de moitié. L'interrupteur conviendra alors pour 200 ampères à 7500 volts.

Les interrupteurs du type « E » sont destinés pour les basses tensions au-dessous de 3500 volts. Ils sont formés de deux couteaux, montés sur un arbre horizontal, et placés dans des bacs différents. Ces arbres sont commandés simultanément par des manivelles. La puissance normale de ces interrupteurs est de 400 kw, soit 1 200 kw pour les courants triphasés.

Disjoncteurs Gramme.

Comme nouveautés, la Société Gramme expose des appareils dénommés disjoncteurs automatiques à levier de sécurité absolue. Ces disjoncteurs automatiques empêchent le réenclenchement au cas où la surcharge serait demeurée sur la ligne ou au cas d'un court-circuit franc. Ils préviennent, par conséquent, des accidents fâcheux et ils préservent de la destruction les appareils, fils et autres objets.

Auto-démarreur à trois crans Westinghouse.

Cet auto-démarreur sert pour les moteurs asynchrones de 5 à 50 chx, dont il peut être placé à une distance quelconque. Il consiste essentiellement en un interrupteur à tambour immergé dans l'huile et une paire d'autotransformateurs dont les spires sont disposées de façon à donner plusieurs voltages de démarrage.

Le commutateur est du type horizontal à tambour et est placé dans l'huile ; la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

poignée commande le tambour au moyen d'un engrenage, de telle sorte que son axe se trouve au-dessus du niveau de l'huile.

Pour les puissances comprises entre 5 et 15 chx, l'interrupteur est un simple tambour, sur lequel portent directement les lames de contact ; mais, pour les types plus puissants, le tambour porte des lames qui viennent pénétrer dans des mâchoires fixes.

Ces divers contacts ainsi que le tambour peuvent être facilement remplacés.

Le tambour est disposé de façon que le mouvement de la poignée soit progressif, et que l'on ne puisse passer directement à la marche normale sous le voltage total d'alimentation.

Les connexions entre le tambour et les autotransformateurs sont disposées de façon à pouvoir s'ajuster suivant le voltage admis pour le démarrage. Chaque transformateur a cinq sorties donnant respectivement 30, 40, 50, 60 et 85 % du voltage total de la ligne, et, en changeant les connexions entre les transformateurs, le voltage de démarrage peut être varié afin d'obtenir le couple désiré. Dans la position normale de marche, le transformateur n'est plus réuni à la ligne. Les diverses connexions sont placées sur le devant et peuvent être atteintes en enlevant un couvercle muni d'un bourrelet étanche.

Les transformateurs sont placés dans une boîte qui vient se fixer sur le récipient contenant l'huile, au moyen de boulons pénétrant dans des oreilles fendues.

Ces contrôleurs peuvent être facilement adaptés pour la commande automatique des pompes servant à remplir les réservoirs. Le levier du contrôleur est relié au moyen de bielles et manivelles à un tambour dont la rotation est commandée par le déplacement d'un flotteur ; le déplacement du levier est d'environ 140°. Le flotteur est relié par un câble à une poulie à gorge qui relève un levier muni d'un contrepoids, lorsque le flotteur descend. La chute du levier est réglée par un dashpot que l'on peut ajuster suivant la vitesse voulue.

Le levier est monté fou sur un arbre ; en tournant, il comprime des ressorts hélicoïdaux qui sont fixés d'autre part au tambour commandant le démarreur ; mais ce tambour ne peut tourner, car il porte une patte qui s'engage dans une entaille de la partie fixe. Le levier, en tombant, dégage trois fois cette patte, permettant aux ressorts tendus de faire tourner le tambour d'une certaine quantité. On obtient ainsi le passage du levier du démarreur aux trois crans de démarrage.

Contrôleurs de l'Electric Controler C°.

Contrôleur Dinkey type V. — Ces contrôleurs sont adaptés au service des ateliers de laminage ou des forges.

La commande se fait par un levier droit, facile à manœuvrer. Les résistances sont contenues à l'intérieur de la boîte et l'ensemble est facilement transportable. Les contacts sont en cuivre matricé et sont remplaçables facilement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les bras de contact sont pourvus d'électro-aimant de soufflage.

Les résistances placées à l'intérieur de la boîte peuvent être du type W ou du type E, pour toutes les puissances depuis un cheval jusqu'à 100 chx, sous 220 volts.

Contrôleurs du type VF. — Ces contrôleurs sont destinés à la commande des grues ; leur largeur a été réduite au minimum, afin de pouvoir être placés dans les cabines de commande, où il est souvent nécessaire d'avoir plusieurs appareils juxtaposés.

Les résistances du type E sont disposées à la partie inférieure.

Contrôleurs du type U. — Ces contrôleurs sont destinés à la commande à distance des grues, des ponts roulants ; ils peuvent se fixer sur un support horizontal placé en l'air ou disposés à portée de la main de l'ouvrier. Dans le premier cas, la commande se fait par deux chaînes ou tiges métalliques fixées à l'extrémité du levier de manœuvre.

La boîte, de forme ronde, contient les diverses résistances qui sont enroulées de façon à former des électro-aimants de soufflage pour les contacts auxquels elles sont réunies.

Contrôleurs du type D. — Ce type de contrôleurs a été établi à la demande de la « National Tube Cº ». La commande se fait par levier agissant sur un boulon excentré fixé sur la manette. Les résistances de fonte du type B peuvent être interchangées.

Contrôleurs du type C. — Ces contrôleurs rappellent les contrôleurs de tramways. Le tambour peut être vertical et est alors commandé par engrenage d'angle, ou horizontal et commandé par cordes et poulies à gorge.

Résistances unitaires. — *Résistances du type E.* — Ces résistances sont formées par un enroulement de métal très résistant, placé sur un tube épais d'amiante de 46 cm de long et 12 mm de diamètre, renforcé par une tige de laiton. En modifiant la nature du métal, la section et le pas de l'enroulement, on peut obtenir des résistances variant entre 135 ohms avec une intensité de courant de 5,5 ampères, et 0,1 ohm et 140 ampères.

Ces résistances sont disposées de telle façon que les écrous de fixation et les sorties de fils se trouvent d'un même côté, ce qui facilite grandement l'assemblage du groupe de résistances. Le type E de résistances unitaires est employé pour les contrôleurs V et VF.

Résistances du type U. — Les résistances du type U ont une construction analogue à celles du type E, mais le tube est plus court ; il a seulement 10 cm de long et 19 mm de diamètre, avec un trou de 6,4 mm. Le tube d'amiante est fixé sur une tige de fer qui sert de support et de connexion de retour, et forme l'armature d'un électro-aimant agissant comme bobines de soufflage.

Ces bobines se montent facilement sur une plaque isolante d'ardoise et sont maintenues en place par des écrous. Un bouton ou plot de contact hexagonal est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vissé à l'extrémité de la tige filetée, qui est connectée avec la sortie du fil de la résistance. Toutes les connexions intermédiaires sont faites dans un même plan et peuvent être facilement inspectées. Il est facile de remplacer les plots de contact sans toucher aux conducteurs.

Résistances du type W. — Les résistances du type W sont formées de grilles de fonte présentant une très large surface, pour la dissipation effective de la chaleur.

Ces grilles sont fixées sur des tiges de support dont elles sont isolées au moyen de manchons en matière isolante, légèrement élastique, mais ne pouvant être détériorée par la chaleur. Les anneaux de fixation sont soigneusement dressés afin d'assurer un bon contact.

Ces types de grilles s'emploient avec les contrôleurs du type V.

Résistances du type B. — Les résistances du type B diffèrent peu du type précédent, si ce n'est que les œillets ne sont pas complètement fermés, de telle sorte que l'on peut facilement remplacer l'une quelconque des grilles sans démonter l'ensemble. Les connexions sont assurées par des rondelles de cuivre doux placées entre les grilles adjacentes.

Résistances du type C. — Les grilles du type C s'assemblent sur trois tiges de support; elles sont disposées de façon à permettre une dilatation facile. Ces tiges sont isolées par un manchon de mica. Les connexions sont particulièrement assurées par des tiges de cuivre vissées sur les grilles à réunir.

Les œillets peuvent aussi être pourvus de doigts pour faire les connexions comme avec les contrôleurs du type C.

Cette construction supprime toutes les connexions entre les contacts du contrôleur et le groupe de résistances.

Contrôleurs Westinghouse.

Contrôleurs de commande pour moteurs à courant continu pour le réglage de la vitesse et le changement du sens de rotation. — Les contrôleurs Westinghouse sont composés d'une boîte en fonte contenant des colonnes de résistances destinées à être insérées dans le circuit d'alimentation du moteur. Sur cette boîte est monté un collecteur constitué d'une quantité déterminée de contacts en cuivre suivant le nombre de variations de vitesse que l'on désire obtenir; ces contacts sont solidements fixés sur un tambour en marbre et sont reliés aux résistances en des points convenablement choisis.

Les résistances sont absolument incombustibles et sont composées de bobines superposées les unes aux autres, constituant les colonnes disposées dans la caisse du contrôleur. Chaque bobine contient la matière résistante convenablement enroulée et isolée avec du mica et de l'amiante.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le rayonnement rapide de la chaleur est assuré par la disposition spéciale de résistances du type dit « ventilé » présentant à l'atmosphère environnante une grande surface de rayonnement. Chaque contrôleur est muni d'un système de bobines de soufflage magnétique, montées à chaque extrémité de quatre bras en croix qui supportent les balais de contact. Ce dispositif est constitué par des électros dont l'enroulement est traversé par le courant même qui passe dans le moteur. Les pôles de chaque électro sont disposés de manière que la rupture du courant se produise au milieu d'un champ magnétique très fort, rendant ainsi impossible le maintien d'un arc.

Contrôleur de pont roulant Allen-Bradley.

Ce contrôleur d'un type tout particulier est construit par l'*American Electric Fuse C°*, de Chicago.

Il est formé d'une série de disques de charbon empilés dans un tube métallique garni intérieurement d'un tube isolant. Cette pile de disques offrira une grande résistance au passage du courant, à moins qu'ils ne soient fortement pressés les uns contre les autres au moyen de pistons. Ces pistons sont commandés par un même levier et rappelés par des ressorts. Le nombre de tubes dépendra de la résistance à obtenir.

Les principaux avantages de ce dispositif résident dans :

La suppression des plots de contact, par conséquent le courant ne varie pas par saccades, et la vitesse du moteur pourra donc être changée très progressivement.

L'absence de pièce pouvant se souder ou se détériorer.

L'impossibilité de l'amorçage d'un arc.

L'encombrement excessivement réduit ; un contrôleur pour moteur de 40 chx n'a que 25 cm de côté.

L'absence de partie délicate, ou pièce pouvant se détériorer.

Les charbons sont à l'abri de l'air, et leur résistance ne change pas même après un échauffement exagéré.

Rhéostats et appareillage de la Wirt Electric C°.

La *Wirt Electric C°*, de Philadelphie, fournit des rhéostats d'un type tout particulier qui sont remarquables par leur solidité et leur faible encombrement.

Rhéostat de champ. — Les rhéostats de champ pour moteurs, générateurs, sont formés d'une bande métallique continue ne présentant pas de joints soudés. Cette bande, d'un alliage résistant, est garnie d'un côté d'une matière isolante, telle que du carton d'amiante ou du mica en feuilles, pour séparer les diverses spires de la bobine. Ces feuilles isolantes sont fixées au moyen de gomme laque. On enroule

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le ruban sur un mandrin ovale, de façon à former une bobine plate ; puis, lorsqu'on a placé assez de tours, on ploie le ruban pour dégager l'extrémité, et on enroule sur le mandrin une seconde bobine analogue à la première. Lorsqu'on a assez de bobines, on les retire du mandrin, et on les dispose circulairement et de champ entre deux disques métalliques garnis intérieurement d'une feuille de mica. On place alors les connexions nécessaires pour les lames de contact, puis on comprime le tout ; les disques sont alors maintenus en place au moyen d'un anneau serti.

On a ainsi un rhéostat de grande puissance, sous un faible encombrement, et présentant un nombre de plots considérable ; on remarquera, en outre, que les plots sont rectangulaires, ce qui assure un contact plus étendu du balai. La partie des lames qui ne sert pas comme contact est protégée par une plaque de recouvrement.

Ces rhéostats sont très résistants et offrent peu de chance de détérioration, puisqu'il n'y a pas de joints soudés. Des essais de solidité ont été faits avec un rhéostat d'un moteur de 5 chx que l'on soumit à des échauffements et des refroidissements successifs, jugés équivalents à deux années de service, sans qu'il ait montré aucune trace de détérioration apparente, sauf peut-être aux points où l'eau employée pour le refroidissement avait pénétré.

Gros rhéostats ventilés. — Nous n'insisterons pas sur les autres types de rhéostats servant pour la charge et la décharge des batteries. Nous donnerons seulement quelques renseignements sur un type de gros rhéostats ventilés.

Ces rhéostats sont formés de rubans métalliques montés en hélice sur des tubes de matière isolante. Ces tubes sont placés verticalement et sont maintenus par des griffes ou pattes de métal isolées entre elles par des feuilles de mica ; l'air circule dans ces tuyaux pour assurer un parfait refroidissement.

Balais métalliques. — Nous dirons encore quelques mots sur un type nouveau de balais métalliques.

Ces balais sont formés de rubans de cuivre, placés entre des rubans d'un métal plus résistant, le tout étant maintenu au moyen de ressorts métalliques courbés en sens inverse et se terminant à 2 cm de l'extrémité du balai. Ces balais ont une inclinaison de 45°.

L'avantage de la présence de ces rubans de métal résistant est de faciliter la commutation, en exigeant une force électro-motrice moindre pour la commutation et diminuant la densité-limite du courant.

Rhéostats pour le réglage de l'éclairage des théâtres de la Wirt Electric C°.

Ces rhéostats ou « obscurcisseurs » sont construits sur un principe analogue. Ils sont soumis à un travail très dur, car ils doivent en un instant prendre leur charge, ce qui amène un brusque changement dans leur température.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ils permettent un abaissement très progressif de l'éclat des lampes, grâce à leur grand nombre de touches. Il est en effet nécessaire d'avoir des résistances de réglage variant insensiblement. On peut s'en rendre compte en construisant la courbe de l'intensité lumineuse en bougies en fonction de la résistance additionnelle, on obtient une courbe qui descend brusquement au début pour tendre ensuite asymptotiquement vers zéro. Par suite, une faible résistance additionnelle au début, produit une grande diminution d'éclat lumineux, tandis qu'à la fin, une grande résistance a peu d'effet.

Le « rhéostat universel » permet d'abaisser l'éclat des lampes de toute une partie du théâtre en manœuvrant un seul levier.

Les divers rhéostats sont placés derrière le tableau de commande et de distribution et ils sont manœuvrés par des manettes placées devant le tableau, la commande se faisant par poulie et câble métallique. Ces diverses manettes sont montées folles sur un arbre d'enclenchement, qui porte des cames présentant une rainure, dans laquelle vient s'engager un taquet à ressort fixé à la manette, assurant ainsi la liaison de l'arbre avec tous les rhéostats. Il suffit pour dégager le taquet, de tourner d'un quart de tour, la poignée de la manette ; le rhéostat correspondant devient ainsi libre d'être déplacé séparément. On peut, par un dispositif semblable, réaliser des effets scéniques remarquables ; il suffit pour cela d'avoir des rhéostats correspondant à diverses couleurs ; on pourra alors, au moyen de commande par engrenage et changement de marche, faire tourner un des arbres d'enclenchement dans le sens de la diminution d'éclat pour une couleur, tandis qu'on la remplacera par une autre couleur.

Rhéocrat de l'American Electric and Controller C°.

L'*American Electric and Controller* C° a établi un nouveau type de contrôleur servant à régler la vitesse des moteurs shunt, et qui présente l'avantage de supprimer les pertes d'énergie dans les résistances de réglage.

Cet appareil, appelé « rhéocrat », du nom des anciens rhéostats pour le réglage de l'éclairage des théâtres, comporte essentiellement un interrupteur tournant, permettant d'envoyer le courant dans le moteur pendant des périodes plus ou moins longues, suivant la vitesse à obtenir.

Cet interrupteur a l'aspect d'un commutateur de moteur ; il est commandé au moyen d'engrenages par un petit moteur shunt auxiliaire tournant à la vitesse constante de 100 t : m.

Les divers segments de l'interrupteur sont semblables à des segments de commutateur ; ils sont fixés et isolés de la même façon, mais ils ne sont pas tous identiques.

Deux lignes de balais diamétralement opposés frottent à la surface. Nous trouvons d'abord deux gros segments reliés entre eux, puis une série de segments reliés aux gros segments par l'intermédiaire de résistances ; ces résistances sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

enroulées entre des disques qui tournent avec le commutateur ; puis un certain nombre de segments neutres et isolés. Les résistances intercalées entre les segments ont pour but de diminuer graduellement l'intensité du courant, afin d'empêcher les étincelles. On conçoit donc que le courant sera établi périodiquement à chaque demi-tour, lorsque les gros segments ou les segments intermédiaires seront sous les balais.

Indépendamment de ces segments se trouvent, entre les segments neutres et les segments actifs, un certain nombre de segments qui sont isolés, mais peuvent être successivement intercalés dans le circuit, de telle sorte que le nombre des segments actifs varie et le temps pendant lequel le moteur recevra du courant peut être changé. Un manchon fou sur l'arbre, et déplacé par une fourchette, pénètre dans de petits contacts à ressort portés par les segments, de façon à les introduire successivement dans le circuit. Ce manchon est commandé par la manette de contrôle, par l'intermédiaire d'une came et de renvois de mouvement.

Le contrôleur comporte, en outre, un petit rhéostat servant au démarrage du moteur, et formé d'un petit tambour de contrôle servant à supprimer successivement les résistances de démarrage. Les premières touches envoient, en même temps, le courant en dérivation dans le petit moteur auxiliaire de l'interrupteur. Les résistances ont été disposées de telle sorte que ce moteur auxiliaire ait le temps de prendre sa vitesse avant que les résistances de démarrage soient complètement supprimées.

Le contrôleur a également une manette de changement de marche ou d'interruption, enclenchée avec la manette de réglage. Il a aussi un disjoncteur automatique actionné par un électro-aimant en série avec le courant du moteur principal.

Le tambour de contrôle porte également des contacts servant à intercaler des résistances dans l'inducteur, permettant d'obtenir des vitesses supérieures à la vitesse normale, ce qui donne un réglage de 20 %.

Les avantages de ce mode de réglage réclamés par les constructeurs sont : 1° l'absence des pertes rhéostatiques, le courant étant envoyé directement dans le moteur; 2° lorsque le courant est établi, la tension normale est appliquée aux bornes du moteur, de telle sorte que l'intensité du courant ne dépendra que de la force contre-électro-motrice développée; 3° on peut obtenir une grande variation de vitesse; 4° ce système peut être utilisé pour la régulation d'un moteur quelconque monté sur un réseau ordinaire à deux fils.

Avec les moteurs shunt ordinaires, on peut obtenir des variations de vitesse dans le rapport de 4; mais on peut obtenir des écarts plus considérables avec des moteurs enroulés spécialement. Enfin l'encombrement du contrôleur complet n'est pas exagéré, puisqu'un rhéostat pour un moteur de 5 chx n'occupe que 70 cm de haut, 36 cm de large et 22 cm de profondeur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Rhéostats de démarrage Gramme.

Rhéostats de démarrage pour moteur à courant continu. — Ces rhéostats se construisent pour toute puissance jusqu'à 40 chevaux. Au cas où le courant viendrait à manquer dans la ligne ou dans le circuit d'excitation, la manette reviendrait automatiquement au point mort.

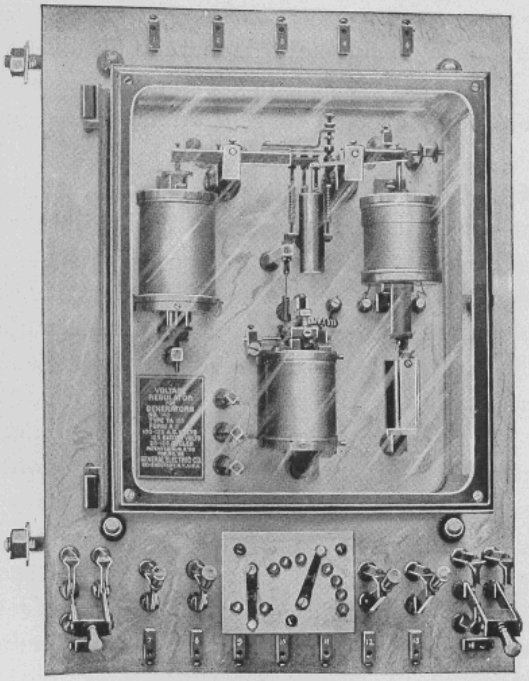
Ces rhéostats sont construits en 4 modèles : 1 à 3, 3 à 8, 8 à 15, et 15 à 40 chevaux.

Rhéostats de démarrage pour moteur monophasé. — La résistance étant entièrement en circuit, on ferme l'inverseur bipolaire du côté de démarrage. Cet inverseur introduit la phase auxiliaire et la bobine de self-induction.

Lorsque le moteur a atteint sa vitesse de régime, on supprime progressivement la résistance et l'on retire après la phase auxiliaire et la bobine de self, en tournant rapidement l'inverseur du côté « marche ».

Régulateur pour alternateur, type T- A, de la General Electric C°.

Ce régulateur permet de maintenir constant le voltage aux bornes de l'alternateur, quelles que soient les variations de vitesse et de débit, en agissant sur l'excitation de l'excitatrice.



Régulateur pour alternateur, type T-A.

L'ensemble du mécanisme de régulation est fixé sur un panneau de marbre et enfermé dans une cage de verre. Le contact est ouvert ou fermé par l'action d'un relais à enroulement différentiel. Le courant nécessaire au fonctionnement étant pris aux barres d'excitation et passant par les contacts dénommés « contacts flottants ».

Le courant, pour la commande de l'électro en série sur le rhéostat de l'excitation, est pris sur les mêmes barres.

Le relais et l'électro en série sur le courant d'excitation constituent la partie à courant continu du régulateur qui maintient un voltage régulier sur les excitatrices, tout en laissant varier ce voltage, suivant que l'exige l'excitation.

La partie alternative du régulateur consiste en un électro avec deux enroule-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ments, l'un de ces derniers est connecté sur le circuit secondaire de transformateur de potentiel, dont le primaire est connecté sur les barres principales alternatives, au point où l'on désire régler le voltage. Le courant alternatif est réglable et connecté en série avec le courant principal alternatif, par l'intermédiaire d'un transformateur d'intensité.

Le noyau du relais est relié à un levier portant un contrepoids au moyen duquel on règle sa position dans l'électro ; lorsque la charge augmente sur l'alternateur, le voltage tend à baisser. Le relais à courant alternatif donne alors un effort moins élevé et l'équilibre du levier est détruit ; par suite, le contact flottant, puis les contacts de relais principal se ferment et mettent entièrement en court-circuit le rhéostat d'excitation et l'excitatrice. Par cette manœuvre, le voltage d'excitation s'élève et le voltage alternatif suit la même marche ascendante, jusqu'à ce qu'il ait atteint la valeur normale ; à ce moment, le relais du levier alternatif reprend son équilibre.

Le régulateur peut être mis en service ou supprimé, sans faire varier le voltage ; il est indépendant des variations provoquées par la vitesse, la température ou autre facteur.

Régulateur de potentiel de la General Electric C°.

Principes généraux. — Ce régulateur d'induction est pourvu d'un enroulement primaire et d'un enroulement secondaire. L'enroulement primaire est mis en dérivation, et l'enroulement secondaire en série sur le circuit. Le voltage induit dans chaque phase de l'enroulement secondaire est constant, mais en variant les positions relatives des enroulements primaire et secondaire, le voltage effectif d'une phase quelconque de l'enroulement secondaire varie sur son circuit, de zéro au maximum et *vice versa*.

La construction du régulateur est telle que le voltage secondaire peut prendre des positions de phase quelconques par rapport au voltage primaire. Quand les pôles des enroulements primaire et secondaire se trouvent en opposition, le voltage secondaire est en phase avec le voltage primaire et s'ajoute directement à celui de la génératrice. Le régulateur se trouve alors au maximum de survoltage, et en déplaçant l'induit par rapport à l'inducteur, on peut modifier la relation de phase entre ces phases, jusqu'à les mettre en opposition. Lorsque le voltage de l'enroulement secondaire est directement opposé au voltage primaire ou, autrement dit, au voltage de la génératrice, le voltage effectif est minimum.

Dans le but d'éviter l'inconvénient d'un réglage séparé pour chaque phase, on emploie des régulateurs polyphasés, disposés de façon que les voltages de toutes les phases puissent être changés simultanément.

Méthodes de manœuvre. — Les régulateurs peuvent être commandés par moteur ou à la main.

Dans le cas de commande à la main, le noyau tournant est manœuvré au moyen d'une manivelle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quand le régulateur est manœuvré à distance, il est pourvu d'un petit moteur commandant, par engrenage, le déplacement du noyau tournant.

Ce moteur est à courant continu ou alternatif; il est manœuvré au moyen d'un petit interrupteur bipolaire à double direction, monté sur le tableau de distribution. Par l'ouverture ou la fermeture de l'interrupteur, on augmente ou l'on diminue le voltage du régulateur ; dès que le voltage nécessaire est obtenu, on peut arrêter la marche du régulateur, en ouvrant l'interrupteur.

Enroulement des régulateurs polyphasés. — Le primaire et le secondaire des régulateurs sont munis d'enroulements « distribués » ou, en d'autres termes, semblables à ceux des moteurs d'induction.

Les inducteurs en cuivre sont d'abord obtenus à la forme, puis isolés et logés dans des rainures pratiquées dans les noyaux.

L'enroulement primaire se place dans le noyau mobile, il est disposé en triangle ou en étoile. Les enroulements secondaires sont montés sur le noyau fixe et ne sont pas reliés entre eux, mais insérés respectivement dans les branches correspondantes de la ligne.

Le déplacement angulaire maximum est de 90°, pour les machines à 4 pôles et de 60° pour les machines à 6 pôles, ce qui permet d'assurer les connexions au moyen de fils flexibles, au lieu de contacts à frottement.

Le noyau mobile et l'enroulement sont montés sur un arbre vertical dont l'extrémité supérieure émerge du couvercle. A cet arbre est adapté un secteur denté qui engrène avec une vis sans fin portée par l'arbre de commande.

Méthodes de réfrigération. — Le régulateur n'ayant pas de pièces de mouvement qui lui assure une circulation d'air suffisante, on y supplée en le refroidissant par l'huile. Des nervures extérieures ont pour but d'augmenter la surface rayonnante.

Une réfrigération artificielle peut être obtenue par l'emploi d'air sous pression ou au moyen de serpentins à circulation d'eau froide.

Régulateur de tension de feeders, type C. R. de la General Electric C°.

Ce régulateur permet de régler indépendamment les voltages des différents feeders des secteurs indépendants.

Les caractères essentiels de cet appareil sont les suivants :

Le régulateur C. R. présente des analogies avec un transformateur dont l'enroulement primaire se relierait aux barres omnibus, et dont l'enroulement secondaire serait constitué de plusieurs sections, commandées par un commutateur spécial, destiné à insérer dans le circuit des feeders une fraction plus ou moins grande de l'enroulement secondaire: il en résultera un survoltage correspondant de la génératrice.

La disposition des enroulements de ce régulateur lui assure l'avantage d'une dispersion négligeable, et il en résulte que ce régulateur introduit dans le réseau le minimum possible de retard de courant, ce qui n'est pas le cas des autres types

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de régulateurs, qui doivent, à leur principe même ou à leur construction, une dispersion beaucoup plus considérable.

Le réglage de la tension, au moyen de cet appareil, est d'une extrême simplicité.

Si on donne d'abord au régulateur la position du survoltage maximum, ce qui revient à mettre le commutateur secondaire à bout de course à gauche, on peut lui faire faire, avant d'atteindre l'autre limite de sa course, deux tours complets vers la droite.

Pendant le premier tour, le commutateur met hors circuit, successivement, les 10 sections de l'enroulement secondaire. Il ne reste donc en circuit, au bout du premier tour, aucune section de l'enroulement secondaire et, par conséquent, le voltage appliqué aux feeders est égal au voltage même de l'alternateur.

Si on continue à déplacer le commutateur dans le même sens, il provoque d'abord le fonctionnement automatique d'un inverseur placé derrière le panneau, et tout nouveau déplacement du commutateur dans le même sens insère à nouveau dans le feeder les sections secondaires de l'appareil, mais en sens opposé. A bout de course, le secondaire est donc totalement inséré dans le feeder de façon à opposer son voltage maximun au voltage de l'alternateur.

On voit donc bien, en résumé, que le déplacement continu du commutateur, pendant deux tours dans la même direction, fait passer le voltage du feeder de son maximum à son minimum, toutes choses égales d'ailleurs. Ces deux positions-limites sont munies d'arrêts automatiques qu'il est impossible de dépasser.

Considérations générales sur les coupe-circuits fusibles.

Un coupe-circuit fusible doit remplir trois conditions principales :

1° Pouvoir supporter un courant maximum défini et invariable ;

2° » » une surcharge fixe, bien établie, laissant un certain facteur de sécurité pour l'appareil ;

3° Avoir une rupture assurée.

Fusibles enfermés. — Dès le début, on a songé à entourer le fusible d'un tube de matière isolante afin d'empêcher les projections de métal fondu, mais le tube protecteur éclatait sous la pression du gaz produit par la combustion du fusible.

Les fusibles enfermés actuels consistent en un tube isolant enfermant le fil fusible et contenant une matière de remplissage. Ce remplissage est formé d'une poudre isolante qui occupe presque toute la totalité du tube, et a pour but d'empêcher l'arc de subsister et aussi de fixer les conditions de fusion du fil.

Les extrémités du tube sont fermées par des culots métalliques servant de contacts. Au début, on laissait au milieu du tube un espace vide, mais cela n'est pas nécessaire.

Conditions à remplir par un fusible. — Deux parties importantes sont à considérer dans le fusible ; le fil qui chauffe et le milieu qui dissipe la chaleur, comprenant le remplissage, le tube et les contacts.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La température atteinte par le fil fusible dépend de beaucoup de conditions, quoique la quantité de chaleur soit toujours proportionnelle au nombre de watts, principalement l'entourage et la disposition du conducteur, sa surface rayonnante, sa chaleur spécifique et sa conductibilité.

Ces divers facteurs ne peuvent être déterminés pour les fusibles à l'air libre, qui présentent en outre d'autres causes d'erreur dues à l'oxydation et aux détériorations d'ordre mécanique.

La dissipation de chaleur est surtout à considérer, car elle règle les conditions dans lesquelles l'arc sera permanent. Le rôle de l'enveloppe du fusible sera donc d'assurer une absorption et une dissipation de chaleur.

Le conducteur doit avoir : une haute conductibilité, afin de réduire la chute de tension ; une faible section afin d'exiger moins d'énergie pour s'échauffer ; une faible température de fusion, car la chaleur a tendance à se dissiper par les connexions, qui ne doivent d'ailleurs pas atteindre une température trop élevée.

La plupart des métaux bons conducteurs ont une température de fusion élevée, mais on ne devra pas admettre de métal ayant un point de fusion supérieur à 500° C.

Pour que le fusible soit très sensible à la surcharge, il devra avoir une faible chaleur spécifique, tandis que le contraire sera recherché, si l'on désire une certaine inertie. Il devra avoir une composition moléculaire constante, afin que les diverses constantes du fil ne changent pas.

On doit réduire la conductibilité de la chaleur aux contacts, afin d'obtenir une constance de température, la chaleur devant se dissiper principalement par la surface.

Le temps de rupture doit décroître plus vite que le courant ne croît ; le métal devra donc avoir un haut coefficient de température.

La rupture doit se faire avec un dégagement minimum de chaleur et sans arc permanent; les métaux dont les vapeurs s'oxydent facilement ne maintiennent pas les arcs, principalement les métaux du groupe du zinc.

Chaque métal a une distance définie d'arc, dans des conditions d'intensité de courant dépendant du milieu, mais on cherche à diminuer la longueur du fusible pour réduire l'encombrement et la f.é.m.

La tendance à l'explosion du tube dépend du volume de vapeur produit par la combustion du métal et de la dimension du tube.

Afin d'obtenir une surface rayonnante maxima, on a réalisé des fusibles formés de fils réunis en parallèle et isolés, mais il est préférable d'employer un ruban qui aura une surface maxima compatible avec la résistance mécanique.

Les substances utilisées pour le remplissage doivent avoir une composition constante ; les grains gros sont préférables, car ils laissent de nombreux interstices entre les particules et donnent un bon contact avec les gaz.

Au début, on entourait des fils de plomb ordinaires de chaux en poudre, mais le tube se trouvait brisé par la détente du gaz et la couche d'oxyde formée maintenait d'ailleurs le fil fondu en place, de sorte que le courant continuait à passer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On doit ajouter un oxyde ou fondant pour faciliter la fusion du métal.

On a cherché à indiquer extérieurement si un fusible fonctionne convenablement ; pour cela on a adopté un appareil comportant un fil de grande résistance monté en dérivation sur le fusible et placé à l'extérieur du tube sur une certaine longueur. L'ouverture est recouverte par une étiquette enduite d'une substance qui sera décolorée par la chaleur produite par le passage du courant. La note du Code national d'Électricité indique que les fusibles doivent être calibrés à 80 % au-dessus du courant maximum, qu'ils peuvent supporter indéfiniment.

Fusibles Noark, de la John's Manville Cº.

La « John's Manville Cº » construit des fusibles à cartouche ou à vis Edison de différents types.

Le *type A* se compose d'un tube, portant deux culots métalliques munis d'oreilles qui peuvent se fixer sur le bloc au moyen de vis ; ils peuvent s'employer jusqu'à 150 ampères.

Dans le *type B* le culot n'est pas muni d'oreilles, le tube vient alors se fixer dans des contacts à ressorts montés sur le bloc ; ils servent jusqu'à 50 ampères.

Le *type C* porte lui-même les ressorts qui viennent se fixer dans une pièce immobile en forme d'U, adaptée sur le bloc de support ; ils sont utilisés depuis 60 à 100 ampères.

Le *type D* est plus important que le type C, dans lequel les câbles sont fixés au moyen d'une vis et d'une rondelle, tandis que dans le type D les câbles pénètrent dans une borne serrée par deux vis. Ce type est utilisé depuis 125 ampères.

Le temps de rupture des fusibles a été réglé suivant la tension ; les types courants sont étalonnés pour les périodes suivantes et construits pour une surcharge de 25 %, après un fonctionnement pendant un certain temps à 20° C.

Volts.	Ampères.	Temps.
220	Jusqu'à 15 inclus	15-30 s.
—	20-150	30-60 s.
—	175 et au-dessus	100-300 s.
500	Jusqu'à 25 inclus	15-30 s.
—	30-150	30-60 s.
—	Depuis 175	100-300 s.
—	Jusqu'à 12 inclus	15-30 s.
2 500	15-100	30-60 s.

Une tolérance de 5 % au plus est admise dans la fabrication.

Les diverses dimensions de ces fusibles sont données dans le tableau suivant :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LONGUEUR ET DIAMÈTRE DES TUBES

ET LONGUEUR DES BANDES FUSIBLES SACHS.

Volts	Classe Ampères	Longueur des tubes	Diamètre des tubes	Longueur des fusibles	Volts	Classe Ampères	Longueur des tubes	Diamètre des tubes	Longueur des fusibles
		mm.	mm.	mm.			mm.	mm.	mm.
220	1-8	55	10	32	2500	1-12	146	13	114
	10-15	68	10	32		15-30	146	16	114
	20-30	81	13	38		35-50	159	22	127
	35-50	95	20	45		60-75	175	29	140
	60-100	105	22	51		80-100	175	32	140
	125-150	105	25	63					
	175-225	118	32	63					
	250-400	122	38	63	5000	1/2-12	384	19	330
	500-600	157	51	63		15-30	384	25	330
						35-40	460	29	556
500	1-10	117	10	76					
	12-25	134	13	76					
	30-50	146	19	76	10000	1/2-12	610	19	457
	60-100	159	25	89		15-30	610	25	457
	125-150	159	32	102					
	175-225	163	38	102	20000	1/4-10	762	25	610
	250-400	168	51	102					
	500-600	254	63	102					

La Maison construit aussi des fusibles à vis qui sont, en somme, des fusibles ordinaires à cartouche, placés dans une douille à vis Édison ; un bouchon en porcelaine protège la partie supérieure de la douille, laissant un trou qui permet de voir lorsque le fusible a sauté.

Ces divers fusibles peuvent être montés sur des blocs de support en porcelaine ou en ardoise. Les divers pôles étant séparés par des cloisons en matière réfractaire.

Les divers fusibles peuvent être employés comme interrupteurs. Il est alors bon d'employer des pinces, ou pattes de homard pour saisir le tube afin d'éloigner la main des contacts où se produit la rupture. Ces pinces sont serrées sur le tube au moyen d'un écrou.

Ces cartouches fusibles peuvent aussi être disposées dans des boîtes métalliques que l'on peut placer à l'extérieur. Ces boîtes sont en fonte vernie; elles sont munies d'un couvercle à charnière, dont la fermeture est rendue étanche par un bourrelet de caoutchouc. Les fils pénètrent à travers des manchons de porcelaine et le fond de la boîte est garni d'un support isolant en porcelaine, avec cloisons entre chacun des pôles. Dans certains cas, les fusibles peuvent être fixés sur le couvercle de la boîte, tandis que les contacts sont au fond, de telle sorte que la boîte servira d'interrupteurs, mais il est préférable d'employer un dispositif à pattes de homard fixées au couvercle de façon à ce que l'on puisse retirer à volonté les tubes en ouvrant la boîte, à condition de serrer les écrous des pattes de homard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fusibles de la General Electric Cº.

Coffrets d'abonnés. — La « *General Electric Cº* » construit des coffrets d'abonnés qui servent à répartir l'énergie du réseau entre les divers ponts; ces ponts ne devant pas absorber plus d'un certaine intensité de courant, en général 15 ampères.

Ces coffrets sont formés d'un tableau portant les diverses barres de cuivre formant les connexions, les fusibles à vis Edison, ainsi que les bornes d'où partent les différents branchements.

Les boîtes de fusibles du *type ML* sont établies pour les installations à courant continu, jusqu'à des tensions de 600 volts.

Ces boîtes sont pourvues d'un soufflage magnétique et leur forme évasée facilite l'extinction de l'arc. On peut aisément remplacer le fil fusible en enlevant l'écrou qui maintient les deux pièces polaires placées en regard. Ces fusibles sont construits pour des intensités jusqu'à 1 200 ampères, avec des connexions placées devant ou derrière le tableau et jusqu'à 2 000 et 4 000 ampères, avec des connexions devant seulement.

Blocs de fusibles à expulsion. — Ces blocs de fusibles sont employés pour des circuits à courant alternatif de 2 500 à 20 000 volts. Le bloc est formé d'une boîte dans laquelle le fusible est maintenu par deux contacts à ressort, entre des blocs de gaïac. Lorsque le fusible est chauffé suffisamment pour que le ressort puisse le rompre, l'arc est soufflé par l'explosion, tandis que le ressort écarte brusquement les extrémités du fusible. Le bloc fusible est porté par des pinces isolées du panneau par des isolateurs de caoutchouc moulé vulcanisé.

Fusibles à tubes d'expulsion. — Ces fusibles s'emploient sur les primaires des circuits d'arc à courant alternatif, afin d'obvier aux accidents provenant de court-circuits dans la distribution.

Le fil fusible se trouve à l'intérieur d'un tube de fibre durcie, garnie intérieurement d'amiante. Ce tube est fermé à une extrémité par un culot métallique, ce tube est maintenu incliné entre deux pinces métalliques servant à amener le courant, tandis que l'autre extrémité laisse passer le fil qui vient se fixer extérieurement dans une pince métallique. Lorsque le fusible saute, les gaz s'échappant par l'ouverture du tube produisent un fort courant d'air qui souffle l'arc.

Pour remplacer le fusible il suffit de changer le tube.

Blocs fusibles sur isolateur. — Ces appareils sont utilisés pour relier les lignes aériennes avec les transformateurs fixés sur poteaux. L'ensemble de la boîte constitue un isolateur, de sorte qu'il n'y a pas lieu d'ajouter un isolateur pour supporter le fusible. Elle est en porcelaine émaillée noire.

Un bouchon de porcelaine, portant le fil fusible, vient pénétrer dans une cavité de l'isolateur; le contact est assuré par des pinces à ressort.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il est bon d'employer des fils d'un alliage, au lieu de fils de plomb qui s'oxydent trop facilement.

Le bouton que l'on saisit pour introduire le bouchon est pourvu d'une garde ou bouclier, pour protéger les mains, lorsque l'on coupe le circuit.

Fusibles de la Westinghouse C°.

La « Westinghouse C° » expose des fusibles à levier du type connu en France qui ont, à défaut d'autre mérite, celui d'être meilleur marché.

Le fil fusible, fixé par une mâchoire sur le support, est tendu par un levier articulé qui tendra à rompre le fil dès que la fusion sera commencée.

Cet appareil peut d'ailleurs être utilisé comme disjoncteur; il suffit, en effet, de produire la rupture du fil par un effort additionnel obtenu par l'action d'un relais.

Ces fusibles peuvent servir jusqu'à 15 000 volts.

La C^ie^ Westinghouse expose aussi des fusibles placés dans des chambres d'explosion; ces chambres sont terminées par un couteau et se montent sur le tableau au moyen de mâchoires.

Pour les basses tensions, de 110 à 1500 volts, il est préférable d'employer les fusibles à cartouche ou à vis.

Fusible cuirassé régénérable de Belliol et Reiss pour moyenne tension.

La cuirasse ou enveloppe extérieure peut être faite d'ébonite ou plus généralement de fibre, et le fil fusible proprement dit est placé à l'intérieur et entouré d'une matière pulvérulente appropriée, soit de la poudre de talc, soit de la poudre d'amiante. Ce qui caractérise ce fusible, c'est qu'il est régénérable et que les douilles fermant à ses extrémités le tube protecteur peuvent être retirées et remontées avec une grande facilité. Le tube est d'épaisseur suffisante pour ne pas éclater par suite de la fusion du fil, et cette fusion n'entraîne aucune projection de matières étant donné que les matières pulvérulentes ne laissent aucun vide à l'intérieur du tube.

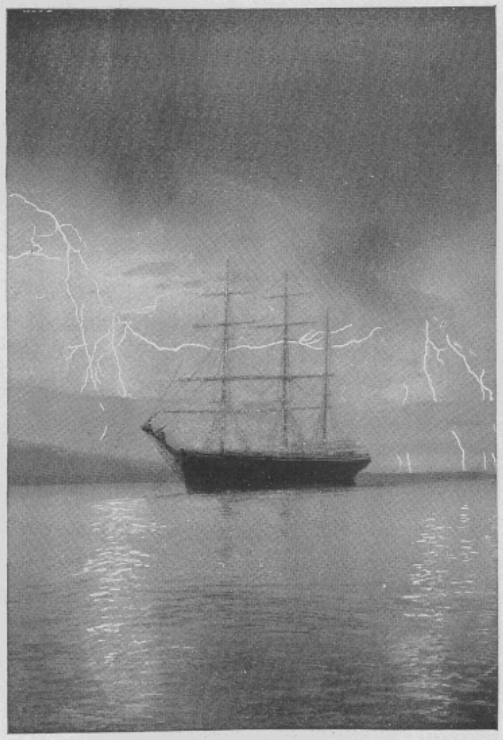
Malheureusement le fusible n'est pas ininterchangeable, et rien ne décèle extérieurement si ce fusible est fondu ou non.

Considérations générales sur les parafoudres.

La canalisation et appareils électriques ont souvent des élévations anormales de tensions dues à diverses causes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° *La Foudre.* — Elle peut se manifester de différentes façons, soit par une décharge directe sur la ligne ; il est alors très difficile d'installer des appareils de protection efficace. Il peut se produire de hautes tensions induites dans la ligne, par suite de décharge à proximité de la ligne, entre nuages ou entre un nuage et la terre, ou simplement un nuage accompagné de tonnerre. On peut alors avoir des tensions très élevées entre la ligne et la terre ou même entre les deux lignes d'un même circuit : on doit alors avoir des dispositifs permettant d'égaliser ces différences de tensions.



Photographies de décharges atmosphériques.

2° *Rupture.* — Sur les circuits à haute tension, les arcs amorcés par l'ouverture d'un circuit par un interrupteur-disjoncteur ou court-circuit produit des oscillations électriques de très grandes amplitudes. On peut doubler le voltage en réunissant la ligne à un circuit ayant une capacité considérable. Ces tensions élevées, quoique momentanées, soumettent les appareils à des efforts considérables, on doit alors disposer des chemins de passage facile pour amortir ces oscillations.

3° *Capacité.* — Lorsque l'on emploie des câbles armés pour la traversée des villes, des tensions très élevées peuvent se produire, dues à des effets de résonance, qui peuvent avoir une amplitude suffisante pour percer l'isolant des câbles qui, par suite, se détérioreront peu à peu sans que l'on puisse s'en apercevoir au premier moment.

On rencontre surtout ces effets sur les lignes qui sont partiellement aériennes et souterraines et les lignes de grandes longueurs.

4° *Mauvais fonctionnement des régulateurs des machines ou des turbines.* — Des tensions élevées peuvent résulter de l'emballement des moteurs commandant le générateur, ces emballements étant dus au mauvais fonctionnement du régulateur.

5° *Différences de tensions entre les parties d'un circuit.* — Des lignes à haute tension très longues passant dans des vallées et des pays montagneux peuvent être soumises à des tensions élevées, dues à l'inégalité de potentiel électrique aux diverses altitudes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Protection des circuits à courant alternatif contre les élévations anormales de tension.

On doit aménager des chemins de passage pour la décharge entre les lignes et la terre avec une prise de terre convenable, à moins que le réseau ne soit entièrement souterrain.

On doit offrir un facile écoulement au courant et il est souvent recommandable de placer plusieurs parafoudres en parallèle. Les différences de tension entre les lignes peuvent s'égaliser avec une plus faible intensité de courant, car ce sont surtout des tensions statiques.

Fonctionnement d'un parafoudre.

Pour décharger une ligne à la terre, on pourra faire emploi d'une simple coupure, mais il faudra en outre un dispositif permettant de souffler l'arc produit.

Si l'on dispose un grand nombre de coupures étroites en série, l'arc s'éteint alors par simple refroidissement, et aussi quelquefois parce que l'oscillation s'amortit d'elle-même.

Ces parafoudres occasionnent des efforts énormes pour les appareils, car seules les décharges à très hautes tensions peuvent les traverser; en outre, dans certaines conditions d'induction et de capacité, un parafoudre de ce type ne supprimera pas l'arc.

Il est préférable de choisir une distance fixe de coupure et de placer une résistance en série limitant ainsi le courant qui pourra la traverser sans établir un arc permanent.

En cas de décharge entre deux lignes, il est d'ailleurs nécessaire de placer une forte résistance en série, pour éviter des court-circuits francs qui feraient sauter les disjoncteurs. Ces différents appareils doivent être bien en vue, et être com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mandés par des interrupteurs, afin de permettre les réparations pendant la marche.

Emploi de bobines de réactance. — La fréquence du courant de décharge est très variable, mais elle est certainement élevée. On emploiera donc des bobines de réactance fixes, en série, pouvant supporter une grande intensité de courant, et surtout bien isolées. Un isolement par l'air serait préférable.

Emploi d'un fil de protection. — Diverses compagnies ont placé, à côté de la ligne, des fils de fer de protection; cela peut être avantageux à condition que ce fil soit mis à la terre tous les trois à quatre poteaux.

On doit préférer le fil simple au fil barbelé qui a l'inconvénient de conserver l'eau dans ses interstices.

On doit placer ce fil à 45° de la ligne ou bien le placer à côté. Cette protection sera surtout efficace contre les décharges directes de la foudre.

Mais on pourra, dans la majorité des cas, se dispenser de son emploi.

Parafoudre pour courant continu. — On est obligé dans ce cas d'avoir des dispositifs spéciaux pour éteindre l'arc. On a proposé l'emploi de parafoudres à parties mobiles, mais leur emploi est mauvais; car dans le cas de décharges répétées, la partie mobile peut se trouver dans une mauvaise position; en outre, ces arcs et les décharges détériorent rapidement ces pièces qui cessent bientôt de fonctionner.

Il est toujours préférable d'employer un souffleur magnétique qui rompra sûrement l'arc.

Connexions. — On ne doit pas chercher à économiser sur les connexions, car on risquerait de causer des accidents.

Les connexions réunissant le parafoudre à la terre doivent être, autant que possible, en ligne droite ou présenter des courbes de très grands rayons.

Lorsqu'on dispose un tuyau de fer au pied d'un poteau, on devra souder le fil à ce tuyau pour que l'inductance produite par le passage du fil dans le tuyau n'empêche pas la décharge.

Si l'on emploie des prises de terre formées par des plaques de cuivre, elles devront avoir au moins 1 m² de surface; on y soudera le câble et le joint sera couvert de goudron, la plaque étant enfoncée au milieu d'une couche de coke en poudre et placée dans un terrain toujours humide.

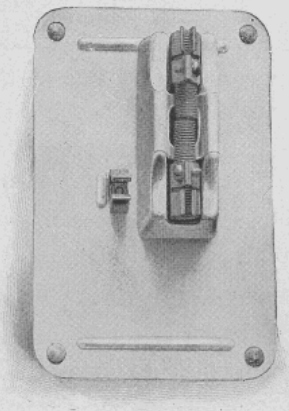
On doit dresser des plans donnant exactement l'emplacement de ces pièces de terre.

Parafoudre de la General Electric C°.

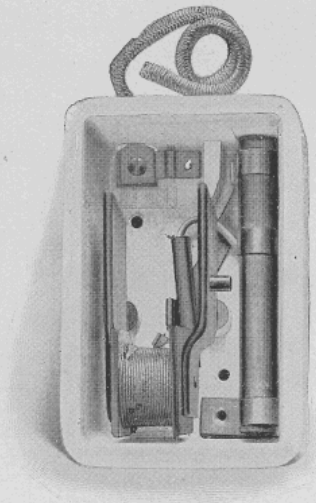
Parafoudre pour distributions à courant continu, type MD. — Ce parafoudre comprend une coupure et une résistance non-inductrice formée d'une baguette de graphite en série. Une bobine de soufflage est montée en dérivation sur une fraction de la résistance. La distance de coupure admise jusqu'à 850 volts est de 0,65 mm, et entre 2 000 à 6 000 volts elle est de 2,40 mm.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

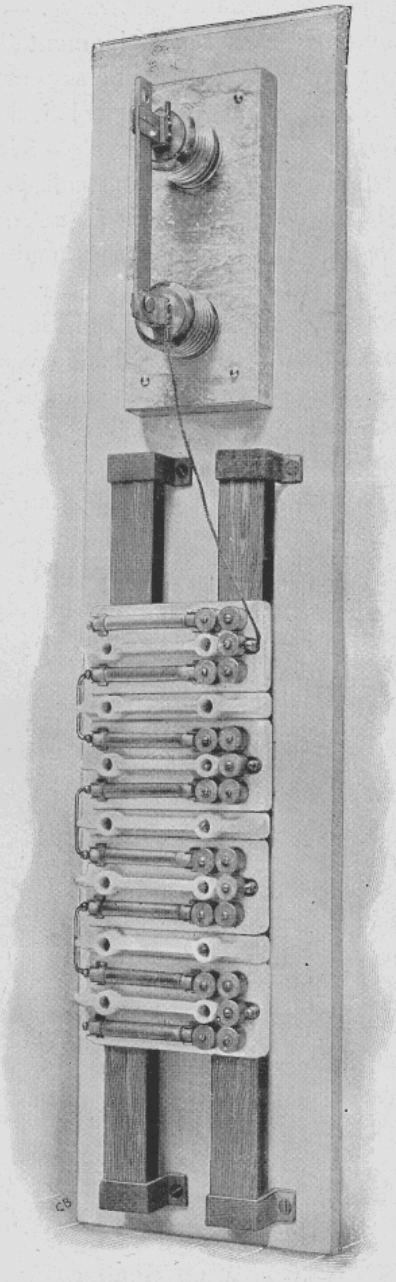
On recommande d'employer en outre des bobines de réactance. L'ensemble est placé dans une boîte en porcelaine émaillée qui ne permet pas les amas de



Parafoudre à soufflage magnétique, type MD.



Parafoudre à soufflage magnétique, type MD, pour courant continu, de 250 à 800 volts, type-station.



Panneau d'un parafoudre multiplex pour courant monophasé de 10 000 à 15 000 volts.

poussière. Les connexions sont fixées au couvercle de la boîte.

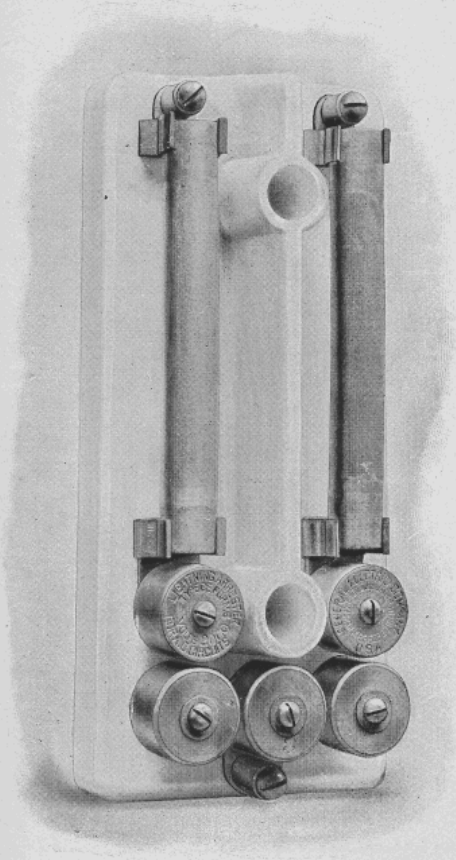
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Parafoudres pour distributions à courant alternatif. — Nous décrirons le type de parafoudre multiple qui peut servir pour les circuits polyphasés ; le milieu de chaque parafoudre est réuni par l'intermédiaire de la résistance non inductive au milieu du parafoudre placé sur la phase voisine, formant ainsi un déchargeur statique, de telle sorte que l'on a le même nombre de coupures entre chaque phase et une phase et la terre.

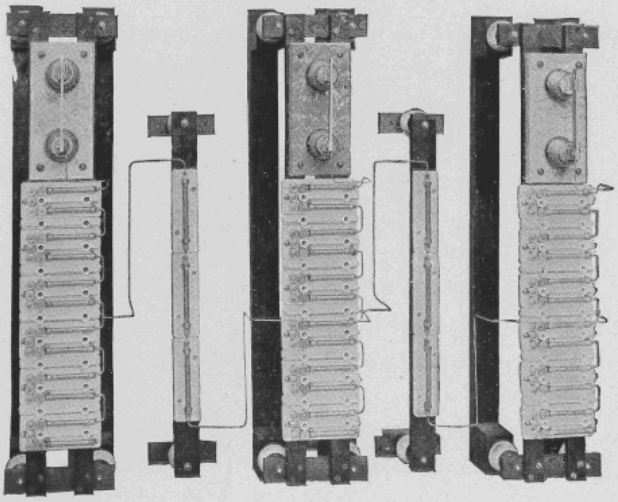
Ces parafoudres doivent, autant que possible, être séparés par un cloisonnement pour éviter les court-circuits.

Ils sont formés d'une série de cylindres en métal anti-arc entre lesquels on laisse un intervalle d'air. Ces cylindres sont mis en série avec des résistances non inductives.

On peut avoir un petit interrupteur de sécurité pour protéger le parafoudre.



Élément d'un parafoudre multiplex GE.



Parafoudre multiplex pour circuits triphasés de 15 000 à 25 000 volts

La boîte dans laquelle on place un parafoudre est garnie d'une paroi isolante.

Au-dessous de 100 volts, on a des éléments à 1 ou 2 intervalles.

1 000 à 2 000	»	»	»	2 intervalles.
3 000	»	»	»	4 »

2	en série	pour	3 000	à	5 020
3	»	»	5 000	à	7 500
4	»	»	7 500	à	10 000

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

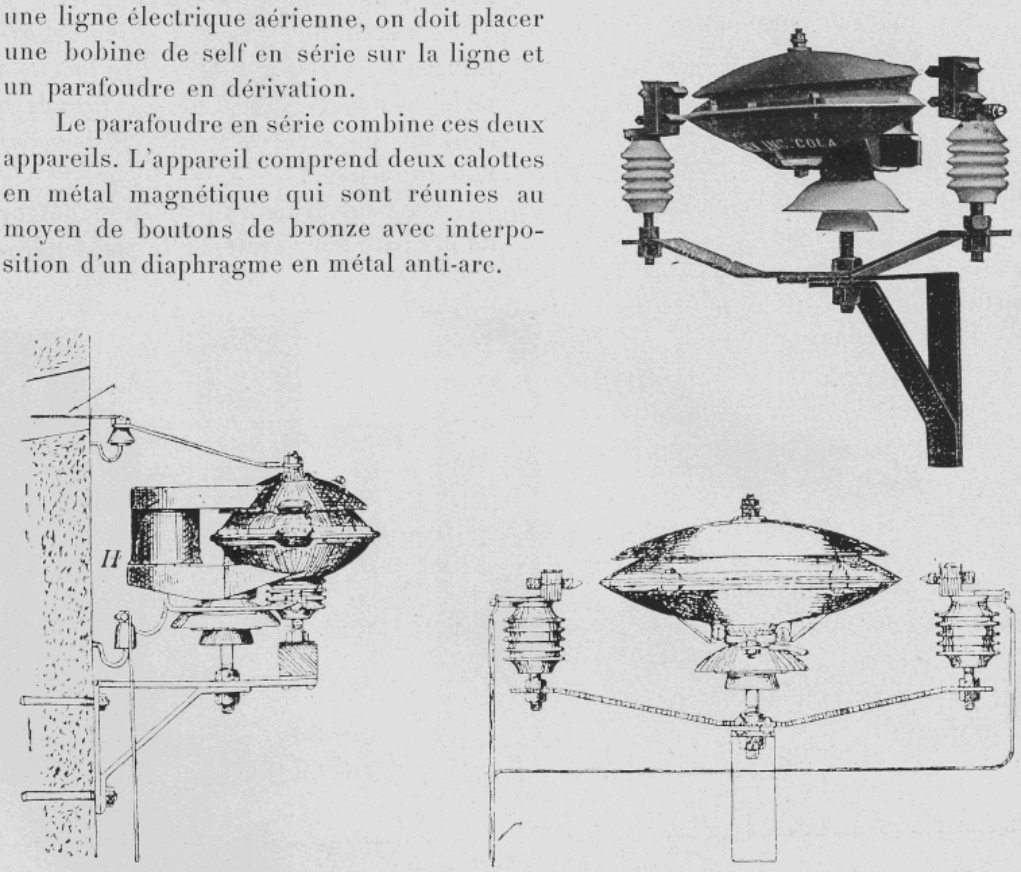
Chaque élément est monté sur porcelaine et comprend 3 à 5 cylindres de métal, et deux résistances de charbon spécial, formant une résistance d'environ 2 à 300 ohms.

Parafoudre en série de Gola.

Un ingénieur italien, M. C. Gola, de Turin, expose un type nouveau de parafoudre qu'il vient de faire breveter.

On sait que, pour protéger efficacement les bâtiments dans lesquels pénètre une ligne électrique aérienne, on doit placer une bobine de self en série sur la ligne et un parafoudre en dérivation.

Le parafoudre en série combine ces deux appareils. L'appareil comprend deux calottes en métal magnétique qui sont réunies au moyen de boutons de bronze avec interposition d'un diaphragme en métal anti-arc.



Parafoudre en série de Gola (coupe et profil).

Deux calottes placées extérieurement sont réunies électriquement, mais non magnétiquement.

Elles portent à la partie inférieure, au moyen d'un prolongement, un noyau de fer doux. Sur ce noyau est enroulée la bobine de self-induction placée en série sur la ligne.

Latéralement sont placées deux cornes qui sont reliées entre elles et à la terre au moyen d'une pièce en forme de V; les calottes ont aussi un profil en forme de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

corne et elles sont fixées par une traverse sur deux isolateurs en porcelaine portés par la pièce en V.

On comprend dès lors le fonctionnement de l'appareil. Lorsqu'une décharge atmosphérique tombe sur la ligne, deux arcs s'amorcent entre les cornes et les calottes, mais ces arcs sont rapidement éteints grâce à la présence du métal anti-arc et au soufflage magnétique produit par le champ de la bobine de self.

Parafoudre pour lignes télégraphiques.

Un nouveau parafoudre, connu sous le n° 40, a été mis sur le marché par l'*American Fuse C°*, de Chicago. Il doit être placé à l'extérieur des bâtiments, ou sur un poteau.

Il sert à la fois de parafoudre et de fusible.

Il est formé par des blocs de charbon verticaux, présentant entre eux des coupures et disposés de telle façon que la poudre de charbon produite par la décharge tombe à la partie inférieure. L'espace d'air est de 0,25 mm. Le bloc de support présente trois bornes de fixation, dans lesquelles le fil entre verticalement par la partie inférieure ; il est fixé par des vis de serrage.

Deux bornes sont réunies à la ligne, et la troisième au sol ; le bloc est supporté par une pince de fer galvanisé et un couvercle de même métal recouvre le tout.

Parafoudres pour courant alternatif, pour circuits au-dessous de 2500 volts, système Westinghouse.

Pour les circuits au-dessous de 2 500 volts, les parafoudres employés sont les types « A » ou « C » qui, bien que semblables pour leur action, diffèrent en apparence. Le type « A » est employé pour le service intérieur, et le type « C » pour le service extérieur.

Parafoudre Type « A ». — La construction de cet appareil repose sur le principe suivant, découvert par M. A. J. Wurts : « Le courant alternatif ne peut se maintenir dans une série d'espaces d'air convenablement choisis si les électrodes se composent d'un métal étouffeur d'arc. »

Ces espaces ont l'avantage d'offrir à la décharge atmosphérique un passage libre vers la terre. L'appareil en question comporte sept cylindres en métal étouffeur d'arc, placés les uns à côté des autres et séparés par un petit espace vide ; ils sont montés sur marbre et leur surface rugueuse présente une infinité de points facilitant la décharge. Les connexions partent des deux cylindres extrêmes, et de celui du milieu. Les appareils du type « A » sont construits pour 100 et 1 250 volts ; pour les circuits de 1 250 à 2 500 volts, on met deux appareils en série.

Parafoudre Type « C ». — Ce modèle est semblable au type « A », mais les cylindres sont un peu plus petits et placés dans des supports en porcelaine ; le tout

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est enfermé dans une caisse en fonte bien étanche et l'appareil est fixé à une paroi verticale.

Parafoudres pour courant alternatif à haute tension, type « L-E ». — Cet appareil est construit dans le but d'obtenir une parfaite protection des machines contre toute décharge atmosphérique et éviter ainsi, si l'installation en est bien faite, toute formation d'arc. Il se compose essentiellement des trois parties suivantes :

1° Une certaine quantité d'éléments semblables à ceux constituant les parafoudres type « C » et formant ce qui est appelé « espaces série » ;

2° Une résistance spéciale en dérivation sur une autre série d'espaces d'air semblables à ceux mentionnés ci-dessus. Cette résistance est dénommée « résistance shunt », et les espaces d'air « espaces shunt » ;

3° Une résistance spéciale en série entre la ligne et la terre.

Cet appareil fonctionne de la façon suivante :

Au moment précédant une décharge atmosphérique, le potentiel s'élève et le courant franchit « l'espace série ». Lorsque la décharge est assez considérable, elle rencontre une forte opposition dans la résistance en dérivation et franchit les « espaces shunt » ainsi que la résistance spéciale en série vers la terre.

L'arc qui tend à suivre la décharge est alors rejeté dans les « espaces shunt » par la résistance shunt et, une fois la décharge passée, l'arc est entièrement supprimé par les « espaces série » qui agissent en même temps que les deux résistances, shunt et série.

Le degré de protection est déterminé par le nombre d'éléments constituant les « espaces série », les « espaces shunt » étant proportionnés de façon à être franchis par l'arc ayant déjà traversé les « espaces série ».

Les « espaces série » suffisent pour résister au voltage normal de la ligne, avec un coefficient d'excès pour le cas où la ligne ferait terre.

Les « espaces shunt » offrent une issue à la décharge atmosphérique qui, autrement, trouverait une trop forte opposition dans la « résistance shunt ». Celle-ci a deux rôles : 1° supprimer l'arc des « espaces shunt » après le passage de la décharge ; et 2° réduire l'intensité de cet arc pour que les « espaces série » puissent le supprimer complètement.

La résistance en série, aussi peu inductive que possible, est destinée à limiter le courant qui tend à suivre la décharge atmosphérique et sert ainsi à protéger les cylindres contre un échauffement excessif.

Parafoudres pour courant continu. — La construction de ces appareils repose sur les principes suivants :

1° Une décharge atmosphérique passe sur une matière diélectrique, telle que le verre ou le bois, plus facilement qu'elle ne traverse une couche d'air de même épaisseur.

2° La décharge se fraie un passage plus facile encore si un trait de crayon ou le charbon sur le diélectrique lui trace le chemin à parcourir sur ce diélectrique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° L'arc émanant d'une dynamo ne se maintient qu'en présence de fumées ou de vapeurs métalliques pouvant provenir des électrodes dans le parafoudre, et réciproquement cet arc ne se produira pas si l'on empêche, par certains moyens, la formation de ces fumées ou vapeurs métalliques.

Construction. — On trouvera ci-après la description de quelques types normaux.

Parafoudre type « I ». — Ce parafoudre est destiné aux circuits de courant continu, jusqu'à 4 000 volts ; il est monté sur socle en marbre, pour service intérieur. Il est unipolaire et construit sur les mêmes principes que le type « K ».

Parafoudre type « J ». — Il est semblable au type « I », mais, étant destiné au service des lignes, il est enfermé dans un coffret en fonte.

Parafoudre type « K ». — Le parafoudre type « K », monté sur socle en marbre, est destiné à une usine utilisant du courant à 700 volts. L'appareil est unipolaire et comprend deux électrodes métalliques, montées sur une tablette de gaïac ; sur sa surface, des rainures carbonisées facilitent le passage de la décharge ; une seconde tablette de gaïac, ajustée sur la première, couvre complètement rainures et électrodes.

La décharge atmosphérique passe facilement d'une électrode à l'autre, en suivant les rainures carbonisées qui assurent un bon passage au travers de la couche d'air.

La résistance entre les électrodes est de plus de 50 000 ohms ; ainsi, toute perte de courant est impossible.

Aucune vapeur ne peut se produire entre les deux tablettes de gaïac, et conséquemment l'arc ne peut se maintenir.

Parafoudre type « L ». — Ce modèle est construit sur les mêmes principes que le modèle « K », mais il est destiné aux voitures et aux lignes ; au lieu d'être monté sur marbre, il est complètement enfermé dans une caisse en fonte, où l'humidité ne peut pénétrer. Cette caisse est convenablement isolée du parafoudre de la terre et des connexions du trolley.

Parafoudre Westinghouse du type M. P. — Ce parafoudre du type à multiple passage repose sur les deux principes suivants :

1° Il y a un voltage minimum au-dessous duquel un arc ne peut subsister dans une coupure, quelque petite soit-elle ;

2° Dans des conditions convenables, une décharge statique se répartira entre un grand nombre de chemins parallèles, de telle sorte que la quantité d'énergie dans chacun des chemins sera petite et ne produira pratiquement pas d'échauffement ou de détérioration.

Le parafoudre consiste essentiellement en un bloc de charbon spécialement préparé ayant une très grande surface pour la décharge comparée au chemin qu'elle a à parcourir. Le bloc offre un grand nombre de chemins conducteurs séparés, de telle sorte que la charge se divise à l'infini. Chacun de ces passages présente un grand nombre de petites coupures où la différence de potentiel est très faible. Par suite, le courant de la ligne ne pourra pas suivre la décharge, et la tension de la ligne ne sera pas suffisante pour laisser subsister un arc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En série avec le bloc de charbon, on a laissé un petit entrefer, maintenu rigidement entre deux surfaces métalliques, et qui sert à isoler le parafoudre de la ligne, sauf au moment de la décharge.

La partie active du parafoudre est enfermée dans une boîte en fonte remplie d'une composition imperméable.

Il sert pour les circuits à 250 à 850 volts à courant continu ou alternatif. Il est d'un poids très faible et est très compact. Il ne présente pas de parties mobiles susceptibles de se coller ou de se détériorer.

Appareils pour la protection des lignes aériennes
Land- und Seekabelwerke Aktiengesellschaft. Nippes-Cöln.

Il est nécessaire de protéger les lignes de transmission contre les surélévations de tension dues à la foudre ou aux effets de résonance. Cette protection est surtout nécessaire aux points où la ligne, d'abord aérienne, devient souterraine, et aux points de branchement des canalisations dérivées.

Les appareils de protection établis dans ce but par la *Land- und Seekabelwerke Aktiengesellschaft* comprennent des câbles de sûreté et des bobines de self-induction en série avec les conducteurs dérivés, et des parafoudres à passage multiple en dérivation entre le feeder et la terre.

Bobine de protection. — Le câble de sûreté, placé au point de branchement d'une canalisation souterraine dérivée, est un câble ayant un isolement moins bon que celui du feeder, et dont l'armature de plomb est entourée de fils de cuivre qui servent à la mettre à la terre.

En cas de surtension, l'isolant du câble de sûreté se trouve percé avant que le feeder ne puisse être détérioré.

On peut prévoir un câble de sûreté pour plusieurs branchements, mais il est plus prudent d'avoir un câble spécial par dérivation.

Le fil de sûreté est enroulé sur une bobine de façon à utiliser l'influence de la self-induction pour empêcher les augmentations anormales de courant.

Mais il faut avoir soin d'isoler les diverses armatures de plomb afin d'éviter la production de courants induits dans cette partie du câble. Les bobines sont fixées sur des isolateurs de porcelaine disposés de façon à permettre d'isoler le câble de sûreté lorsqu'il vient à être endommagé.

Parafoudre à passage multiple. — Dans les parafoudres ordinaires, la distance entre les cornes correspond à une tension bien supérieure à la tension normale de la ligne ; or il peut exister des tensions suffisantes pour détériorer le câble, mais insuffisantes pour établir le courant entre les cornes et décharger le câble.

Le parafoudre à passage multiple a été établi pour obvier à cet inconvénient ; il comporte, en plus du parafoudre ordinaire, une petite pointe placée entre les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cornes et réunie à la terre par une résistance beaucoup plus considérable que celle du conducteur normal de terre, de telle sorte qu'en cas d'élévation de tension, l'étincelle jaillit d'abord entre une des cornes et cette pointe, et le milieu, se trouvant électrisé, facilitera le passage de l'arc entre les cornes, et, par suite de la grande résistance, le courant cessera dans le conducteur auxiliaire et l'on évitera ainsi toute fusion des pièces du parafoudre.

On voit que par ce procédé la tension ne peut atteindre des valeurs exagérées et que le câble se trouvera déchargé d'une façon efficace.

Pour une ligne à tension normale de 6000 volts, le circuit auxiliaire serait établi pour laisser passer la décharge pour une tension supérieure à 7500 volts.

Bobines d'induction pour courants alternatifs et courants continus.

Rôle des bobines d'induction. — Les bobines d'induction ont, comme rôle, de présenter une résistance à la décharge atmosphérique, de façon à la rejeter dans le parafoudre ; ceci a, comme conséquence, d'éviter tout court-circuit pouvant provenir d'une élévation de potentiel à la suite d'une décharge atmosphérique.

Toute décharge atmosphérique produit dans les conducteurs des fluctuations de potentiel très prononcées ; si celles-ci passent par une bobine d'induction, elles sont réduites et inoffensives si la bobine est puissante. On comprendra que la bobine doit être soigneusement isolée, puisqu'elle reçoit la décharge avec toute sa puissance. De plus, la bobine ne devra pas s'échauffer ni causer de résistance inductive excessive dans le circuit, tout en assurant une parfaite protection.

On voit donc que les qualités requises sont en quelque sorte contradictoires ; mais ces bobines d'induction sont disposées de manière à assurer la plus grande protection sans échauffement excessif et sans dépense considérable de cuivre.

Les bobines sont constituées par un nombre déterminé (suivant la tension) de tours de fil ou rubans de cuivre, isolés avec des soins tout à fait spéciaux ; elles sont à refroidissement d'air et sont disposées de façon à pouvoir se fixer sur une paroi verticale. On se sert d'une bobine pour chaque ligne.

Emplacement. — On placera toujours la bobine d'induction entre le parafoudre et l'appareil à protéger. En général, on place la bobine près des parafoudres, surtout pour les basses et moyennes tensions ; mais pour la protection des générateurs à haute tension, il est préférable de la placer entre l'appareil à protéger et les interrupteurs, car la manœuvre des interrupteurs sur les hautes tensions a souvent comme effet une augmentation très importante de potentiel. Si au contraire les interrupteurs se trouvent entre l'appareil et les bobines d'induction, on n'obtiendra pas cette protection pendant la manœuvre des interrupteurs.

Montage. — Les bobines d'induction doivent être montées de manière à recevoir une bonne ventilation, et être assez éloignées de tout objet qui pourrait donner naissance à des étincelles au moment de la décharge.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

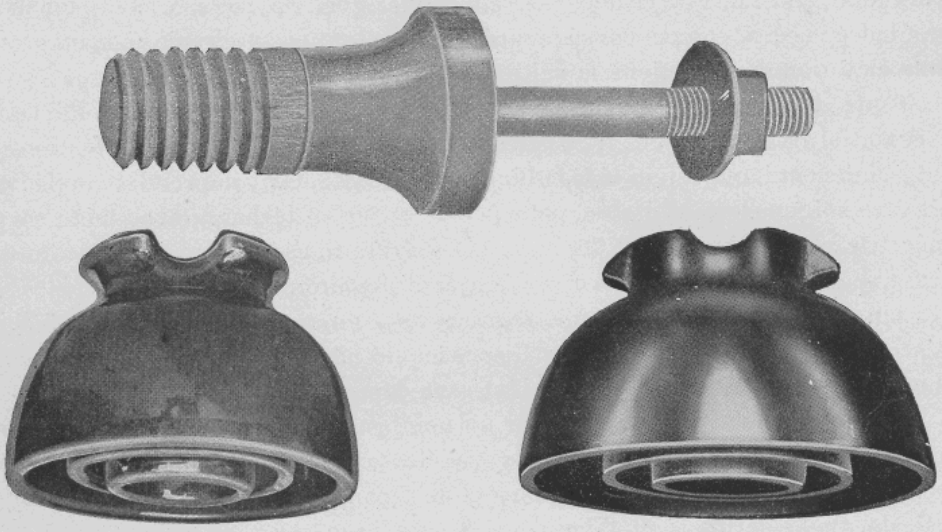
Les bobines d'induction sont faites pour les courants alternatifs à des tensions correspondantes à celles des parafoudres type « L-E », et pour des intensités en ampères de : 7, 10, 14, 19, 28, 40, 55, 75, 100, 125, 150, 180, 220, 260.

Bobine pour équipement de tramway à courant continu.

Pour les voitures de tramways, on emploie une bobine d'induction spécialement destinée au parafoudre type « L », et dénommée « bobine d'induction pare-étincelles ».

Isolateurs pour haute tension Locke.

Les isolateurs à cloche multiple ayant un grand développement dans le sens de la hauteur ne sont plus guère employés, car des pièces aussi grosses ne peuvent



Isolateurs pour haute tension Locke.

être cuites d'une façon uniforme. M. Locke, de New-York, a eu l'idée de construire l'isolateur en plusieurs pièces d'épaisseur uniforme, cuites séparément et réunies à chaud à l'aide d'un émail spécial. La tige de support est en outre protégée par un manchon de porcelaine ou de bois vissé dans l'isolateur. Grâce à ce procédé de fabrication, un isolateur du poids de 2 kg environ, de 175 mm de diamètre, d'une hauteur ne dépassant pas 110 mm, peut être employé pour des tensions allant jusqu'à 40000 volts.

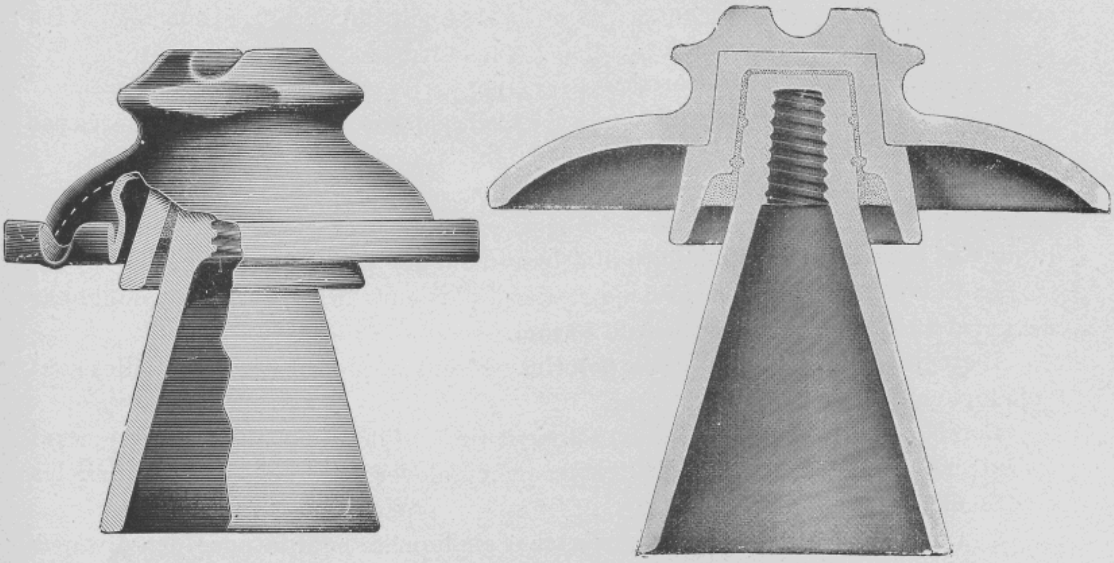
Un autre type d'isolateurs, à cloche multiple, est formé de deux pièces réunies ensemble à l'aide d'un mastic composé de glycérine et de minium.

Le type employé pour les très hautes tensions (isolateur Victor) est formé d'une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tête en porcelaine de grand diamètre (environ 27 cm) portant sur les bords de sa circonférence une sorte de gouttière dans laquelle est recueillie l'eau de pluie ; deux becs disposés dans le plan du conducteur permettent à l'eau de s'écouler en dehors de la traverse sur laquelle est fixé l'isolateur. La partie supérieure de l'isolateur, très allongée est en verre ou en porcelaine et est soudée à chaud à l'aide d'un émail. La tige en acier est entourée d'un manchon en porcelaine conique, portant à la partie supérieure une pièce filetée en bois paraffiné qui pénètre dans l'isolateur.

Ce type présente une grande résistance d'isolement au point de vue statique et aussi une grande résistance d'isolement superficiel, parce que sa partie centrale, de diamètre relativement faible par rapport au développement de sa partie supérieure, a une forme très oblongue.



Isolateurs pour haute tension Locke.

La présence du bois dur assure une certaine élasticité, fatigue donc moins l'isolateur et fait baisser la capacité de la ligne formant une sorte de condensateur, dont la seconde armature est formée par les conducteurs voisins.

La ligne de 240 km installée par la « Standard Electric C° » en Californie, entre Colgate et Oakland, était portée sur des isolateurs de ce type permettant d'atteindre des tensions de 40 à 60 000 volts.

Conduites de la Camp C°.

Les canalisations souterraines aux États-Unis et dans certains pays étrangers, parmi lesquels la Belgique, sont disposées dans des conduites de poterie que l'on établit dans des tranchées creusées sous les rues. Des regards sont établis de distance en distance, de façon à permettre le tirage des câbles à l'intérieur des conduites, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les épissures. On conçoit que ce procédé permettra le remplacement facile des câbles détériorés.

Les conduites de la « *Camp C°* » sont formées de petits tuyaux de poterie munis d'emboîtements, et présentant une section extérieure telle que les tronçons correspondant aux diverses canalisations pourront être juxtaposés dans la tranchée, de façon à former un bloc maçonné.

Ces poteries se font en longueurs de 45 cm, et ont habituellement 108 cm de côté, mais on peut obtenir des poteries ayant 51, — 63 5, — 89 et 102 mm de côté.

Elles présentent une ouverture cylindrique recouverte intérieurement d'un émail vitrifié, ayant un diamètre de 76 cm.

Grâce à l'emploi de tronçons de faible longueur, il est possible d'obtenir des courbes d'un faible rayon, comme l'on en trouve souvent dans les tranchées et les égouts, sans que ces tronçons forment des angles trop accentués.

On peut d'ailleurs, dans certains cas, employer des tronçons courbés.

Les réparations de la conduite se font en remplaçant les tronçons détériorés par une poterie en deux parties séparées longitudinalement.

Les diverses poteries reposent sur une couche de béton et sont également entourées d'une couche de béton de 75 mm, qui a pour but d'empêcher les détériorations en cas où l'on voudrait faire ultérieurement une autre excavation.

La Compagnie fournit aussi des poteries à plusieurs trous, ayant une longueur de 1 m et des largeurs d'ouverture de 83 mm.

Il est impossible d'obtenir des poteries présentant plus de six trous, elles sont déjà fort coûteuses.

Lorsque la conduite est établie, on vient tirer à l'intérieur un mandrin portant à l'extrémité un bourrelet de caoutchouc pour enlever les détritus et prévenir les obstructions.

Ces conduites sont très avantageusement appliquées pour la pose des diverses canalisations du réseau téléphonique de la ville, car elles permettent des réparations faciles et ne nécessitent pas l'emploi de conducteurs armés.

Appareils électro-automatiques de sécurité système Monarch.

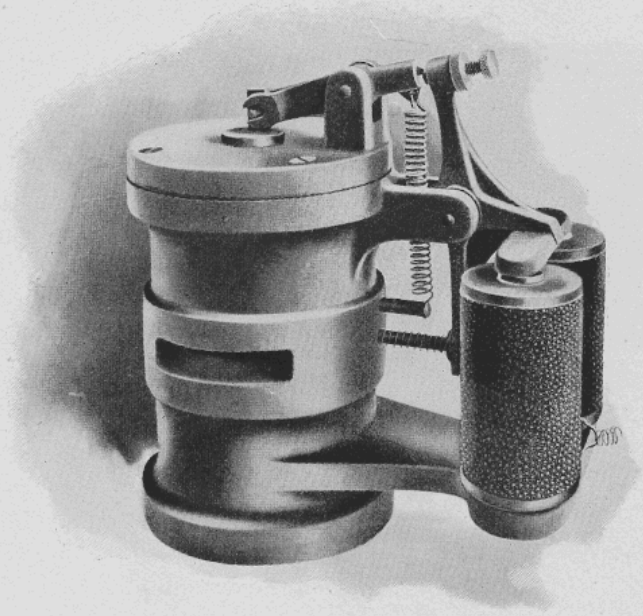
La Compagnie *Consolidated Engine Stop*, de New-York, s'est spécialisée dans la construction des régulateurs de machines à vapeur, et elle a récemment adopté un nouveau système de régularisation électro-mécanique permettant de commander à distance l'arrêt d'une machine et d'empêcher les emballements.

1° Le principal appareil est l'*arrêt automatique* pour moteur, qui agit pour fermer la venue d'admission de vapeur.

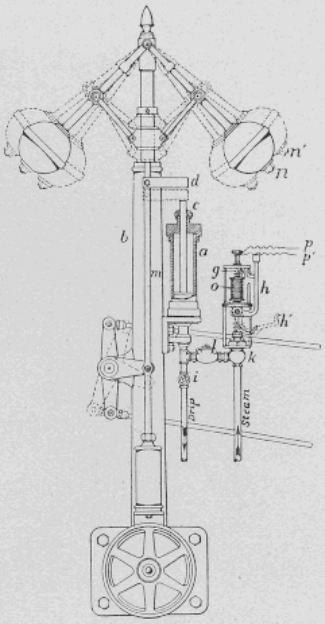
Cet appareil consiste principalement en un treuil actionné par un contrepoids que l'on remonte à la main, et qui commande, au moyen d'un pignon et d'une chaîne, la fermeture de la vanne d'admission. La rotation du treuil est rendue impossible

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

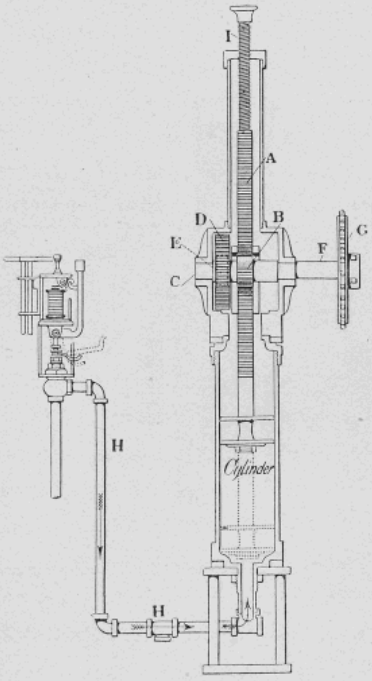
par l'action d'un cliquet s'engageant dans les dents d'une roue à rochet. Un électro-



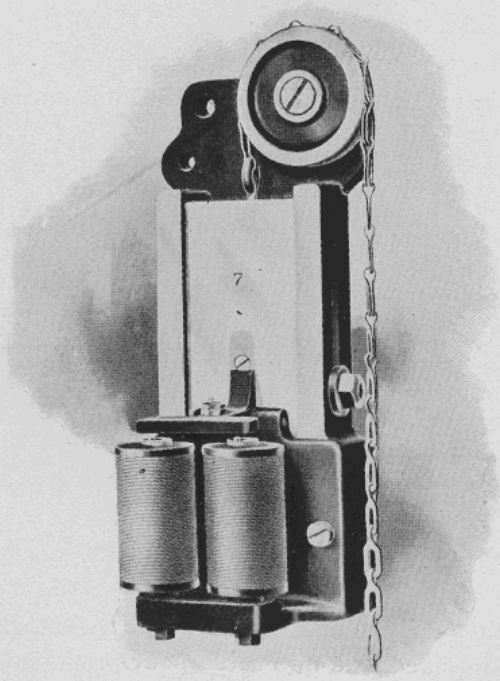
Soupape de condenseur.



Régulateur.



Régulateur.

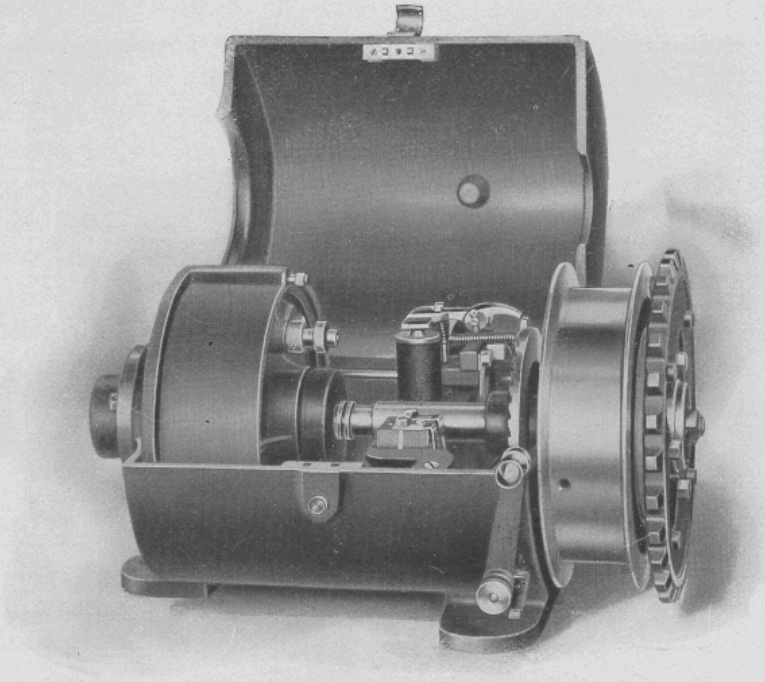


Interrupteur.

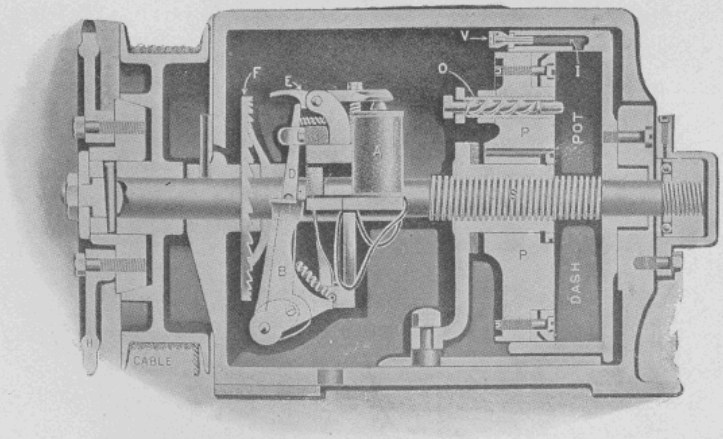
Appareils de commande électro-mécaniques Monarch.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

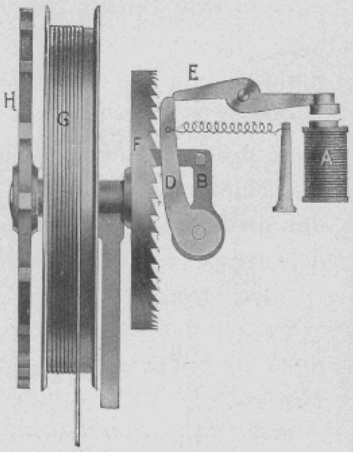
aimant dégage le cliquet lorsqu'il est excité par le courant fourni par quelques



Arrêt Monarch.



Coupe de l'arrêt.



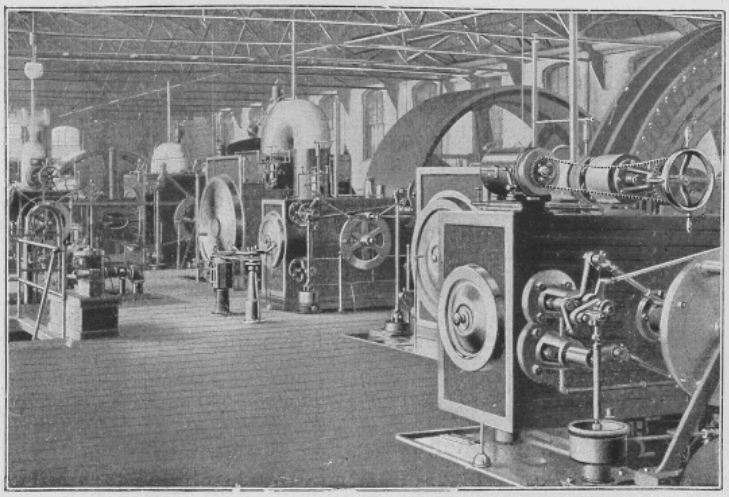
Détail de l'encliquetage.

éléments d'accumulateurs, de telle sorte qu'il suffira de fermer un interrupteur à un point quelconque de l'usine pour produire l'arrêt de la machine.

Ce dispositif produirait un arrêt trop brusque si l'on n'avait adjoint un dispositif pour limiter l'action du treuil; ce dispositif consiste en un piston qui se déplace

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sans tourner, grâce à un écrou se vissant sur l'extrémité de l'arbre et qui comprime de l'air dans le fond de la boîte; l'air comprimé peut s'échapper par un petit

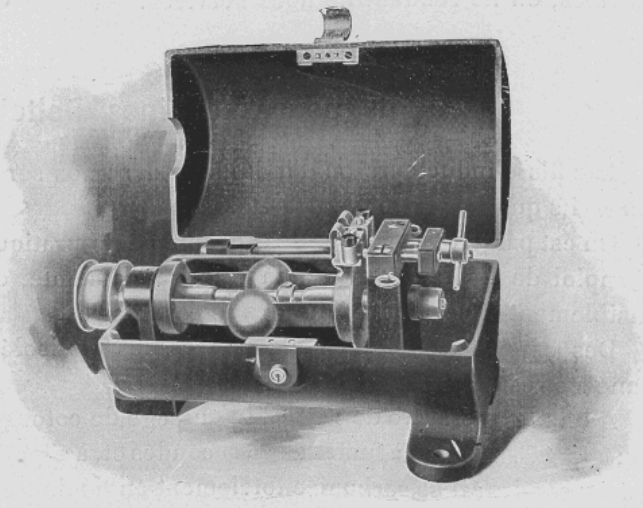


Dispositif Monarch pour la commande des vannes d'admission.

orifice pourvu d'une soupape réglable, suivant la vitesse de déplacement et, par suite, suivant le temps de fermeture que l'on désire obtenir.

Le piston est, en outre, pourvu d'une soupape dont la tige vient buter à fin de course contre le fond de la boîte pour produire vers la fin la fermeture brusque et définitive de l'admission de vapeur.

Un gong électrique avertit le mécanicien au moment où la vanne va se fermer.



Appareil-limiteur de vitesse.

2° *Limiteur de vitesse*. — Cet appareil est un régulateur centrifuge à boules, dont le manchon se déplace dès que la vitesse devient trop grande, pour fermer un contact d'un circuit réuni à l'électro-aimant de l'appareil précédent.

3° Une *soupape*, établissant automatiquement la communication entre le condenseur et l'atmosphère, est également actionnée par un électro-aimant recevant le courant en même temps que les appareils précédents.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4° Un *interrupteur* permettant de couper la communication de la dynamo avec les barres. Cet interrupteur d'une forme quelconque est actionné au moyen d'une chaîne rappelée par l'armature d'un électro-aimant.

Ces appareils peuvent prendre diverses formes suivant les machines auxquelles ils sont accouplés.

Si l'on veut, par exemple, obtenir la régulation électro-mécanique d'une machine Corbin, on agira directement sur le régulateur à boule au moyen d'un piston à vapeur qui déplacera par leviers le manchon du régulateur; la vapeur sera admise dans ce piston par une vanne et une soupape d'arrêt, l'ouverture de la soupape étant produite par une tige qui s'enclenche avec l'armature du régulateur et qui sera dégagée lorsque l'électro-aimant sera excité. L'ouverture du circuit provoque la fermeture de la soupape, et l'ouverture d'un robinet d'échappement permettant l'évacuation de la vapeur du cylindre, de telle sorte que le piston pourra s'abaisser, et le régulateur reprendra sa position normale.

Ce dispositif de commande à vapeur peut aussi s'adapter à la commande des machines à vapeur, le piston commandant, dans ce cas, au moyen d'une tige à crémaillère et d'une réduction de vitesse, le pignon et la chaîne fermant la vanne. Un ressort antagoniste réglable s'oppose au déplacement brusque du piston et la fermeture rapide de la vanne.

Ces divers appareils sont très répandus aux États-Unis, dans les stations centrales, où ils rendent de bons services.

Fils pour machines Deltabeston.

Les fils d'inducteurs ou d'induits de dynamos sont soumis à des échauffements successifs qui détruisent peu à peu l'isolant.

On est parvenu à réaliser des enroulements pratiquement indestructibles, grâce à l'emploi de fils recouverts d'un guipage d'amiante, dont le diamètre ne sera pas sensiblement supérieur à celui des fils ordinaires.

Des expériences sur les résistances des fils isolés à l'amiante et au coton ont donné les résultats suivants :

A une température de 147° C, le guipage de coton charbonne et se détruit peu à peu; à 199° C, il se met à fumer en 20 secondes et, à 239° C, il est complètement décoloré en 50 secondes; il se carbonise totalement en 2 minutes et 15 secondes à 245° C.

Ces températures sont en réalité excessives, mais elles montrent combien il faut peu de temps pour que l'enroulement d'un moteur de tramway soit détruit.

Le fil Deltabeston a pu être amené au rouge sombre, ce qui représente une température de 600° C sans que l'isolant soit détruit.

Ces câbles se font pour les diverses sections comprises entre les n^{os} 4 à 18 de la jauge B et S.

Pour faire les bobinages avec ces types de câbles, il est préférable d'employer des enrouleurs spéciaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

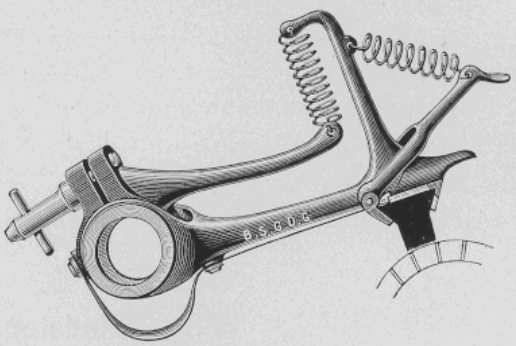
Le fil pris sur le dévidoir s'enroule sur une poulie à gorge inclinée sur laquelle il fait trois tours ; le brin placé au fond de la gorge, c'est-à-dire enroulé sur le plus petit cercle, s'enroule ensuite sur la bobine.

La rotation de la roue est réglée par un frein qui est calé sur une roue d'engrenage auxiliaire.

Porte-balai " Supra " Boudreaux.

Ce nouveau porte-balai est composé de deux parties indépendantes insérées l'une dans l'autre, l'une pouvant se fixer solidement, par le serrage d'une bague fendue, sur la tige supportant les porte-balais ; l'autre, au moyen d'anneaux, pivote librement autour de cette tige.

La première porte, à son extrémité opposée au serrage, un ressort de tension qui la rattache à la deuxième ; comme il est facile de le voir, ce ressort exerce une pression normale des balais sur le collecteur, c'est-à-dire perpendiculairement à la génératrice du collecteur.



Porte-balai « Supra ».

La deuxième partie, constituant le porte-balai proprement dit, se compose de deux pièces dont l'ensemble forme une pince entre les mâchoires de laquelle le balai de charbon est énergiquement serré.

Ce serrage, exercé par un ressort dont l'action est décuplée par les grands bras de levier de la pince, assure constamment un contact intime entre le balai et le conducteur souple de cuivre qui se rattache à la première partie du porte-balai fixé sur la tige collectrice des porte-balais.

Les avantages réclamés pour ce système de porte-balais sont : l'emploi exclusif de l'acier qui permet d'avoir des pièces plus légères et ayant moins d'inertie, de telle sorte que les vibrations seront diminuées et le contact sera toujours bien assuré.

L'action du ressort est complètement utilisée puisqu'il prend appui sur l'extrémité fixe du porte-balai et qu'il agit normalement sur la tête du balai. Le mode de fixation du balai est très énergique, ce qui assure toujours un bon contact et n'offre pas l'inconvénient de se desserrer comme le font les vis employées dans ce but.

La position du balai par rapport au collecteur est invariable, de telle sorte que les files de balais sont toujours alignées.

Le porte-balai « Supra » est fabriqué en trois grandeurs, les parties alésées montées sur le support des porte-balais ont respectivement 14, 20 et 30 mm d'alésage ; la distance entre le milieu du charbon et le centre de la partie alésée est de 58 mm pour le petit modèle, 82 mm pour le moyen et 112 mm pour le grand.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Groupe 68

ÉLECTROCHIMIE

CLASSE 434

PILES. — ACCUMULATEURS.

A signaler, dans cette classe, une modification de la pile de Lalande et Chaperon.

Parmi les accumulateurs exposés, citons ceux de Thomas A. Edison, de la *Dayton M/g. C°*, ainsi que des batteries d'accumulateurs pour automobiles de la *Gould Storage Battery C° ;* enfin les accumulateurs Henri Fredet présentant un caractère particulier de formation des plaques positives.

Piles Gladstone-de Lalande.

Cette pile est une variante de la pile de Lalande et Chaperon, bien connue en France.

Elle se compose d'une plaque d'oxyde de cuivre aggloméré, maintenue dans un cadre en cuivre par deux ressorts et d'une plaque de zinc amalgamé. L'électrolyte est une solution de soude caustique à 20 % recouverte d'une couche d'huile minérale pour prévenir la carbonatation.

Les piles Gladstone-de Lalande étaient exposées par la *Batteries Supply C°* de Newark, N. J.

Pile modèle, de la République Argentine, à séparation par densité.

Cette pile est appliquée dans les divers bureaux de télégraphie de la République Argentine.

D'après les essais réalisés par l'ingénieur technique, 44 éléments du type Daniel peuvent être remplacés par 6 éléments de ce type.

Ces piles sont constituées :

1° D'un vase cylindrique en verre de 12 cm de haut, 11 cm de diamètre intérieur et 12 cm de diamètre extérieur, et dont le bord supérieur est paraffiné sur une hauteur de 15 mm ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° D'un disque de zinc pur amalgamé, de 10 cm de diamètre extérieur et 3 cm de diamètre intérieur et de 1 cm d'épaisseur radiale, porté au moyen de 4 bras sur un moyeu que l'on fixe sur le couvercle au moyen d'une vis, ce couvercle étant formé d'une plaque de bois paraffiné ;

3° Une spirale de cuivre de 60 cm de long et 15 mm de large est maintenue au fond du vase. Un fil de 62/100 de millimètre de diamètre et recouvert de caoutchouc est soudé à l'extrémité de cette spirale et sort du vase par un orifice ménagé dans le bouchon ;

4° Un verre de lampe est maintenu par le couvercle et sert à verser le sulfate de cuivre destiné à régénérer les piles, le sulfate de zinc pouvant être versé par la partie supérieure.

Accumulateurs Edison.

M. Thomas A. Edison exposait pour la première fois ses accumulateurs; nous croyons donc intéressant d'entrer dans quelques détails sur leur construction et leurs propriétés.

Les éléments d'accumulateurs construits actuellement se font en trois grandeurs qui diffèrent par leurs dimensions et le nombre de plaques.

La capacité totale de l'élément est de 140 ampères-heure, ce qui donne une puissance utilisable de :

Débit en ampères.	Capacité Watts-heure.	Capacité spécifique W.H. par kg.
38	173	30,2
120	145	23,4

L'enveloppe de l'élément, ou bac, est formée d'une mince tôle d'acier ondulée, nickelée par un procédé spécial; le couvercle est soudé et porte quatre ouvertures dont deux servent au passage des connexions et sont garnies de bouchons en caoutchouc. La troisième est utilisée pour le remplissage et est pourvue d'un bouchon à charnière ; la dernière sert pour l'échappement des gaz et est obturée par une soupape et une toile métallique à mailles très fines destinée à retenir le liquide entraîné.

L'élément contient 18 plaques qui sont maintenues à une distance de 1,2 mm par des cloisons en ébonite.

Ces plaques sont formées de grilles composées d'une feuille d'acier nickelée de 0,6 mm d'épaisseur, 125 mm de largeur et 260 mm de hauteur, présentant 24 alvéoles pouvant recevoir les pochettes de matière active. Les pochettes, en mince tôle d'acier nickelée et finement préparées, contiennent la matière active ; elles sont placées dans les alvéoles, puis serties à la presse hydraulique; elles ont alors une forme légèrement concave, ce qui permet un libre foisonnement de la matière active. La plaque a un poids de 138 grammes et une épaisseur de 2 mm.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La matière active de la plaque positive est un oxyde de nickel en poudre impalpable mélangé à une substance conductrice telle que du graphite en paillettes, de façon à assurer une bonne conductibilité à l'ensemble. La matière de la plaque négative consiste en poudre de fer impalpable mélangée également avec une substance conductrice.

L'électrolyte est formée d'une solution aqueuse à 20 % de potasse. Le poids de la matière active introduite est de 3,2 par pochette, soit 922 grammes par plaque et de 4,6 pour la plaque négative, soit 662 grammes; le poids de l'électrolyte est de 1,40 kg, soit 25 % du poids total de l'élément.

On peut admettre en théorie qu'au moment de la décharge l'oxygène de la plaque positive se reporte sur la plaque négative par les réactions suivantes :

Conditions.	Plaque positive.	Électrolyte.	Plaque négative.
Charge.....	$2\,NiO^2$	$2\,KOH + 2\,H^2O$	Fe
Décharge.....	$Ni^2O^3, 2\,KOH$	H^2O	H^2O, FeO
Décharge.....	Ni^2O^3	$2\,KOH + H^2O$	FeO

Pendant la décharge, on peut remarquer les phénomènes suivants :

Le voltage tombe rapidement après la charge de 1,7 volt à 1,58 volt. Le voltage se maintient ensuite sensiblement constant. Puis il tombe lorsque l'élément est totalement et presque complètement déchargé à 0,75 volt, valeur à laquelle le voltage peut se maintenir constant pendant un certain temps.

Un élément du type E-18 a une capacité de :

$$1{,}3\ V \times 141\ Ah, \text{ soit } 183{,}3\ wh.$$

Ce qui correspond à 31,9 wh par kg. Cette capacité étant à peu près constante quel que soit le régime de décharge.

La résistance intérieure est peu variable et est comprise entre 0,002 et 0,003 aux températures usuelles.

Pendant la charge, la différence de potentiel se maintient à 1,6, volt, puis monte, vers la fin, à 1,75 volt; il se produit un abondant dégagement gazeux; ces gaz forment un mélange explosif et contiennent une grande quantité d'oxygène.

On peut compter qu'en moyenne le rendement en quantité varie entre 65 à 75 % et croît lorsque la quantité d'électricité fournie diminue ; enfin le rendement en énergie reste voisin de 51 à 52 %.

L'élément perd 15 % de sa charge au bout de 8 jours de repos.

L'encombrement d'une batterie Edison est supérieur de 6 % à celui d'une batterie au plomb de même capacité.

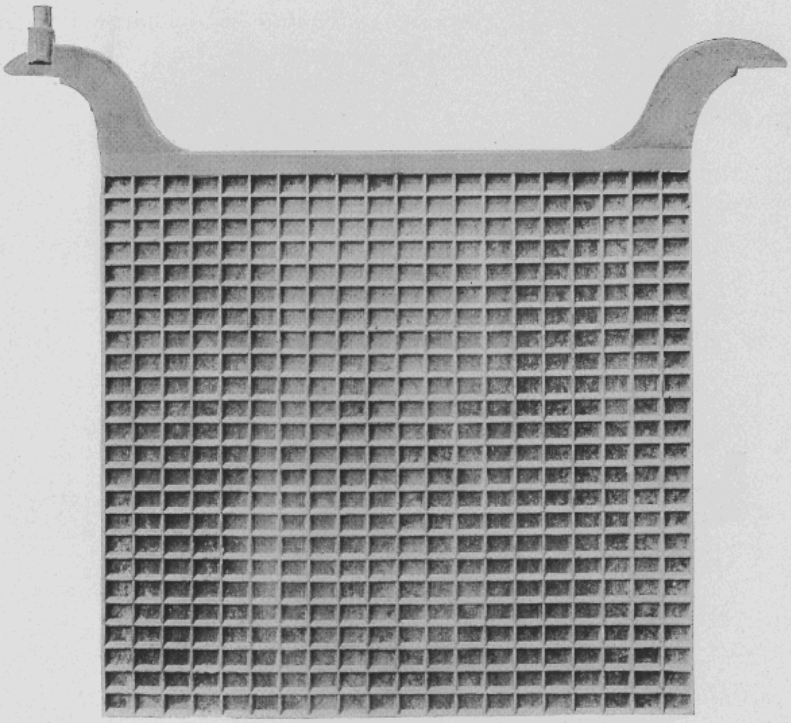
On peut conclure de cet exposé que l'élément Edison a pour caractéristique principale de conserver une capacité élevée, quel que soit le régime de décharge, et d'être très résistant aux détériorations; il paraît donc très bien convenir pour les services de la traction automobile.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Accumulateurs électriques Henri Fredet.

Les accumulateurs de M. Henri Fredet sont caractérisés par la nature de leurs plaques positives dont la formation a été effectuée avec le concours du sulfhydrate d'ammoniaque.

Les plaques convenablement empâtées sont plongées dans une solution de sulfhydrate d'ammoniaque, puis exposées à l'air; sous l'action oxydante de l'air,



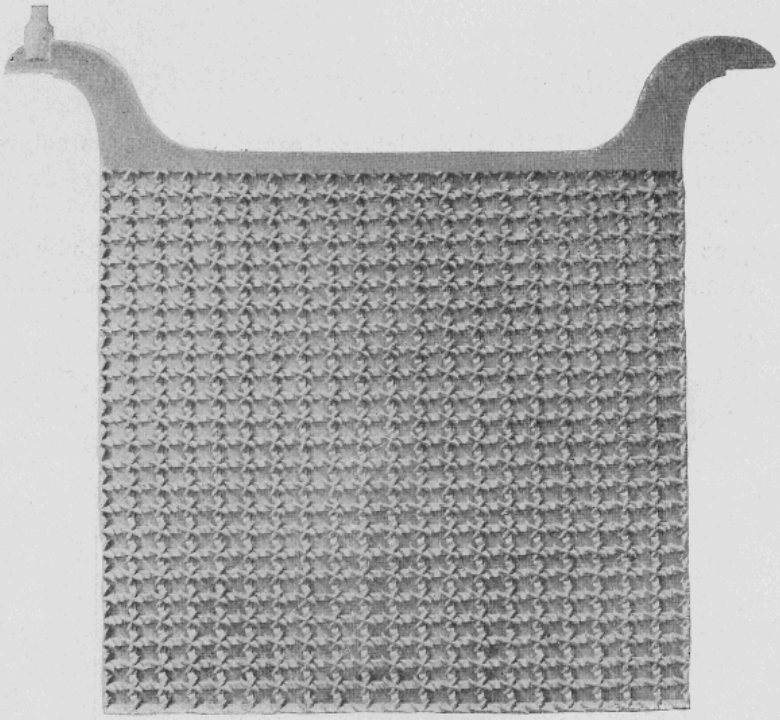
Plaque sortant de fonderie.

il se produit peu à peu des polysulfures et des dépôts de soufre. Le soufre précipité cimente en quelque sorte la matière active et empêche ces plaques de se désagréger. La présence de ces composés multiples entraîne une très notable augmentation du poids spécifique de la matière.

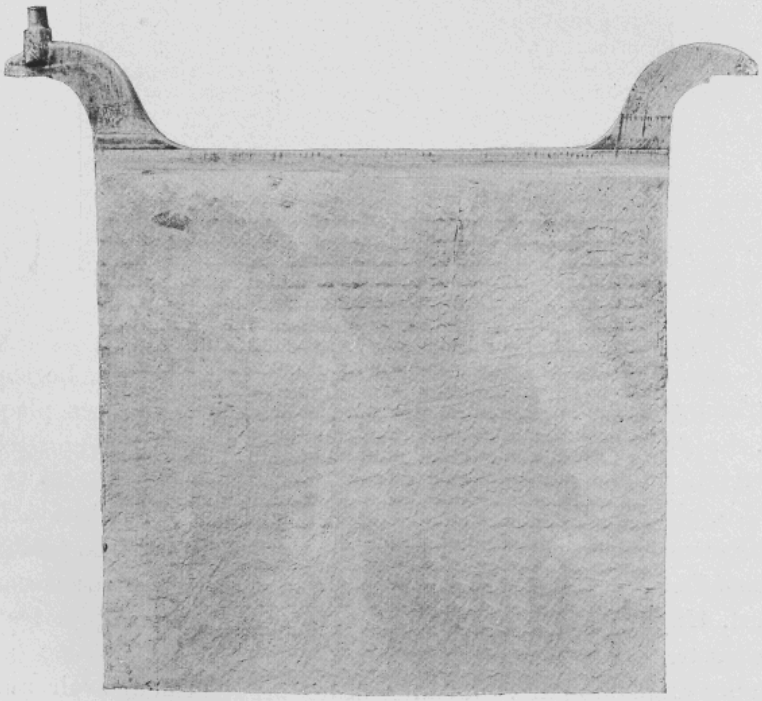
Quand les plaques sont immergées dans le bain et soumises à l'action du courant, il y a formation de sulfite d'ammoniaque qui décompose les produits nitreux contenus dans l'acide, et préserve en même temps les négatives d'une attaque à circuit ouvert. L'hydrogène sulfuré, pendant l'immersion, précipite les impuretés formées par les traces d'arsenic, à l'état de sulfure.

Les plaques en plomb pur sont coulées sous pression pour avoir une homogénéité suffisante. Les nervures croisées sont ensuite façonnées de manière à former

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Plaque-support non empâtée.

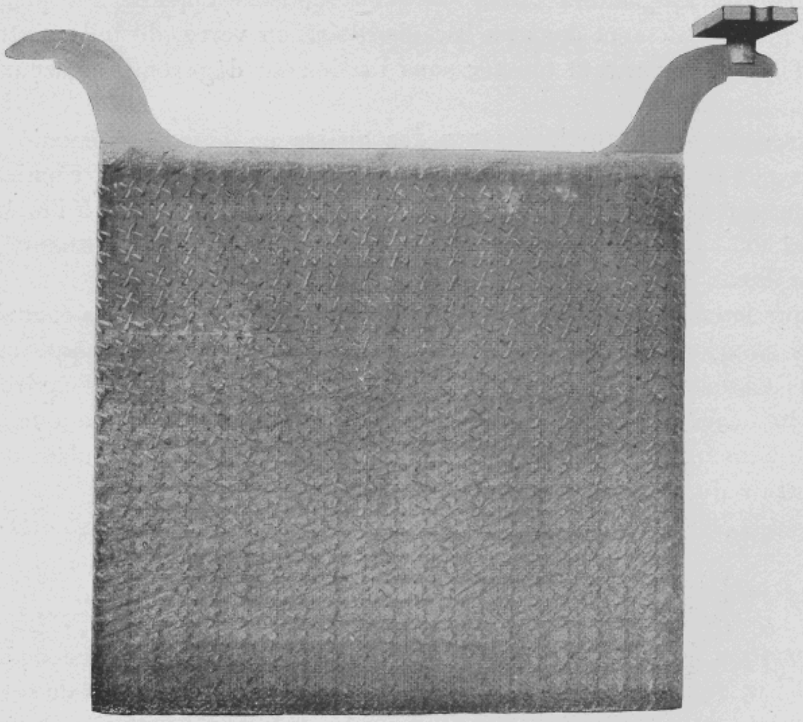


Plaque empâtée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des griffes, puis elles sont empâtées à la manière ordinaire. Un broyeur-mélangeur travaille la pâte, que l'on place humide dans les alvéoles. Puis on la laisse durcir pendant un certain temps. Les diverses plaques sont ensuite soudées électriquement à leurs connexions.

Ainsi que dans les accumulateurs ordinaires, la première charge (de formation)



Plaque ayant un an de service.

se fait pendant dix jours avec un électrolyte à 5° B, la charge définitive se faisant à 28°, 30° B, le courant étant maintenu seulement quelques heures.

Monsieur H. Fredet réclame pour ses accumulateurs les avantages suivants : voltage maximum moins élevé et voltage minimum plus élevé que les accumulateurs ordinaires.

Batterie d'accumulateurs lavable de la Chicago Storage Battery C°.

Ces accumulateurs présentent cette intéressante particularité de pouvoir être lavés facilement sans toucher aux connexions; il suffit, en effet, d'enlever une bonde placée à la partie inférieure pour faire écouler tout le liquide.

Le bouchon de fermeture du trou est formé de deux plaques de métal qui serrent entre elles un bourrelet de caoutchouc qui vient se loger dans une rainure circulaire de la paroi du bac. Le serrage est produit par un écrou à oreilles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Batteries d'accumulateurs de la Dayton Mfg. C°.

La *Dayton Mfg. C°* s'est surtout spécialisée dans la construction d'accumulateurs pour l'éclairage des wagons, mais elle a récemment établi un nouveau type de batterie fixe, d'une forme particulière, dans laquelle les plaques sont disposées horizontalement dans un bac circulaire en verre, de telle sorte que les pastilles d'oxyde ne peuvent tomber sous l'action du dégagement gazeux pendant la charge.

Les plaques sont constituées par des grilles en plomb antimonié empâtées et durcies par un procédé spécial. Celles de même polarité sont réunies par des boulons de plomb dur de 12 mm de diamètre environ, contenant à l'intérieur une tige d'acier de 3 mm, qui assure une rigidité suffisante. Les écrous sont également en plomb dur.

Lorsque les éléments ont été assemblés, les écrous sont soudés électriquement de façon à assurer une parfaite connexion électrique. Entre les plaques on dispose des écrans en matières poreuses; ces séparations s'imprègnent d'environ 7/8 de l'électrolyte nécessaire pour la décharge normale, de telle sorte que si le bac vient à se renverser ou à se briser l'élément peut encore, pendant un certain temps, fournir du courant.

Exposition de la Gould Storage Battery C°.

L'exposition de la Gould Storage Battery C° occupait un espace de 244 m de long sur 64 m de large; elle comprenait une série d'accumulateurs, de survolteurs, de tableaux et autres appareils employés pour le réglage des batteries. Les éléments exposés ont des dimensions variant entre 76/76 mm pour les plus petites tailles et 775/394 mm pour les plus grandes.

Un nouveau type de plaques qui a été récemment établi par la *Gould Storage Battery C°* mesure 470/490 mm; il est destiné à être employé aux endroits où le terrain est précieux et l'espace horizontal très réduit. Les éléments du type « U » contiennent 49 plaques de ce type et une capacité de 5700 ampères-heure. Le plus gros élément exposé contient 101 plaques du type « T » et a une capacité de 16000 ah. Cette batterie a, paraît-il, une capacité de 30000 ampères-heure en décharge momentanée. Les autres éléments exposés sont du type « B » et « O ». Une des parties les plus remarquables de cette exposition est une installation complète de 60 éléments du type « O-7 », placés dans des bacs en bois doublés de plomb du type « O-13 ». L'installation comprend en outre un tableau complet et un survolteur auxiliaire. Cette batterie est utilisée pour l'éclairage du stand. Le tableau est en marbre bleu de Vermont; il sert au réglage d'un groupe moteur-générateur, recevant le courant à 220 volts et alimentant à 110 volts le survolteur.

L'exposition comprend, en outre, des accumulateurs servant à la traction et des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

accumulateurs pour voitures automobiles et l'éclairage des wagons; ils sont du type à positive électro-chimique et négative empâtée, ce qui leur donne une plus grande résistance et une plus grande solidité.

Batteries d'accumulateurs pour automobiles de la Gould Storage Battery C°.

Ces batteries du type E. P. sont ainsi constituées : les plaques positives sont en plomb pur et présentent des subdivisions qui augmentent la surface dans le rapport de 20 à 1. Elles sont à formation électrochimique. Les plaques négatives sont du type à oxyde rapporté; cet oxyde est maintenu très solidement par le support, de sorte que la résistance mécanique paraît bien assurée.

Les séparations sont formées par deux plaques d'ébonite perforées, entre lesquelles se trouvent des bandes d'écartement.

Les accumulateurs courants sont formés de neuf plaques de 150 × 210 mm et ont les dimensions extérieures suivantes : longueur, 159 mm; largeur, 108 mm; hauteur 273 mm. Le poids de l'ensemble est de 14,8 kg.

Exposition de l'Electric Storage Battery C°, de Philadelphie.

Cette Compagnie expose différents types d'accumulateurs parmi lesquels trois éléments du type H-61, ayant une capacité de 4800 ampères-heure, une batterie-tampon modèle, ainsi qu'une installation compensatrice pour distribution à trois fils ; cette installation est pourvue de commutateurs de 2 000 ampères à commande automatique, par moteur ou à main, à volonté, par l'intermédiaire d'embrayages.

Elle expose également deux survolteurs, dont l'un est utilisé pour la charge de la batterie modèle, et l'autre, d'une puissance de 100 kw, peut être utilisé pour une station de tramways.

La batterie modèle comprend des éléments placés dans des bacs de bois garni de plomb reposant directement sur des isolateurs de verre supportés eux-mêmes par des madriers de bois, et d'autres isolateurs en verre placés sur des solins de briques émaillées blanches.

Le tableau de contrôle de cette batterie porte des voltmètres enregistreurs Bristol et des instruments Weston.

Les conditions dans lesquelles fonctionne cette batterie sont les mêmes que celles rencontrées dans les stations de tramways ; le générateur fournit la charge moyenne et les puissances supplémentaires sont supportées par la batterie qui se recharge automatiquement lorsque le débit diminue.

La régulation automatique de la batterie est obtenue par un petit survolteur et des régulateurs à contact de charbon.

Cette Compagnie expose aussi une seringue hydrométrique permettant de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

prendre facilement la densité des électrolytes ; elle se compose d'un tube terminé en pointe et muni d'une poire en caoutchouc servant à puiser le liquide et d'un densimètre placé à l'intérieur.

Accumulateurs Gramme.

Les **accumulateurs à poste fixe** sont du type Planté au positif, et du type Faure au négatif. La capacité est très élevée, l'usure presque nulle, le montage facile, les plaques étant jumelées.

Accumulateurs pour allumage des moteurs à essence de pétrole ou à gaz. — Ces accumulateurs se composent de deux éléments à fermeture étanche, avec des bacs en celluloïd. Les plaques sont du type Faure. Pour amortir les chocs, la boîte comporte un fond mobile soutenu par 2 ressorts ; les éléments reposent sur ce fond.

Ces accumulateurs se construisent en 6 modèles courants, de 10 à 60 ah.

Dynamos pour accumulateurs servant à l'allumage des moteurs à essence de pétrole ou à gaz. — Le modèle exposé est disposé pour être monté sur voiture automobile, et pour être commandé soit par engrenage, soit par courroie ; un coupleur automatique ferme le courant de la dynamo sur les accumulateurs lorsque la vitesse est suffisante. Les accumulateurs se chargent donc sans aucune manœuvre du conducteur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CLASSE 435

MATÉRIEL ET PROCÉDÉS GÉNÉRAUX DE LA GALVANOPLASTIE. — DÉPOTS MÉTALLIQUES.

Dans cette classe, il faut citer les procédés de galvanisation de Sherard Cowper-Coles, pour la galvanisation des feuilles, fils, câbles, tuyaux, etc., la remarquable exposition électro-chimique allemande, les procédés de fabrication de l'ozone, de Siemens et Halske, et l'application qui en a été faite par le Prof. Dr C. Harries.

On y trouve également le procédé de purification électrique de l'eau de Kuné.

Laboratoire d'ozone de Siemens et Halske.

L'installation représentée par la figure est alimentée par du courant continu, et elle consiste, dans ses parties principales, en un petit moteur A qui fait fonctionner, d'une part, une soufflerie B pour l'air à ozoniser, et, d'un autre côté, un interrupteur rotatif C pour l'interruption du courant continu. Pour l'asséchement de l'air, un appareil de dessiccation d'air D (séchage à l'acide sulfurique) est inséré devant la soufflerie B.

Laboratoire d'ozone Siemens et Halske.

Le moteur, la soufflerie et l'interrupteur sont montés sur une même plaque de base. En arrière se trouve un tableau de distribution en marbre portant les résistances E, les interrupteurs F, les fusibles de sûreté G, etc., nécessaires. La production d'ozone dans cette installation, d'environ 5 grammes à l'heure, a lieu dans l'appareil à ozone O, dans lequel est comprimé, après avoir passé par le séchoir D, l'air aspiré par la soufflerie B. Cette production se fait au moyen de la décharge électrique

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

silencieuse, bien connue, du courant à haute tension, le courant étant transformé à la haute tension nécessaire par le transformateur II, placé dans l'armoire en bois, du côté droit. L'ozone obtenu est conduit de l'appareil à ozone à travers le tuyau I, visible à droite, à sa destination, sur la figure, la bouteille K. Les parties qui travaillent à haute tension ont été renfermées dans l'armoire, et on peut observer à travers une vitre la lueur violette caractéristique des tubes à ozone.

Une intéressante application de l'ozoniseur Siemens et Halske a été faite par le Prof. Dr C. Harries du premier Institut chimique de l'Université de Berlin, pour l'oxydation des diverses substances organiques.

L'ozone est produit par des décharges électriques à haute tension entre deux surfaces cylindriques laissant un passage pour l'air.

L'appareil consiste en un réservoir en fonte contenant dix tubes de verre traversant les couvercles inférieurs et supérieurs de la boîte ; le bassin est rempli d'eau qui sert au refroidissement et au passage du courant. A l'intérieur des tubes sont fixés les pôles intérieurs, réunis d'une part au transformateur, et de l'autre au récipient.

Un transformateur élève la tension de 120 v à 10 000 v, le courant ayant une fréquence de 60 p : s. Un interrupteur rotatif est intercalé sur le primaire ; il porte 11 segments et tourne à 800 t : m et reçoit le courant continu à 110 volts.

Des décharges silencieuses se produisent entre le tube de verre et les pôles intérieurs déterminant une illumination violette sans éclair visible.

L'air, après avoir traversé un sécheur, est envoyé dans l'appareil au moyen d'un ventilateur. L'ozone produit s'accumule dans le couvercle supérieur et est ensuite envoyé à la tour de stérilisation où il traverse l'eau à stériliser.

Par ce moyen, on arrive à tuer les bactéries et substances nuisibles pour la santé.

Ce procédé de stérilisation a été appliqué sur une grande échelle aux stations de distribution d'eau de Wiesbaden-Schierstein et de Paderborn et ont donné d'excellents résultats.

On peut aussi employer ce procédé pour le blanchiment des écheveaux. On commence d'abord à les traiter par le chlorure de chaux, puis on les suspend dans une chambre où ils sont soumis à l'action de l'ozone.

Exposition allemande d'électro-chimie.

L'exposition allemande de chimie avait été groupée et présentée par le Prof. Dr. Harries de l'Université de Berlin. 39 fabriques de l'industrie chimique, 25 fabriques d'appareils chimiques et 117 professeurs des Universités allemandes avaient exposé.

Le Prof. Nernst s'était spécialement occupé de l'arrangement de l'électro-chimie. Différentes tables de travail étaient exposées, et nous avons remarqué, entre autres, celle du Prof. Classen, d'Aix-la-Chapelle, disposée pour l'analyse quantitative ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nous citerons également les appareils d'électro-chimie de W. Apel, de Gœttingen, du Prof. Bredig, de Heidelberg, du Prof. Drude, de Giessen, du Prof. Elbs, de Giessen, du Prof. Ostwald, de Leipzig et du Prof. Ruff, de Berlin.

Nous devons signaler la belle collection des corps obtenus par voie électro-chimique par la maison Hoffmann, de Berlin; la collection des appareils d'Ostwald, pour la recherche des relations entre la conductivité des acides et des bases, et l'affinité, qui préparent le triomphe de la chimie physique. On remarquait, en outre, l'appareil historique de Kohlrausch qui sert à mesurer les conductivités électrolytiques. Le Prof. Harries exposait un appareil d'ozone pour courant continu avec un système de 10 tubes de Siemens, pour le passage de l'air ou de l'oxygène, tel qu'il est employé dans le laboratoire de chimie à l'Université de Berlin.

Dans la partie pyrochimique étaient exposés des fours électriques de Borchers et un four exécuté par Heraeus d'après un brevet américain, réglable jusqu'à 1450°.

Enfin nous citerons l'appareil du Dr Lüpke, de Berlin, servant à démontrer la transformation de l'énergie chimique en énergie électrique.

Procédé de galvanisation Sherard Cowper-Coles.

Le procédé de galvanisation Sherard Cowper-Coles repose sur la décomposition par voie électrolytique d'une solution de sulfate de zinc parfaitement neutre.

Les pièces de fonte à galvaniser sont d'abord décapées au vif par un jet de sable, puis sont plongées dans un électrolyte ainsi composé :

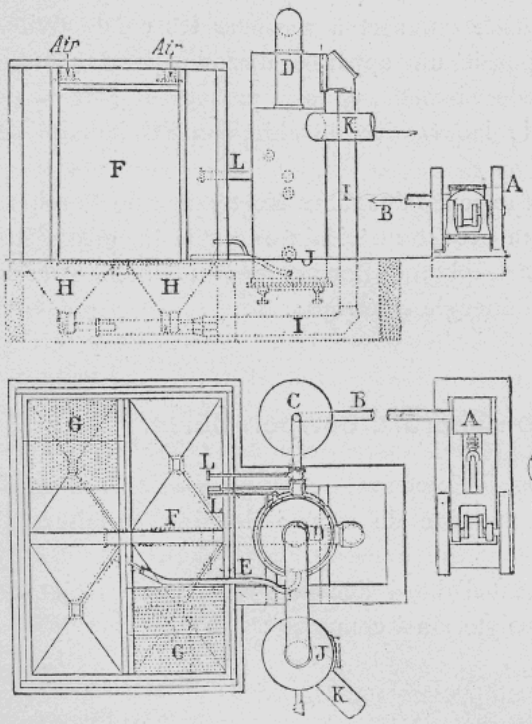
Sulfate de zinc cristallisé	6,250 gr.
Acide sulfurique (D = 1,84)	0,625 gr.
Eau	1 000 gr.

L'électrolyte doit être aussi exempt que possible d'impuretés et ne pas être trop acide, ce qui donnerait un dépôt noir de zinc. Au début, la densité de courant doit être aussi élevée que possible, mais après quelques minutes, on la réduit à 2,3 a : par cm². Les anodes sont en plomb.

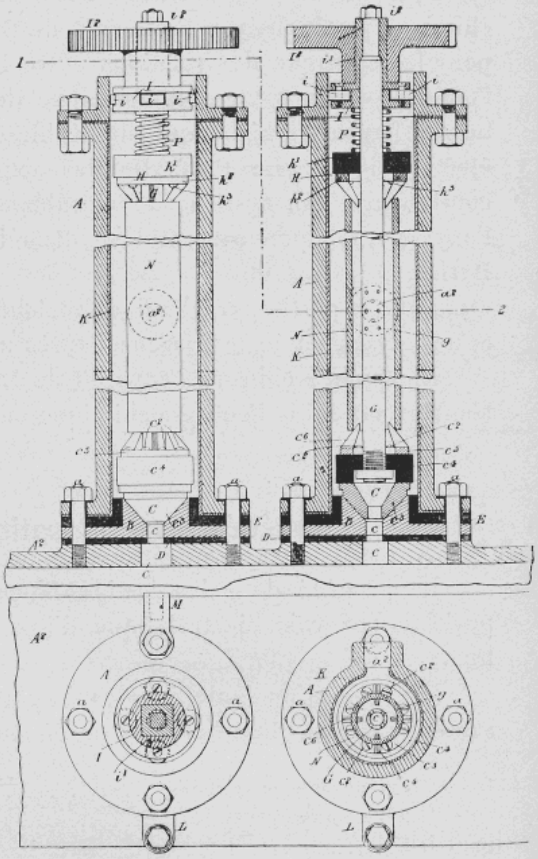
L'électrolyte est constamment régénéré; à cet effet, on ajoute de la limaille de zinc contenant environ 75 % de zinc métallique et d'ordinaire des traces de cadmium, que l'on peut obtenir à un assez bas prix. Les cuves de régénération sont réunies aux cuves de zingage au moyen d'un système de tuyauteries, et l'électrolyte circule par gravité dans les cuves de dépôt. On fait ensuite passer le liquide à travers un filtre formé de sable, de coke et de limaille. Les objets à galvaniser sont maintenus par des griffes qui reposent sur des barres de cuivre attachées à des poutres portant les anodes. Ces objets sont amenés par un transporteur aérien sur rail ou sur câble. Ce dispositif permet de galvaniser des membrures de petits torpilleurs et des plaques de blindage de grandes dimensions.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les cuves pour galvaniser les fils sont faites en bois garnis de feuilles de plomb, et fermées par des couvercles de bois garnis de plomb et équilibrés par



Appareil à jet de sable.



Appareil pour la galvanisation des tubes.

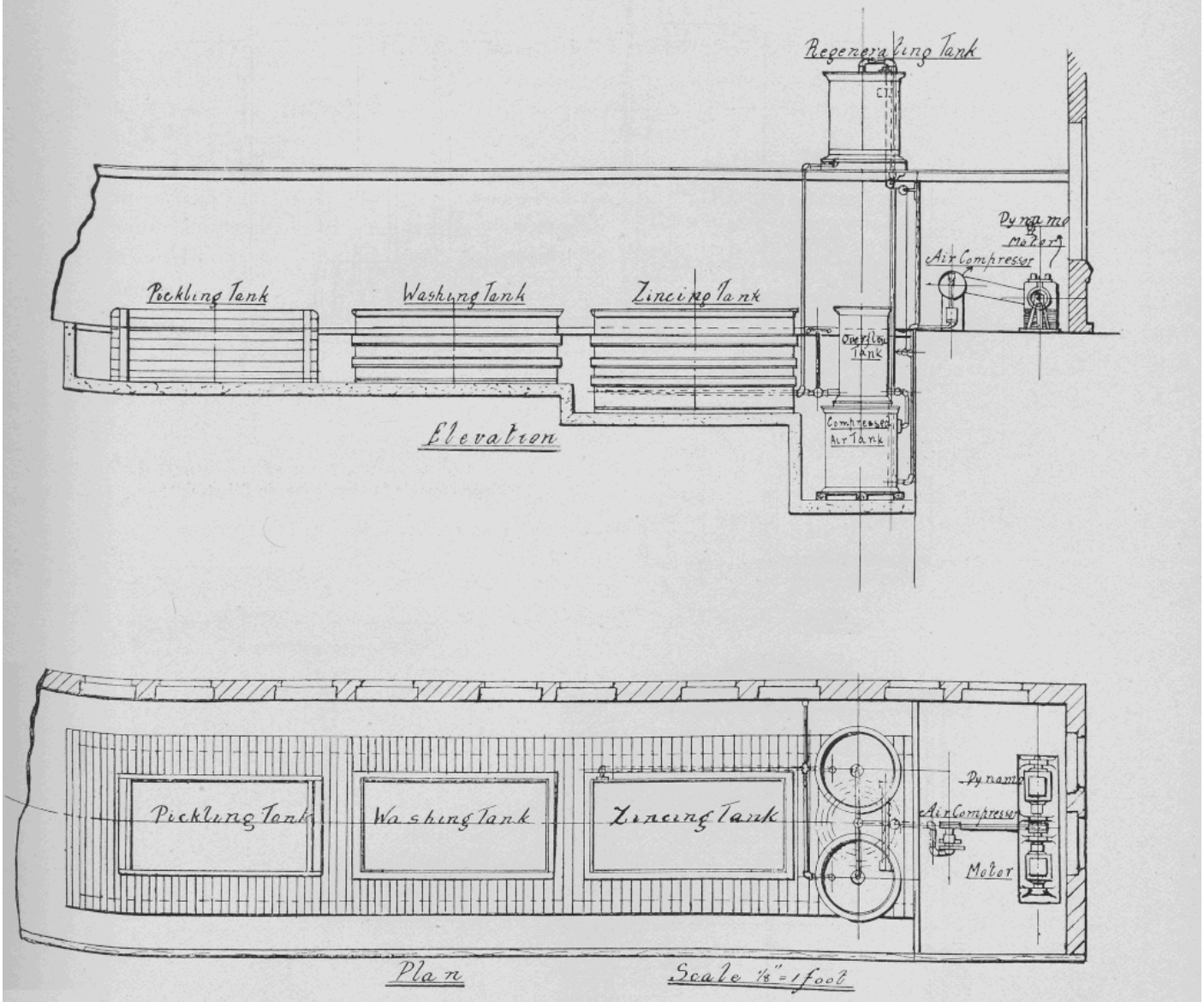
des contrepoids ; le couvercle sert à amener le courant aux parois de la cuve qui servent d'anodes. Des brosses métalliques pressent sur le fil par des ressorts ou des poids, recueillent le courant et servent en même temps à brunir les fils.

Une pratique assez courante consiste à galvaniser superficiellement les pièces métalliques que l'on doit recouvrir d'une couche de peinture. Les pièces décapées au bain d'acide ne peuvent être recouvertes directement de peinture sans qu'il se produise d'oxydation.

Des expériences ont été effectuées, pour déterminer l'adhérence de la pellicule de zinc, sur des électrodes plongées dans un électrolyte à 7,7 gr de sulfate et 0,45 gr d'acide par litre, et traversé par un courant de 15 à 30 ampères, le dépôt du zinc atteignant 5,8 gr par dcm². Ces plaques ont été placées sous la cloche d'une machine pneumatique pendant une 1/2 heure, ou soumises à une pression de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

155 kg : cm², pendant 5 minutes dans une solution saturée de sulfate de zinc, et ensuite à des essais répétés de pliage, sans que le recouvrement se détache.



Installation de régénération.

Procédés de galvanisation Sherard Cowper-Coles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

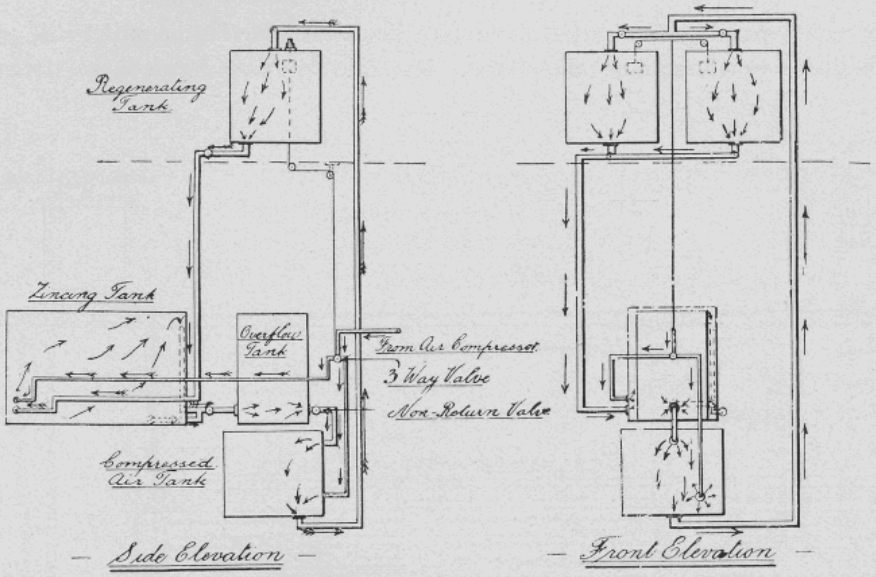
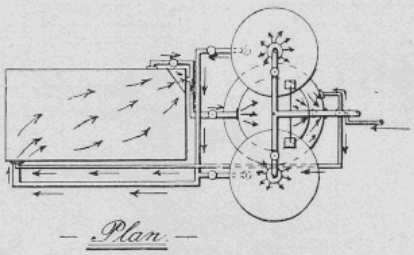
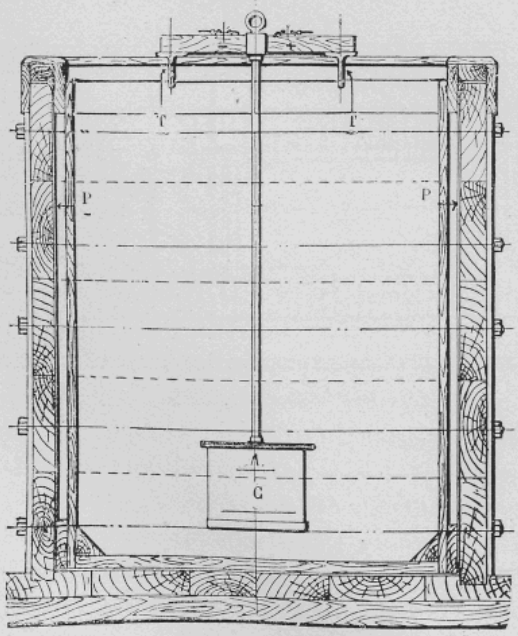
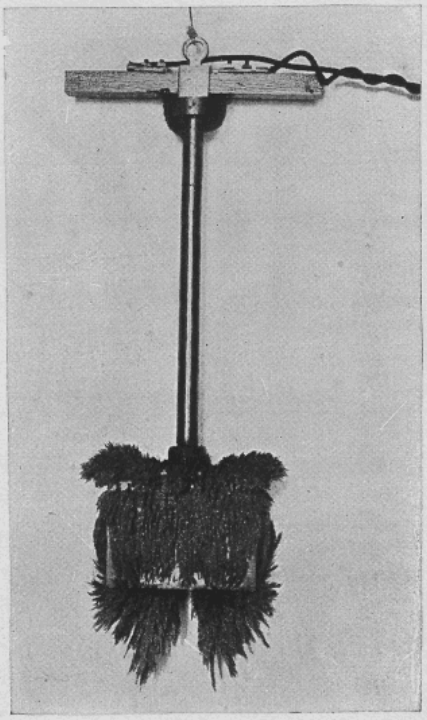


Diagramme de la circulation de l'électrolyte.





Boîte du collecteur magnétique.



Collecteur magnétique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Procédé de purification électrique de l'eau, de Kuné.

Le procédé de purification électrique de l'eau, de Kuné, consiste à faire passer l'eau dans des tuyaux de fonte, où elle est soumise à une action électrolytique, de telle sorte que les impuretés se trouvent précipitées à l'état d'hydrates insolubles, et les germes pathogènes sont détruits.

L'appareil où se produit l'action électrolytique est formé d'un certain nombre de tuyaux verticaux réunis par deux collecteurs horizontaux, l'aspect général rappelant la forme des radiateurs à vapeur ou à eau chaude. Ces tuyaux servent de cathode, tandis que l'anode est formée par des tiges métalliques suspendues à l'intérieur.

L'eau, après avoir été soumise à cette action électrolytique, se rend dans des bassins ou réservoirs où les hydrates et les matières coagulées se déposent. Elle traverse ensuite un filtre qui retient les dernières particules en suspension.

La dépense d'électricité, avec ce genre de procédé, est très minime.

Ces appareils sont construits par la *Missouri Electric Water Purifier C*^{o} de Saint-Louis.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CLASSE 436

PRODUCTION ET AFFINAGE DES MÉTAUX ET ALLIAGES.

Une des plus intéressantes expositions de cette classe est celle de la fabrication du carborindon au four électrique. La fabrication du calcium par électrolyse des sels de calcium fondus est également exposée.

M. E. C. Achenson obtient la conversion du charbon en graphite au moyen du four électrique. Notons enfin la fabrication du carbure de calcium par courants alternatifs.

Fabrication du Carborindon.

Le premier four à carborindon consistait en un vase de fer garni de charbon et contenant de l'argile. En faisant passer le courant entre le fer et une électrode formée par un crayon de charbon, on obtient des cristaux bleus autour de la tige de charbon.

On pensa d'abord que ce composé était formé d'aluminium et de charbon, mais on vit bientôt que la production allait en augmentant avec la teneur en silice.

Après quelques transformations, M. Achenson parvint à établir un type de four satisfaisant, assez voisin du type que l'on emploie aujourd'hui. Puis il remplaça l'argile par du bon sable de verrerie, et y ajouta du sel pour faciliter le fonctionnement du four, et de la sciure de bois pour rendre la matière poreuse et, par suite, permettre le dégagement des gaz.

Il faut compter sur une quantité d'énergie d'environ 2 000 chevaux-heure pour un fourneau de 1 350 kg, soit 1,6 cheval-heure par kg.

La *Carborundum C°* a installé une usine importante près des chutes du Niagara.

Les matériaux bruts, sable, coke, sciure de bois et sel, sont reçus dans des magasins.

Le charbon seul subit une préparation ; il est concassé pour former le noyau, ou réduit en poudre pour le mélange ; on utilise pour ce travail un broyeur et deux cribles rotatifs dont l'un refuse les grains trop petits pour le noyau, et l'autre laisse passer entre ses mailles la poudre pour le mélange.

Les différents éléments sont pesés, mélangés et placés dans des soutes.

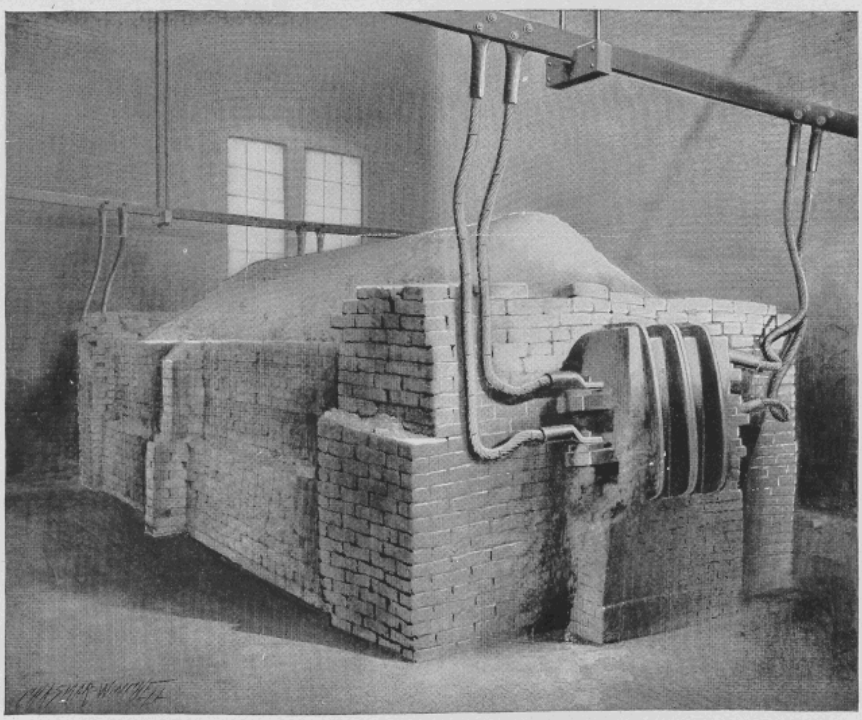
La salle des fours a été construite pour contenir dix fours quoiqu'il n'y en ait encore que cinq d'installés.

Ces fourneaux sont construits en briques ; ils ont 5 m de long, 1,50 m de large et de haut. Les deux extrémités, construites très solidement, ont une épaisseur de 60 cm et portent au centre les électrodes de charbon.

On construit d'abord les parois sur une hauteur de 1,20 m, puis on tasse le mélange sur la moitié de la hauteur. On ménage une cuvette cylindrique dont le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fond est un peu au-dessus de la rangée inférieure des charbons. A l'intérieur de cette tranchée, on place le noyau ou âme que l'on tasse de façon à obtenir un cylindre de 54 cm de diamètre et 4,40 m de long réunissant les deux extrémités du



Four avant la mise en marche.

four. On élève alors les murs jusqu'à 1,50 m, puis on tasse le mélange sur une hauteur de 2,40 m.

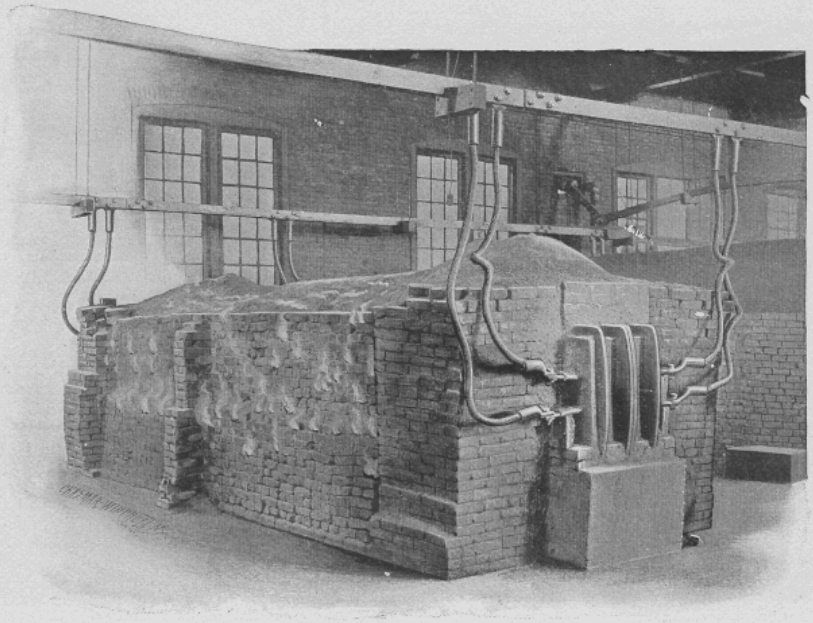
Le courant est fourni par la *Niagara Falls Power C°* sous 2 200 volts ; cette tension est abaissée jusqu'à 185 volts par un transformateur unique de 830 kw, qui est un des plus grands réalisés. Un survolteur permet d'obtenir une tension variant entre 250 et 100 volts.

Le courant est amené dans la salle des fours au moyen de deux conducteurs de cuivre ayant une section de 51,5 cm² et de gros câbles boulonnés sur les électrodes conduisent le courant aux fourneaux. Un rhéostat de réglage permet de modifier le courant du transformateur ; il est formé d'un vase de fer contenant de l'eau salée dans lequel plonge une plaque de même métal, qui peut, à la limite, venir en contact avec le vase.

Au début, on élève la force électromotrice au moyen du survolteur, afin de vaincre la résistance de l'âme qui est toujours assez grande lorsque le charbon est froid. Lorsque l'âme a déjà servi, la résistance diminue rapidement et la puissance demandée par le four atteint 700 à 1 000 kw ; on réduit alors la f. é. m. et l'on parvient à obtenir enfin une régulation constante.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsqu'on vient d'établir le courant, aucun phénomène apparent ne se produit avant une demi-heure ; on sent alors une légère odeur due à l'échappement des gaz ; puis on approche une allumette des murs, et les gaz s'enflamment, produisant une légère explosion. Après deux ou trois heures de marche, les murs sont complètement enveloppés de flammes bleues, dues à la combustion de l'oxyde de carbone produit par la combinaison du charbon, du coke avec l'oxygène du sable. Pendant



Four en marche.

la marche d'un seul four, on obtient 515 mètres cubes de gaz. Au bout de 4 à 5 heures, la croûte formée au haut du four commence à s'affaisser, et des fissures se produisent, laissant échapper les vapeurs jaunes du sodium. Lorsque cette croûte n'est pas assez poreuse, l'enveloppe cède en un point faible pour laisser passer les gaz qui s'échappent avec un fort grondement. Les ouvriers appellent ce phénomène le « soufflage » (blowing). Un cratère se forme, projetant à près d'un mètre des cendres blanches, tandis que les gaz brûlent avec une flamme jaune éblouissante et une poudre blanche remplit bientôt la salle des fours. C'est pour atténuer cet accident que l'on ajoute au mélange de la sciure de bois pour le rendre poreux.

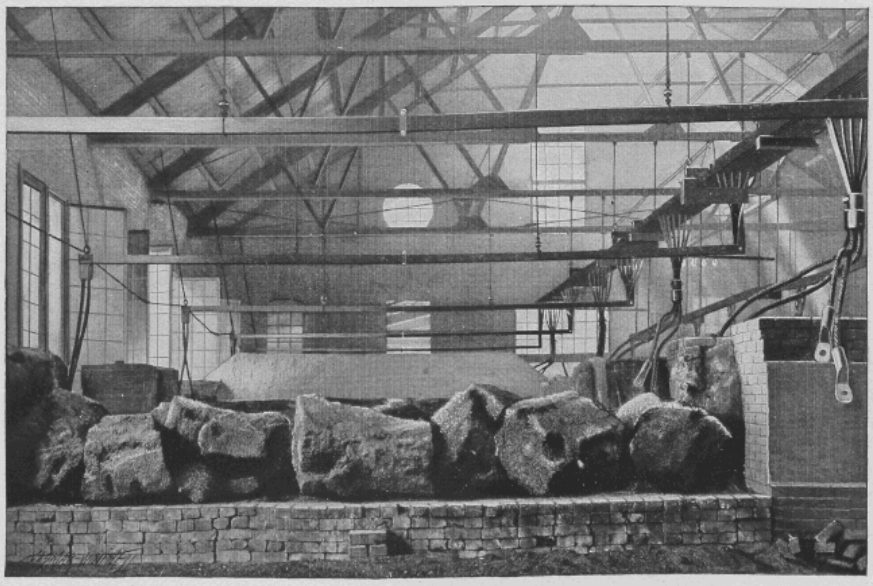
Au bout de 36 heures, on supprime le courant et on laisse refroidir quelques heures. On démolit alors les murs, et l'on retire la partie du mélange qui n'a pas été modifiée. La croûte extérieure est brisée, et l'on trouve à l'intérieur une croûte de carborindon amorphe que l'on brise pour obtenir les brillants cristaux bleus de corindon qui se trouvent sur une épaisseur de 25 à 30 cm ; un seul four pouvant donner environ 320 kg de cristaux.

Au milieu de cristaux de petite taille, on trouve parfois de beaux cristaux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

hexagonaux ayant parfois 12 mm de côté. On trouve aussi quelques grains mats qui laissent entre les doigts une trace noire comme le plomb. Ce sont les impuretés du charbon qui se sont séparées.

Diverses substances curieuses peuvent se rencontrer, par exemple de la silice ressemblant à du verre filé. Mais on trouve aussi une mince couche de charbon sous la forme graphique cristallisée. C'est ce que M. Achenson appelle le « Skelete » en



Four démoli.

charbon du carborindon. La formation du carbone graphitique qui ne peut être obtenu par une haute température, s'explique ainsi : le charbon entre d'abord en combinaison avec un autre élément qui se décompose ensuite en lui laissant sa forme.

On peut être étonné de ne pas rencontrer de carborindon dans la nature. La raison vient probablement de ce fait que les températures de formation et de décomposition sont voisines ; et cela est si vrai qu'une légère augmentation ou diminution du poids du noyau change considérablement le poids des cristaux formés.

Le carborindon, retiré du four, est placé dans un broyeur formé d'une grande cuvette de fonte animée d'un mouvement de rotation et sur laquelle passent deux grosses meules, dont l'axe horizontal est entraîné par un arbre vertical. Il est ensuite placé dans deux cuves de bois, où il est traité par de l'acide sulfurique pour enlever les impuretés ; il est alors complètement lavé, séché et échantillonné. Il y a vingt dimensions de cristaux, de 8 à 220 ; ces numéros indiquent le nombre de mailles du crible, au pouce linéaire.

Les cristaux lavés passent dans une série de cuves de décantation, où se déposent les poudres fines ou fleurs et les poudres lavées à la main. Ces fleurs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont classées en les entraînant par un courant d'eau, et on les laisse déposer dans des caisses ; elles sont de trois types : F, FF et FFF. Les poudres, lavées à la main, s'obtiennent en faisant tourbillonner de l'eau contenant cette poudre en suspension, puis on laisse déposer pendant un temps défini, six minutes par exemple, et on décante ; la poudre restant est appelée poudre de « six minutes ».

Le carborindon est pratiquement infusible puisqu'il se décompose sans fondre en charbon et silicium. Il est complètement insoluble dans l'eau et les acides. Sa dureté est comparable à celle du diamant et bien supérieure à celle du corindon.

La densité spécifique est de 3,123 ; elle est donc inférieure à celle de l'émeri, ce qui est très avantageux, car le prix relatif du carborindon est moindre, et les meules obtenues sont plus légères.

Pour former ces meules, on mélange le carborindon avec une certaine quantité de kaolin et de feldspath ; puis on place le mélange dans un moule, on le comprime au moyen d'une presse hydraulique et on le fait cuire dans un four analogue à ceux employés pour la porcelaine ; au bout de sept jours de cuisson, on retire les pièces, puis on les alèse exactement au moyen de diamants.

Ce travail est très coûteux et très difficile.

En résumé, le carborindon coûte deux à cinq fois plus cher que l'émeri, mais il permet un travail plus rapide, et peut, dans certains cas, remplacer le diamant : c'est à cela que l'on doit le rapide développement de cette matière dans l'industrie.

Graphite Achenson.

En poursuivant ses recherches sur l'obtention du carborindon, M. Achenson a constaté que, dans certaines conditions, le charbon employé comme garniture des fours se transformait en graphite ; il étudia alors spécialement cette transformation.

Le charbon se rencontre sous trois formes principales dans la nature : le charbon amorphe, le graphite et le diamant qui se distinguent par leur aspect et leur densité. Le charbon amorphe a une densité de 1,3 à 2 ; le graphite, de 2,1 à 2,35 et le diamant de 3,5. Seul le graphite est un bon conducteur de l'électricité.

Les expériences faites par M. Berthelot, en 1870, ont permis de séparer exactement ces trois classes qui peuvent être facilement différenciées par la réaction de Sir Benjamin Brodie. En traitant le charbon à examiner par un mélange de chlorate de potasse et d'acide nitrique, le charbon amorphe est oxydé et transformé en une matière brune soluble dans l'eau, tandis que le graphite devient un composé jaune et insoluble appelé oxyde graphitique. Le diamant n'est pas attaqué.

Le graphite est très répandu dans la nature, mais il contient souvent des impuretés, telles que du fer et de la silice.

Les mines de Borrowdate, en Angleterre, d'où l'on tirait le minerai le plus pur, ne sont plus exploitées ; on l'extrait principalement maintenant de Ceylan.

En 1891, M. E.-C. Achenson expérimenta un procédé de production du graphite, en faisant réagir au four électrique un mélange de charbon et d'argile.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On peut aussi l'obtenir par la décomposition d'un grand nombre de carbures, tels que les carbures d'aluminium, de manganèse et de fer, mais la plupart de ces carbures contenant un poids relatif considérable de métal (70 % dans le carbure de silicium), une grande partie de l'énergie serait dépensée en pure perte. Cependant, on remarqua qu'il suffisait de mélanger du charbon amorphe à une faible quantité de carbure, pour que ce charbon soit transformé en graphite, ce que l'on peut expliquer par l'hypothèse d'une action de contact ou « catalytique ».

Le graphite Achenson fut d'abord employé pour la fabrication des électrodes pour les usines électrochimiques et électrométallurgiques. Ces électrodes sont obtenues de la même façon que les charbons de lampes à arc, mais on y ajoute une petite quantité de carbure. En chauffant l'électrode dans un four électrique, on la transforme en graphite pur.

Dans le procédé Achenson, on produit le chauffage en faisant passer le courant à travers un noyau de coke en morceaux, dont une grande partie est transformée en graphite ; mais on obtient de meilleurs résultats avec l'anthracite qui se transforme uniformément en cendre.

Les fours employés pour la conversion du charbon en graphite sont formés d'une sorte d'auge en briques réfractaires, revêtues de matières réfractaires, et portant aux extrémités de grosses tiges de charbon réunies aux câbles d'alimentation. L'auge est remplie d'anthracite et contient une tige en charbon qui facilite le passage du courant, l'anthracite étant peu conducteur.

Ces fours absorbent une puissance de mille chevaux. La température obtenue y est très élevée, 4000° environ.

La silice et la cendre se décomposent pour donner, avec le charbon, un carbure de silicium ; mais il se produit parfois une vapeur incandescente de silicium qui brûle à l'air et laisse déposer la silice en poudre blanche sur les murs. D'autres substances contenues dans la cendre, telles que le fer et l'aluminium, sont vaporisées.

On retire le graphite lorsque le four est refroidi, puis on le broie dans un moulin, et on le classe en diverses catégories correspondant aux divers usages.

La pureté du produit dépend du temps pendant lequel il a été chauffé, puisque les diverses impuretés se vaporisent. Le produit commercial contient d'ordinaire 1 à 10 % d'impuretés ; mais il est possible d'obtenir une substance chimiquement pure, contenant seulement 3/10000 d'impuretés que l'on retrouve principalement dans les cendres, formées presque totalement de fer, de silicium et d'aluminium.

Société française des Électrodes.

La Société française des Électrodes, créée en 1898, s'est spécialisée dans la fabrication des électrodes en charbon employées en électrolyse par fusion ignée ou dans les fours électriques à très haute température. Elle présentait de très beaux spécimens d'électrodes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les électrodes offertes à l'industrie ont une longueur variant de 0,50 à 1,50 m et une section allant de 10 cm² à 1600 cm². Cette section de 1600 cm² correspond à un carré de 40/40, et, dans l'état actuel des fours à gazogène soufflé, elle représente la plus grande section qui puisse régulièrement recevoir, dans toutes ses parties, la température du four. En effet, dans ces gazogènes, la pratique a démontré que la température maxima ne peut s'étendre au delà d'une longueur de 0,70 m, mesurée du départ du brûleur; or, ces 0,70 m se décomposent ainsi :

Passage des gaz	0,05 × 2 = 0,10
Épaisseur des cornues	0,04 × 2 = 0,08
Poussier de charbon entourant les électrodes	0,06 × 2 = 0,12
Section des électrodes	40/40 = 0,40
	0,70

Depuis Bunsen, qui, vers 1840, réussissait à constituer des charbons artificiels, la composition des électrodes a peu varié; les goudrons et autres brais ont remplacé la colle et, au lieu de houille, on emploie le charbon de cornue, le coke de pétrole, l'anthracite, etc., etc. Mais quelle que soit la matière employée, la qualité des électrodes dépend de leur pureté, de leur densité, de leur homogénéité et de leur conductibilité.

Il est donc nécessaire d'analyser avec soin les divers produits qui entrent dans la fabrication, notamment les impuretés des charbons, telles que les pyrites, la silice, les sels et les argiles.

Le tableau suivant indique l'influence des impuretés sur la valeur de la résistivité en microhms-cm :

Graphite.	Argile.	Résistivité.
99 %	1 %	3 700
96 %	4 %	6 000
90 %	10 %	35 000
85 %	15 %	45 000
80 %	20 %	58 000

La cuisson des électrodes a également une très grande influence sur leur résistivité. Ainsi des électrodes cuites à 1400°, d'une teneur en cendres d'environ 1 %, ont donné une résistivité de 3700. Ces mêmes électrodes, soumises au four électrique, à une température suffisante pour transformer le carbone en graphite, n'avaient plus qu'une résistivité de 450 microhms-cm.

Fabrication de l'alundon.

La *Norton Emery Wheel C°* exposait de fort beaux échantillons d'émeri artificiel.

L'alundon est un produit obtenu au four électrique et servant au polissage des métaux. C'est un oxyde d'aluminium cristallisé ; il se trouve à l'état naturel sous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

forme de rubis et saphir, et sous la forme plus commune de corindon qui est une des substances les plus dures après le diamant.

Le corindon artificiel est beaucoup plus pur et plus dur; il est extrait de la bauxite qui est un hydrate d'alumine contenant un certain nombre d'impuretés. Ce corps, découvert à Baux, en France, se trouve sous une forme plus pure en Géorgie et dans l'Arkansas.

La *Norton Emery Wheel C°* a installé une usine aux chutes du Niagara, comportant six fours électriques pour la fabrication de l'alundon. Mais le broyage, l'échantillonnage et la fabrication des moules et du papier à polir se font à Worcester (Massachusetts).

Fabrication du calcium.

MM. Otto Ruff et Wilhem Plato exposent les appareils qui leur ont permis d'obtenir le calcium à l'état métallique. Leur procédé est le suivant :

On fond ensemble un mélange de 100 parties de chlorure de calcium anhydride et de 16,5 parties de fluorure de calcium. Ce mélange refroidi, on le réduit en poudre et on le met dans un creuset de porcelaine ou de charbon, on le chauffe à 800° et on le soumet à l'électrolyse. L'anode est un bâton de graphite à creuset de 14 mm d'épaisseur. La cathode est formée d'un fil de fer de 2 mm. A l'extrémité, on fixe un fil d'acier de 0,4 mm qui est porté au blanc par un courant de 8 ampères. On plonge cette extrémité dans le mélange; la tension est de 8 volts. Le calcium s'attache au fil d'acier sous forme de boule. Quand la boule est assez grande, on retire le fil d'acier, la boule tombe et flotte sur le mélange, d'où l'on peut facilement la retirer.

Production de l'aluminium en Amérique.

Il est difficile d'établir une statistique exacte de la production de l'aluminium, car le principal producteur, la *Pittsburg Reduction C°*, refuse de donner un renseignement même approximatif sur sa production. On peut néanmoins dire en toute sécurité que la production de 1903 a été de 3 400 000 kg, tandis qu'elle était de 3 300 000 en 1902 et de 3 245 000 en 1901. Pour établir ces chiffres, on s'est basé sur le fait que l'emploi de l'aluminium et de ses alliages s'est accru dans de grandes proportions et que la bauxite, ou minerai brut dont on retire le métal, a été extraite en plus grande quantité.

L'*Electric Smelting and Aluminium C°* semble détenir maintenant le monopole de la fabrication des alliages, mais on peut aussi citer d'autres compagnies importantes : *Cowles Smelting C°*, l'*Union Carbide C°*, la *British Aluminium C°* et l'*Electric Gas C°*, l' *Acetylene Illuminating C°*, la *Nilson Aluminium C°* et l'*Acetylene C°*.

La *Pittsburg Reduction C°* avait exposé un modèle de fours et des échantillons de produit dans le Palais des Mines et de la Métallurgie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fabrication du carbure de calcium (Union Carbide C°, à Niagara).

L'un des principaux produits que l'on obtient industriellement au four électrique est le carbure de calcium, qui résulte de l'action de la chaux sur le charbon à la haute température obtenue dans les fours électriques.

Le courant n'ayant pour effet que de produire un dégagement de chaleur, il pouvait être avantageux d'employer du courant alternatif et les expériences de M. T. L. Wilson, à Spray N. C., confirmèrent cette hypothèse.

En outre, M. W. S. Horry, ingénieur de l'*Union Carbide C°*, reconnut qu'il y avait avantage à employer la plus haute fréquence compatible avec la perte en ligne admissible.

L'*Union Carbide C°* exposait ses procédés dans le Palais des Mines et de la Métallurgie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CLASSE 437

APPLICATIONS INDUSTRIELLES DIVERSES

Dans cette classe, il faut noter le procédé Wetherill pour la séparation des minerais magnétiques. On remarque également le procédé de M. A. Gaillard pour l'injection des mâts et poteaux des lignes électriques, et le procédé Sherard Cowper-Coles pour la fabrication électrolytique des miroirs paraboliques.

Préparation des bois pour poteaux, système Boucherie.

La maison A. Gaillard expose des échantillons de poteaux injectés d'après le procédé Boucherie.

Il y a trois systèmes d'injection :

Le premier est celui actuellement connu en Allemagne sous le nom de « kyanisation ». Il consiste à immerger les bois secs dans une solution au 150e de liquide antiseptique. Le liquide ne pénétrant pas les bois de la périphérie au centre, mais seulement par les vaisseaux, la pénétration journalière atteint un centimètre à peine. Il faudrait des années pour bien injecter, ainsi, un arbre de 10 mètres. En Allemagne, on laisse les bois immergés durant 8 jours. Pareil temps d'immersion n'ajoute rien aux qualités de résistance des bois à la pourriture.

Le second est celui dit « injection dans le vide ». Les bois sont empilés secs dans des cylindres en tôle ou en cuivre, construits pour résister à de fortes pressions. Les cylindres fermés, on y amène de la vapeur sous pression de plusieurs atmosphères. La vapeur humecte les bois, chasse la sève, dissout les matières putrescibles. On fait alors le vide pour débarrasser les bois de l'humidité. On introduit ensuite du liquide antiseptique à une forte pression pour imprégner les bois. On refait enfin le vide pour sécher les bois.

Ce procédé imprègne bien le bois, mais les diverses pressions auxquelles il est soumis en désorganisent les fibres et affaiblissent ses qualités de résistance à la pourriture.

Le troisième est celui universellement connu sous le nom de « procédé du Docteur *Boucherie* ».

Les arbres à injecter sont, dès abattage et encore recouverts de leur écorce, conduits aux ateliers d'injection. Ils sont, là, sectionnés aux deux bouts pour fraîchir la coupe et faciliter l'accès du liquide antiseptique. Sur le cul de l'arbre, une minuscule chambre étanche est, ensuite, créée au moyen d'une corde mouillée, d'un centimètre d'épaisseur, appliquée auprès de la périphérie de la section et maintenue, en ce point, par une planchette appliquée sur elle et fixée, par deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

crochets, à l'arbre lui-même. L'arbre ainsi préparé, est placé horizontal ou très légèrement incliné. Le liquide antiseptique, à la pression égale à la longueur de de l'arbre, est amené à la chambre étanche par des tuyaux en caoutchouc; il s'échappe par les vaisseaux du bois (la seule issue qui lui soit offerte) chassant la sève devant lui, et s'établit à sa place dans toutes les parties de l'arbre.

Les éléments putrescibles sont éliminés; les fibres du bois ne sont pas meurtries; toutes les parties de l'arbre sont imprégnées de solution antiseptique; l'injection est parfaite.

Séparateur magnétique, procédé Wetherill.

Ce procédé permet de retirer les minerais de fer des scories et des minerais à basse teneur. On l'emploie actuellement en Allemagne, principalement pour la séparation du minerai de fer spathique de la blende, cette séparation ne pouvant être faite par voie humide. Il sert d'ailleurs généralement pour la séparation des minerais magnétiques : la Magnétite et les Pyrites.

L'appareil employé est dans son principe ainsi disposé :

Une trémie et un rouleau-distributeur reportent les minerais sur une courroie d'entraînement, et passent entre les pôles de deux électro-aimants en fer à cheval, les pôles de l'électro-aimant supérieur étant terminés en pointe. Le minerai magnétique est attiré par l'aimant supérieur, mais une courroie transversale l'empêche de se coller contre les pôles et l'entraîne à l'intérieur. La puissance de la machine dépend de l'épaisseur de la couche de minerai sur le convoyeur.

Dans les usines de la *New-Jersey Zinc C°*, à Franklin, New-Jersey, on a disposé pour la séparation de la « Franklinite », de la villemite, des machines ayant une puissance considérable, comprenant trois séparateurs montés en tandem.

Une machine ayant 45 cm de large peut séparer 3 à 4 tonnes de minerais par heure.

Un autre système séparateur, du type à double rouleau, peut être adopté pour le minerai fortement magnétique.

La trémie déverse, par une série de couloirs en chicane, le minerai sur un rouleau tournant entre les pôles d'un électro-aimant puissant.

Le rouleau se trouvant aimanté entraîne les minerais magnétiques; les autres tombent par leur propre poids.

On obtient une séparation en trois classes, le métal le plus magnétique étant entraîné le plus loin.

Ces rouleaux sont formés d'une série de disques et alternativement en métal magnétique et non magnétique, ce qui permet d'éviter les courants de Foucault.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Procédé Sherard Cowper-Coles pour la fabrication électrolytique des miroirs paraboliques.

Afin d'obtenir un faisceau de rayons lumineux parfaitement parallèles, il est nécessaire de réaliser des projecteurs pourvus de réflecteurs paraboliques d'une courbure rigoureusement exacte. La rectification et le polissage exigeant un travail long et coûteux, un procédé permettant d'obtenir mécaniquement un certain nombre d'exemplaires d'un modèle donné sera très avantageux.

Dans le procédé Sherard Cowper-Coles, on établit un moule de verre d'une courbure pratiquement exacte, soigneusement rectifié et poli. Ce moule est obtenu en appliquant à chaud une plaque de verre sur une forme grossière en fonte. Le miroir ainsi formé est poli à la meule d'émeri, puis au tampon et au rouge d'Angleterre. Ce travail très coûteux exige plusieurs mois, mais est fait une fois pour toutes.

On vient ensuite déposer chimiquement une mince pellicule d'argent sur le miroir primitif, cette pellicule servant à rendre la paroi conductrice. Le moule plongé dans un bain électrolytique de sulfate de cuivre et tournant avec une vitesse de cinq tours par minute ; il se déposera sur la pellicule d'argent une couche de cuivre qui formera le corps du réflecteur. Lorsque la couche aura atteint l'épaisseur voulue, il suffira de la séparer du modèle en la plongeant dans un bain dont on portera graduellement la température à 70°, la différence de dilatation produisant la séparation. On obtient ainsi un miroir parfaitement brillant et poli qu'il suffit de recouvrir d'une couche de palladium pour l'empêcher de se ternir.

Ce procédé, très simple en lui-même, demande néanmoins beaucoup de précautions. Le moule de verre doit être soigneusement nettoyé au moyen d'une poudre de peroxyde de fer et être lavé avec une solution à 25 % d'ammoniaque. La mince pellicule d'argent est obtenue par le procédé employé pour le miroir astronomique. On utilise une solution d'azotate d'argent dans l'ammoniaque à laquelle on ajoute une solution de glucose.

Le dépôt est séché puis bruni avec un tampon de coton recouvert de peroxyde de fer.

La solution électrolytique contient 14 % de sulfate de cuivre, 3 % d'acide sulfurique et 83 % d'eau.

On voit tout l'avantage que l'on peut retirer de ce procédé entièrement mécanique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Groupe 69

CLASSE 438

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE : EMPLOI DES COURANTS CONTINUS ET ALTERNATIFS. LAMPES A ARC. — RÉGULATEURS. — CHARBONS POUR LUMIÈRE. — LAMPES A INCANDESCENCE ; AUTRES FORMES DE LAMPES.

Les progrès considérables réalisés dans la production de l'éclairage permettent d'espérer des résultats tout à fait imprévus.

Les essais d'éclairage par des procédés entièrement nouveaux ne sont pas encore entrés dans le domaine de la pratique, mais ont déjà rendu de réels services dans des cas spéciaux.

Un historique relate les diverses difficultés rencontrées par M. Peter Cooper Hewitt dans son invention de la lampe à vapeur de mercure.

Diverses maisons exposent des lampes à vapeur de mercure différant entre elles par des dispositifs d'allumage.

Ce sont les lampes de la *Westinghouse C°*, de la *General Electric C°*; il faut noter aussi, dans un ordre d'idées légèrement différent, l'éclairage par le gaz raréfié de M. Mc Farlan Moore. Ce système exige du courant alternatif et des transformateurs de tension pour chaque lampe, tandis que celui de Cooper Hewitt demande du courant continu.

Parmi les dispositifs de lampes à incandescence exposés, citons la lampe méridienne de la *General Electric C°*.

Les lampes à arc en vase clos ont pris une extension rapide par suite de la commodité de leur emploi sur de longs circuits.

Telles sont les lampes exposées par la *General Electric C°* pour courants continus et alternatifs.

Citons également les lampes en vase clos de la *Western Electric C°* ; les lampes Regina et Marks.

La *Globe Electric Mfg. C°*, de Cleveland, expose des fanaux électriques pour tramways et chemins de fer.

La *Fort Wayne Electric Works C°* présente les lampes en vase clos Wood.

La maison Bardon et la maison Vigreux et Brillié exposent des lampes à arc dont le régulateur, des plus perfectionnés, assure un fonctionnement parfait de la lampe et une dépense régulière de courant.

Citons la lampe à magnétite de Steinmetz, qui emploie de l'oxyde noir de fer comme électrode négative et du cuivre rouge comme électrode positive.

Enfin, relatons la réédition de la curieuse expérience de la lampe à arc parlante.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lampe à arc différentielle, système Ch. Vigreux et L. Brillié.

Description. — Cette lampe, à point lumineux fixe, se compose de deux tiges porte-charbons T T′, suspendues par des cordelettes de soie s'enroulant en sens inverse sur les tambours T_1 T_1'; ces deux tambours d'enroulement sont fixés sur un arbre B qui tend à tourner par l'excédent de poids du porte-charbon supérieur T, et qui entraîne dans son mouvement, au moyen d'une roue et d'un pignon dentés, un volant V.

Ce volant est libre sur un arbre A et tourne à l'intérieur d'un cercle C; ce cercle porte un frein F et peut prendre autour d'un axe C tenu à l'extrémité d'une pièce G fixée sur l'arbre A un petit mouvement d'oscillation qui permet le serrage et le desserrage de ce frein. Lorsque celui-ci est en contact avec le volant, le cercle C se trouve par construction concentrique à l'arbre A qui, monté sur couteaux de balance, se déplace sous le moindre effort.

Sur ce cercle s'enroulent deux chaînettes supportant chacune un noyau de fer S_1 et D_1 plongeant dans leur solénoïde respectif S et D montés, le premier en série avec l'arc, le second en dérivation sur l'arc.

Au-dessous des noyaux S_1 et D_1 sont fixés des pistons S_3 et D_3 se déplaçant dans des cylindres S_2 et D_2 servant d'assises aux bobines et formant amortisseur à air pour éviter le pompage; la pompe en S_2 est relativement très libre, l'autre en D_2 offre une résistance beaucoup plus grande, mais elle est munie d'une soupape ordinaire D_3 disposée de façon que l'amortissement n'ait lieu que dans un sens, celui du soulèvement du noyau D_1 correspondant au recul des charbons; le rapprochement de ceux-ci peut se faire très rapidement, la pompe S_2 se trouvant alors seule en jeu. On voit d'ailleurs que de cette façon les chaînettes supportant les noyaux sont toujours tendues en maintenant le frein serré s'il se produit des oscillations à l'allumage; cette disposition évite toute possibilité de collage.

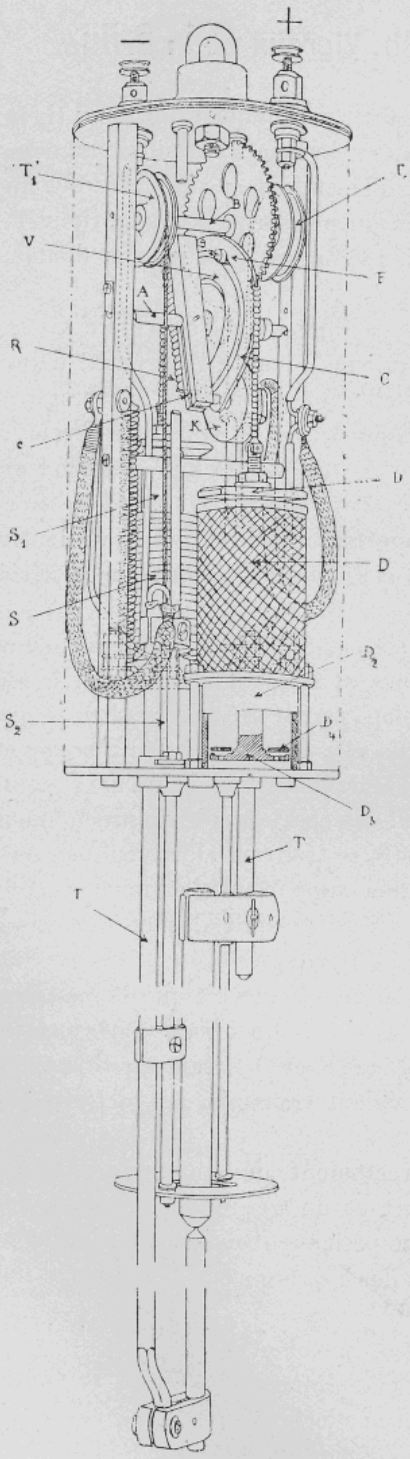
Si nous supposons le frein F serré sur le volant V, on voit que la lampe se compose d'une balance très sensible, mobile sur les couteaux de l'arbre A et soumise à l'action des efforts d'attraction des bobines S et D faisant équilibre aux différents poids et à l'effort d'entraînement du volant transmis par le frein F à cette balance.

Le mouvement de celle-ci est transmis directement aux charbons dans un rapport très réduit, de sorte qu'à un faible effort et un grand déplacement des noyaux, correspondent un effort énergique et un petit mouvement aux charbons; il en résulte un réglage sûr, indépendant du poids des charbons et du frottement des tiges de support, ainsi qu'un amortissement très efficace.

Il reste à examiner le phénomène du défilage du volant V.

Dans la position de repos, le noyau D est complètement enfoncé, le centre d'oscillation c du cercle C est à peu près sur la verticale du point A; dans cette position, les forces agissant sur les chaînettes s'enroulant sur le cercle C n'ont qu'une action très faible pour le faire tourner autour de ce point c; cette action est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Lampe Vigreux et Brillié

inférieure à celle du ressort R qui tend à desserrer le frein et le volant est libre ainsi que les porte-charbons.

Lorsque le noyau S_1 s'enfonce sous l'action prépondérante du solénoïde S, la distance du point c à la verticale du point A augmente; avec cette distance augmente l'effort de serrage, qui devient très énergique lorsque le noyau S_1 est complètement enfoncé, le ressort R est réglé de façon que, dans les conditions normales de marche, le frein se desserre dans une position moyenne entre ces deux extrêmes.

Comme d'un autre côté, l'attraction des noyaux est combinée avec un contrepoids convenable K pour que l'équilibre existe dans toutes les positions des noyaux avec le régime normal de l'arc, on voit de suite que le réglage est absolument indépendant de la force du ressort R, du coefficient de frottement du frein, des trépidations, etc.; le serrage du frein se faisant sans l'action d'aucune force extérieure venant modifier l'équilibre de la balance, le défilage se produit sans aucune modification du régime de marche.

Fonctionnement. — Ceci posé, le fonctionnement est facile à comprendre.

A l'allumage, le noyau S_1 est attiré avec un effort considérable, le piston D_3 formant retenue, le frein se serre de suite et les charbons s'écartent sans secousses, l'arc se forme et les noyaux se placent rapidement dans leur position d'équilibre, donnant de suite le régime normal.

Au fur et à mesure de l'usure, le déplacement des noyaux provoque le rapprochement des charbons pour des variations insignifiantes de régime, par la rotation de l'arbre A jusqu'au moment où le frein, qui se desserre de plus en plus par suite même de cette rotation, ainsi que nous l'avons vu, laisse glisser le volant V.

Au moment même de ce glissement, le frein se trouvant moins entraîné par le volant, l'équilibre de la balance est rompu avant toute variation de régime et le cercle C se déplace en sens

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

inverse, provoquant par ce mouvement même un nouveau serrage du frein venant immobiliser le volant. En un mot, en marche normale, le volant V tourne d'une façon continue tandis que le cercle C fait de petites oscillations autour de son axe A, dans la position correspondant au glissement du frein, et le réglage se fait sans variation appréciable de régime.

Pour faciliter ce mouvement d'oscillation du cercle C qui pourrait être gêné par l'amortisseur, la soupape de la pompe D_2 est équilibrée par deux ressorts qui la maintiennent légèrement soulevée en temps normal; de cette façon, la pompe ne forme retenue que par des mouvements assez brusques pour appliquer cette soupape sur son siège.

Aucun ressort ni contrepoids réglable n'intervient dans l'étalonnage de la lampe, celui-ci est fait par la bobine en série sur laquelle est mise en dérivation une résistance réglée une fois pour toutes. La lampe peut être démontée entièrement et remontée sans qu'il soit nécessaire de la régler à nouveau. Elle fonctionne sous une tension de 35 à 45 volts aux bornes.

Légèrement modifiée, elle peut être montée sur les circuits à courants alternatifs.

A l'Exposition de Saint-Louis, un groupe de 3 lampes, montées en tension, fonctionnait sans résistance additionnelle sur une distribution à 115 volts, à courant continu.

On peut monter ces lampes par 4 en tension sur une distribution à 120 volts à courants alternatifs.

Enfin MM. Vigreux et Brillié exposaient une lampe d'un principe nouveau et fort intéressant. Cette lampe était destinée à fonctionner directement sur une distribution à courants triphasés; à cet effet elle était munie de 3 charbons, chacun d'eux étant relié à l'un des conducteurs de la distribution.

Les avantages d'une telle disposition sont faciles à comprendre : indépendance absolue de chaque lampe, au lieu de la solidarisation ordinaire par 3; puissance lumineuse fixe, puisque la quantité d'énergie, à chaque instant, est constante au lieu d'être périodique; possibilité de fonctionner à une aussi basse fréquence que 25 périodes p : s.

Lampes à arc, système Bardon.

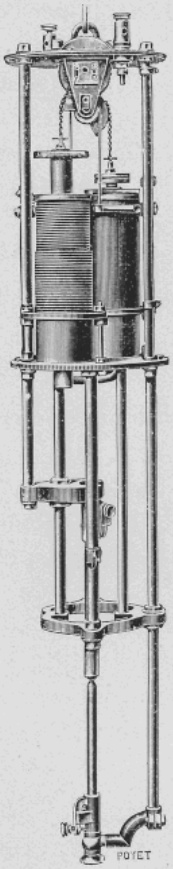
Lampe à arc différentielle à recul automatique. — Le mécanisme est disposé dans une cage réellement indéformable, qualité plus souvent négligée qu'on ne croit et dont l'importance, au point de vue des réglages futurs, est primordiale.

Mouvement de défilage. — Le porte-charbon supérieur, convenablement lesté, est moteur, son poids tendant constamment à rapprocher les charbons jusqu'au contact. Il est relié à la pièce de guidage du porte-charbon inférieur par une cordelette passant dans la gorge d'une poulie calée sur un axe horizontal. La gorge est molettée de manière que la cordelette ne puisse glisser. Cet axe se trouve également calé au volant, dont la jante, tournée et polie du côté gauche, est dentée du côté droit. Ce volant sert de liaison entre le mouvement de défilage et celui de réglage.

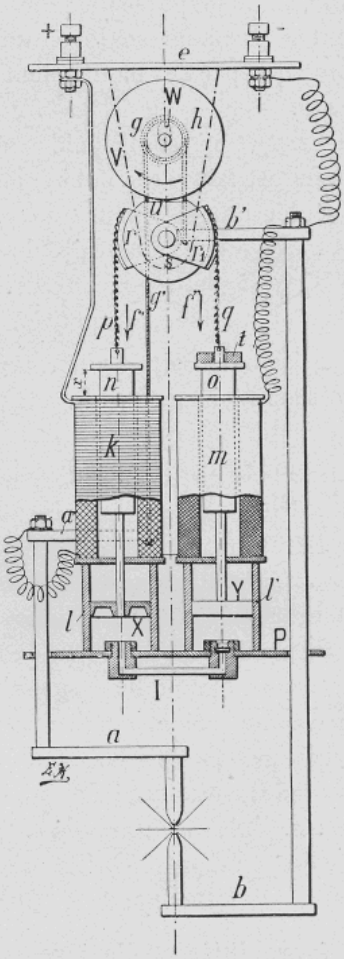
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'axe tourne d'ailleurs dans des coussinets en forme de fenêtres disposés de manière à lui permettre un léger déplacement vertical de bas en haut. Ce déplacement ou « jeu » est réglé à la construction ; il peut atteindre 2 millimètres.

Mécanisme de réglage. — Ce mécanisme a pour objet de « faire » tourner le volant dans un sens, pour produire l'écart des charbons, et de le « laisser » tourner de lui-même en sens contraire, pour permettre leur rapprochement.



Lampe Bardon à recul automatique.



Coupe schématique.

Il se compose d'un axe reposant par des couteaux sur des V en acier trempé. Un système de contrebutée empêche l'axe de se déplacer longitudinalement.

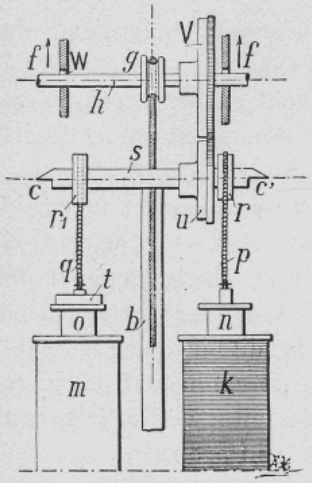
L'axe porte deux secteurs goupillés sur lui. Dans les gorges de ces secteurs se placent deux chaînettes supportant deux noyaux de fer doux.

Les solénoïdes, respectivement excités par le courant principal et par le courant dérivé, agissent sur les noyaux. Suivant la prédominance d'action d'un des solénoïdes sur l'autre, l'axe tourne à gauche ou à droite ; il est donc soumis à l'action différentielle du courant principal et de la tension aux bornes.

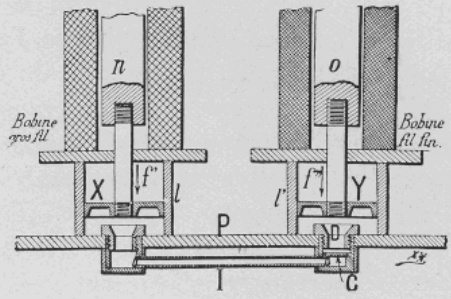
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'amplitude de la rotation de l'axe est fonction de la quantité dont peut être aspiré le noyau du solénoïde à gros fil. La cotte est telle que les pointes de charbons puissent à tout moment être écartées de 15 mm environ.

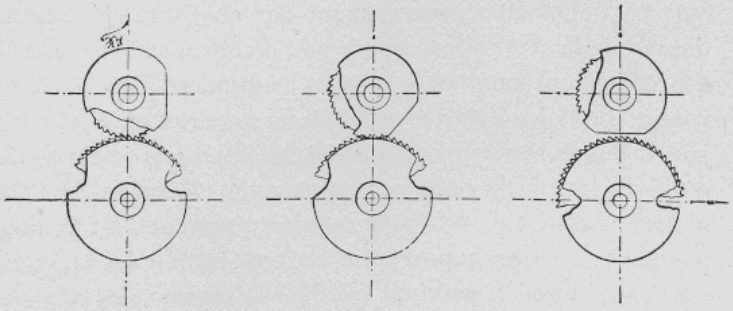
Enfin sur l'axe est fixée une came dont le côté gauche de la jante est tourné et poli; en un point, cependant, on a ménagé un méplat à peine visible. Le côté droit de la came est denté sur une partie de la circonférence, la denture pouvant engrener avec celle du volant.



Mouvement de défilage.



Amortisseurs.



Volant et came.

Amortisseur. — L'amortisseur se compose de deux cylindres en bronze dur, alésés et polis. Ils sont ouverts aux deux extrémités et disposés entre la platine inférieure de la lampe et les joues du bas des solénoïdes.

Des joints à emboîtements avec garnitures en carton d'amiante assurent le centrage et l'étanchéité des cylindres. Les pistons, à frottement très doux, sont vissés par leur tige à des noyaux de fer.

Un tube réunit les cylindres et permet leur libre communication ou leur indépendance, suivant que le clapet très léger, en aluminium, repose, ou, en s'élevant, s'applique sur son siège supérieur, formé par le rebord inférieur d'un écrou. La levée du clapet est de 0,4 mm.

L'amortisseur fonctionne de la manière suivante : Lorsque le noyau de droite est abaissé sous l'action du courant dérivé ou à défaut par le contrepoids, le noyau de gauche se relève et les charbons doivent alors se rapprocher sans que l'amortisseur ralentisse le mouvement. Le piston D descend, le clapet repose sur sa butée inférieure et les cylindres communiquent librement. L'air refoulé sous le piston D

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

passe ainsi sans résistance sous le piston G ; il n'y a pas d'amortissement. Au contraire, lorsque les charbons doivent s'écarter sous l'influence du solénoïde à gros fil, le noyau *n* descend, le piston G refoule l'air par le tube, et le clapet, se soulevant, interrompt toute communication entre les cylindres.

L'air se comprime alors sous le piston G et se raréfie sous le piston D. Les mouvements des noyaux sont ainsi fortement amortis, et finalement l'équilibre des pressions s'effectue périodiquement par une sortie d'air entre le piston G et son cylindre, et par une rentrée d'air entre le piston et le cylindre correspondant. Grâce à cette action combinée des pistons, l'amortissement au recul est remarquablement puissant. De plus, l'obturation du clapet est obtenue sûrement et sans temps perdu par le refoulement de l'air, sans qu'il soit utile de faire usage de ressorts antagonistes ou de munir les pistons de soupapes.

Fonctionnement. — Il reste maintenant à étudier la liaison du mécanisme de défilage à celui de réglage.

Lorsque les parties dentées du volant et de la came sont en prise, ces mécanismes sont solidaires sans glissement possible ; sous l'action du noyau *n*, l'écart des charbons se produit donc intégral et bien amorti.

Au début du rapprochement des charbons, le noyau *n* se relève et la partie dentée de la came cesse peu à peu d'engrener avec le volant. La rotation de celui-ci est cependant empêchée par le frottement des parties lisses de la came et du volant. Le poids des porte-charbons s'exerce en effet sur l'axe et se reporte sur les jantes polies. Le rapprochement des charbons se continue ensuite jusqu'au moment où le méplat de la came se présente sous le volant. A partir de cet instant, la lampe se trouve à la période du réglage proprement dit : le méplat laisse défiler le volant par petits à-coups imperceptibles, tout comme les lampes à frein ordinaire.

Tant que rien ne vient troubler le régime, les noyaux n'ont que de faibles mouvements, non influencés par l'amortisseur ; le volant défile au fur et à mesure de l'usure des charbons.

S'il se produit une baisse de tension sur le réseau, le courant principal diminue, le solénoïde attire moins le noyau *n*, et le noyau *o* entraîne celui-ci de haut en bas. Les charbons se rapprochent aussitôt jusqu'à ce que la balance constituée par les solénoïdes et leurs noyaux ait repris sa position d'équilibre. Supposons qu'il se produise, au contraire, un accroissement de tension du réseau ou une diminution de résistance de l'arc par suite d'un défaut des charbons, immédiatement le noyau *n* est attiré, les parties lisses sont en prise, puis presque aussitôt les parties dentées. L'écart se produit avec toute la sûreté voulue. Le jeu vertical de l'axe a été prévu pour faciliter la mise en prise des dentures. Si celles-ci ne se présentent pas convenablement, l'axe se soulève et l'engrènement ne peut manquer de se produire comme il faut, sans que les dents puissent en souffrir ni se mâter.

La nouvelle lampe Bardon est tout à fait indéréglable. Le réglage est uniquement obtenu, « à la construction », en déterminant la masse du contrepoids, masse légèrement variable d'une lampe à l'autre.

Il y a lieu de signaler encore quelques détails de construction.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les noyaux sont creux pour les alléger ; ils sont de plus fendus, ainsi que les carcasses des solénoïdes. On peut ainsi, grâce au démontage rendu rapide de la bobine à fil fin, disposer en quelques instants la lampe pour courant continu ou pour courant alternatif. Il suffit de remplacer la bobine par une autre, d'enroulement approprié à la fréquence du courant alternatif.

Les tiges qui supportent les porte-charbons sont guidées en trois points très éloignés de manière que le jeu obligatoire des guides ne puisse décentrer les charbons.

Les pièces mobiles sont suspendues par leur centre de gravité. On évite de cette manière les frottements latéraux parasites si la lampe n'est pas suspendue verticalement.

En résumé, cette lampe d'une construction aussi bien comprise que robuste, est surtout caractérisée par son amortisseur « n'agissant que pour le recul » et n'ayant aucune action vis-à-vis du rapprochement des charbons et du réglage normal de la lampe.

La partie la plus nouvelle de cet amortisseur consiste dans la réunion des deux cylindres par un tube de communication. C'est grâce à ce perfectionnement nouveau que l'obturateur a pu être réduit à un disque si léger et fonctionnant néanmoins sans ressorts ni valves.

Quand on tire des diagrammes d'ampère-mètre enregistreur sur des circuits desservis par les lampes Bardon modèle 1903, on constate que, même avec le fonctionnement par trois en série sous 110 volts, le graphique est aussi régulier que ceux obtenus jadis, lorsqu'on ne plaçait qu'une seule lampe sur un circuit alimenté sous 70 volts. Le problème était alors facile, étant donnée la chute de tension considérable dans la ligne.

La nouvelle lampe se prête également bien à une excellente marche avec les charbons à flamme, malgré les difficultés qu'occasionne l'emploi de ces charbons, qui fournissent un arc souvent peu stable. Les charbons à flamme présentent de sérieux avantages au point de vue de la quantité de lumière obtenue avec une consommation donnée d'énergie. Leur développement industriel est à souhaiter, mais il est intimement lié aux lampes qui seront assez parfaites pour les utiliser convenablement.

Lampes à arc différentielles à point lumineux fixe. — *Description.* — L'organe principal est un solénoïde placé au centre de la lampe et sur lequel sont enroulés :

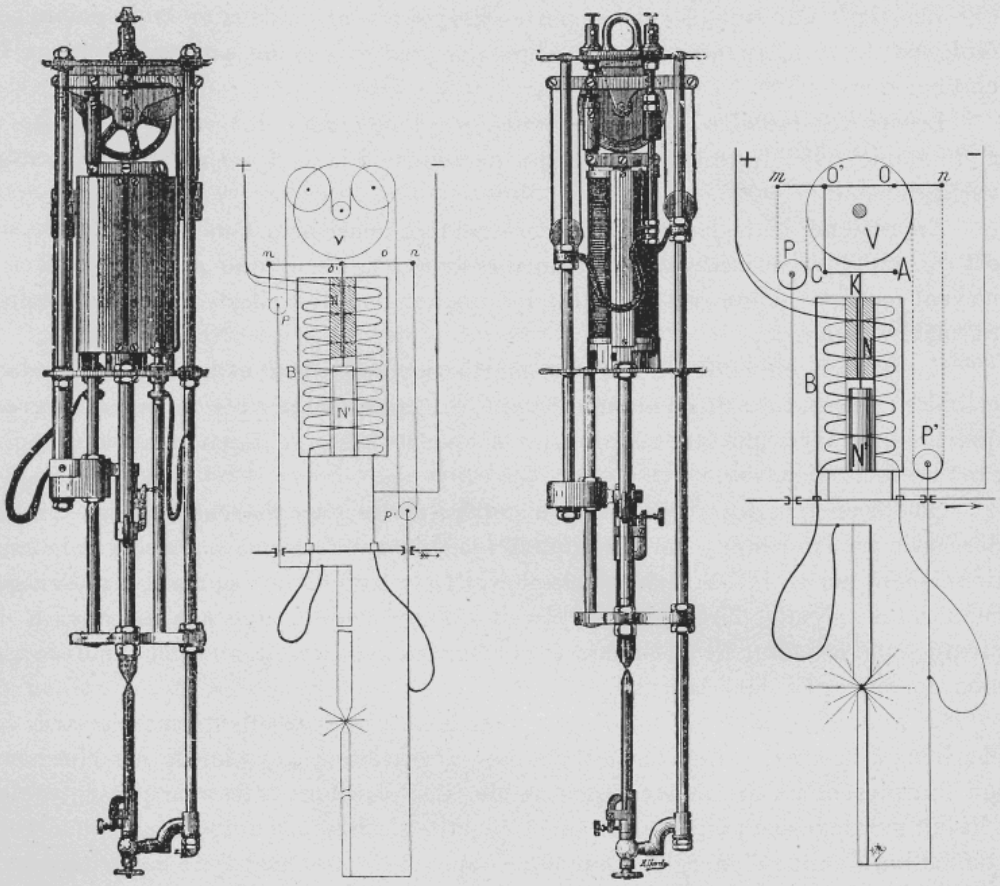
1° Pour les lampes en dérivation, un seul circuit de gros fil dans lequel passe le courant total ;

2° Pour les lampes en série, 2 circuits, un gros fil comme le précédent et un fil fin en dérivation aux bornes de la lampe et agissant en sens contraire du circuit à gros fil.

Dans l'axe de ce solénoïde se trouvent deux noyaux de fer doux, l'un fixe, l'autre mobile qui prend un mouvement ascendant par le passage du courant et fait par suite basculer un levier, fixe en un point, articulé en un autre point, lequel vient faire frein et caler un volant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un cordelet de soie attaché à une des extrémités du levier passe sur une poulie dont la lampe soutient le porte-charbon supérieur, remonte s'enrouler sur 3 poulies à gorge dont une petite, au centre, est solidaire du volant, puis redescend passer sur une poulie semblable à l'autre, mais placée de l'autre côté, soutenant le porte-



Lampe à point lumineux fixe. Coupe schématique. Lampe à point lumineux fixe. Coupe schématique.

charbon inférieur, et vient ensuite se fixer à l'autre extrémité du levier. Lorsque le courant ne passe pas, le poids du porte-charbon supérieur est tel qu'il détermine le rapprochement des charbons qui viennent au contact.

Allumage. — Lorsqu'on fait passer le courant, le noyau inférieur est attiré contre le noyau supérieur et le levier-frein vient caler, en se soulevant un peu, le volant.

Le soulèvement du levier a pour effet d'élever le charbon supérieur et d'abaisser le charbon inférieur, c'est-à-dire de produire l'allumage, lequel d'ailleurs est remarquablement franc, la lampe prenant immédiatement son régime normal.

Réglage. — Le réglage des *lampes en dérivation* se fait de la manière suivante :

La lampe étant allumée, les charbons s'usent, l'arc grandit, sa résistance aug-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mente et l'intensité diminue. Le noyau mobile se trouve être ainsi moins attiré, le levier penche du côté du porte-charbon supérieur, décale le volant qui laisse défiler le cordelet, lequel ramène les charbons à leur distance normale.

Les charbons avancent d'une même quantité, et comme l'usure du charbon positif est double de celle du négatif, on doit le mettre également de section double.

Le réglage s'opère d'une façon continue, sans aucune secousse, si bien que dans une lampe réglée il est impossible d'apercevoir le volant tourner, tant les déplacements sont faibles.

Le réglage des *lampes en série par 2* s'opère de la façon suivante :

Les charbons s'usant, l'intensité diminue, et il arrive certainement qu'une lampe, un peu plus sensible que l'autre, va régler avant elle et réglera seule pour maintenir l'intensité à sa valeur normale, ses charbons se rapprocheront, viendront au collage, tandis que les charbons de l'autre lampe s'écarteront de plus en plus par l'usure.

Mais si sur chaque bobine nous adjoignons un enroulement de fil fin en dérivation aux bornes de la lampe, et agissant en sens contraire de celui à gros fil, voici ce qui se passe : La différence de potentiel aux bornes de la lampe qui ne réglait pas s'est élevée d'une grande quantité, l'enroulement de fil fin en dérivation devient prépondérant, neutralise davantage l'action du gros fil et permet au levier-frein de décaler le volant qui laisse défiler le cordelet et ramène les charbons à leur distance normale ; au contraire, dans l'autre appareil, la différence de potentiel, étant faible, a laissé à l'enroulement de gros fil toute sa force, et celui-ci agit pour caler fortement le volant et empêcher ainsi les charbons de se rapprocher et de venir au collage.

Lampes à arc en vase clos.

Les lampes à arc se divisent en deux catégories :

les lampes brûlant à air libre ;
les lampes brûlant en vase clos.

Or, en raison de l'économie réalisée par l'emploi de ces dernières, économie que nous démontrerons plus loin, elles sont, dans beaucoup de cas, préférées aux lampes brûlant à air libre.

Une lampe parfaite doit réunir les qualités suivantes :

Simplicité et solidité du mécanisme ;
Consommation très réduite ;
Fonctionnement régulier ;
Émission d'une lumière blanche sans interruptions ni trépidations.

Économie. — Dans les lampes à air libre, l'arc est en contact direct et permanent avec l'atmosphère, et, vu la haute température qui en résulte, il se produit une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

combustion très rapide des charbons. Si, par contre, l'arc est enfermé dans un petit globe presque hermétique, la combustion est alors beaucoup plus lente, et la durée des charbons se trouve, par suite, considérablement augmentée. Toutefois, cette économie de charbons n'est pas le seul avantage résultant de l'emploi des lampes en vase clos, et il y a lieu de considérer également la très notable réduction des dépenses d'entretien qui en découle.

Dans l'évaluation du prix d'entretien, résumée dans le tableau que nous donnons ci-après, nous ferons entrer la main-d'œuvre, le renouvellement des charbons et celui des petits globes. Nous pourrions faire entrer aussi les frais d'amortissement, mais ceux-ci varient suivant les types et pour chaque constructeur. Il est à remarquer, toutefois, que les lampes en vase clos feront beaucoup plus d'usage que celles à air libre, étant donnée leur construction simple et robuste et, par suite de la longue durée des charbons, la suppression des visites ou manipulations fréquentes, causes de détérioration rapide des lampes à arc ordinaires.

Main-d'œuvre. — Nous admettons que le temps passé pour le nettoyage et le changement de charbons des lampes est de :

1/2 heure pour la lampe de longue durée, et de
1/4 d'heure seulement pour la lampe ordinaire,

et nous comptons le prix de l'heure à raison de 0,50 fr.

Le temps prévu comprend le déplacement nécessaire pour aller d'une lampe à une autre ; si le nettoyage est fait par le propriétaire de la lampe, il reste, en faveur de celle en vase clos l'économie de charbons et l'agrément de ne pas en changer journellement.

Renouvellement des charbons. — L'usure des charbons pour ces lampes est d'environ 20 cm en 100 heures, et pour les lampes ordinaires, de 20 cm en 7 heures ; le charbon sera compté au prix moyen de 0,60 fr le mètre.

Renouvellement des petits globes. — On estime pour les petits globes une durée minima de 400 heures environ. Le prix de ces petits globes est de 1,50 fr environ. On supposera aussi un éclairage moyen de 7 heures par jour, soit 200 heures par mois environ. Dans ces conditions, la dépense mensuelle d'entretien pour les lampes à arc ordinaires et les lampes en vase clos, peut être établie de la façon suivante :

	LAMPES EN VASE CLOS Longue durée.				LAMPES A AIR LIBRE Ordinaires.			
Nombre de lampes.....	2	10	50	100	2	10	50	100
Main-d'œuvre.....	1 »	5 »	25 »	50 »	7,50	36,50	187,50	375 »
Charbons.....	0,48	2,40	12 »	24 »	7,20	35 »	180 »	360 »
Globes intérieurs.....	1,50	7,50	37,50	75 »	»	»	»	»
Fr.....	2,98	14,90	74,50	149 »	14,70	73,50	367,50	735 »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De ce tableau il résulte que les économies mensuelles réalisées par l'emploi des lampes à arc de longue durée sont les suivantes :

De 11,72 fr pour une installation de 2 lampes ;
De 58,10 fr pour une installation de 10 lampes ;
De 293 » fr pour une installation de 50 lampes ;
De 586 » fr pour une installation de 100 lampes.

Soit une économie de 80 %.

Sans tenir compte de la main-d'œuvre, l'économie est encore de plus de 70 %.

Distribution de la lumière. — Une lampe à air libre donne son maximum d'intensité de lumière sous un angle de 58° avec l'horizontale, alors que pour la lampe en vase clos, cet angle n'est que de 38°. Ceci provient tant de la forme de l'arc que de celle des charbons à leur point de contact. Dans la lampe à air libre, le charbon supérieur est profondément creusé et le charbon inférieur effilé ; il en résulte que la longueur utile de l'arc est très courte, puisque l'arc se produit au fond du cratère formé dans le charbon supérieur, et que les parois empêchent la diffusion de la lumière sous un petit angle. Dans la lampe en vase clos, au contraire, les extrémités des charbons sont planes ; par suite, l'arc est plus long, les rayons lumineux ne rencontrant pas d'obstacle sont projetés sur une plus grande surface, et l'angle qu'ils forment avec l'horizontale est très aigu.

Il en résulte que la lumière produite par la lampe à air libre est très intense à quelques mètres de l'arc, elle est même aveuglante parfois, mais elle diminue très rapidement à une courte distance de la lampe.

La lampe en vase clos, au contraire, donne une lumière régulière qui croît graduellement jusqu'à ce qu'elle atteigne une certaine intensité, puis elle diminue sensiblement.

Ainsi, l'intensité de l'éclairage étant uniformément répartie sur la surface éclairée par une lampe en vase clos, la lumière est utile sur tous les points de cette surface, tandis qu'avec la lampe à air libre, il se produit à une certaine distance une impression d'obscurité.

Lampes à arc en vase clos de la General Electric C°.

Construction. — L'arc produit par cette lampe est enfermé dans un petit globe fixé sur la base, hermétiquement clos, et recouvert d'un chapeau en fonte qui, par une ouverture circulaire, laisse passer le charbon supérieur. De cette façon, l'arc est isolé, et, après quelques instants de combustion, il ne reste plus à l'intérieur du petit globe que de l'oxyde de carbone. C'est à la présence de ce gaz que sont dues et la longueur de l'arc et la combustion lente.

Le mécanisme de la lampe est extrêmement simple, voici d'ailleurs la description de ses différentes parties :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au sommet, est placée une résistance réglable selon le voltage que l'on a aux bornes de la lampe, afin d'obtenir une différence de potentiel de 80 à 85 volts entre les deux charbons; dès que ce réglage est obtenu, il n'y a plus lieu de toucher au mécanisme. Dans le corps de la lampe, se trouvent placées deux bobines en série suivant la partie mobile qui, au moyen d'une mâchoire convenablement réglée, laissent glisser le charbon supérieur ou le maintiennent immobile.

Enfin, un dash-pot régularise l'action de la partie mobile. Le piston est en graphite; par suite la lubrification est automatique, et le fonctionnement du dash-pot indépendant de la température ambiante, vu le faible coefficient de dilatation du graphite. La seule différence existant entre la lampe pour courant alternatif et la lampe pour courant continu consiste en ce que cette dernière est munie d'une bobine de réaction sectionnée qui permet un réglage de 100 à 120 volts pour des fréquences comprises entre 40 et 140 périodes. Dans cette lampe, les bobines, ainsi que les griffes, sont suspendues au moyen de ressorts, afin d'absorber les vibrations produites par le courant. Elle fonctionne absolument sans bruit, comme la lampe à courant continu d'ailleurs, et sa marche est d'une régularité absolue. Réglée comme nous l'avons dit plus haut, tout dérangement est impossible, puisque le fonctionnement est basé sur l'action électrique du courant, et qu'il ne comporte ni rouage ni mouvement d'horlogerie. Voici, d'ailleurs, la marche que suit le courant : de la borne positive il passe dans la résistance, traverse les bobines en série, se rend au charbon supérieur par le câble isolé, forme l'arc et retourne directement du charbon inférieur au commutateur dont la mâchoire est fixée à la borne négative de la lampe.

Forme 5. 110 volts, courant continu. — Les lampes pour circuit à 110 volts se montent directement sur les canalisations comme des lampes à incandescence. Elles consomment 3 1/4, 4, 4 1/2 ou 5 ampères sous une tension de 80 volts à l'arc. La durée totale des heures d'éclairage de la lampe à 3 1/4 ampères est de 75 à 100 heures; celle de la lampe à 4 et 4 1/2 ampères est de 100 à 120 heures, et celle de la lampe à 5 ampères est de 150 heures environ. Par suite, la lampe de 5 ampères est recommandée en raison de sa longue durée d'éclairage. Les dimensions de toutes ces lampes sont les mêmes, la différence consiste dans les bobines.

Les lampes de 5 ampères sont construites pour pouvoir être réglées à 4 1/2 ampères, et les lampes pour 4 ampères peuvent être réglées à 3 1/4 ampères. La Compagnie construit aussi un modèle pour 3 1/4 ampères seulement. On peut les installer sur circuit de 100 à 120 volts, et obtenir :

90 volts à l'arc sous 120 volts;
85 volts à l'arc sous 115 volts;
80 volts à l'arc sous 110-100 volts;

Ce nouveau système donne une augmentation de lumière sans augmenter l'énergie consommée aux bornes de la lampe.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Réglage. — Les bobines de ces lampes comportent des bornes qui permettent de les régler pour différentes intensités, ainsi que nous l'avons dit, la lampe de 5 ampères peut être réglée à 5 ou 4 1/2 ampères, et celle de 4 ampères à 4 ou 3 1/4 ampères. Dans la lampe à 5 ampères, les bornes supérieures correspondent à 4 ampères 1/2; les bornes inférieures à 5 ampères ; dans la lampe de 4 ampères, les bornes supérieures correspondent à 3 1/4 ampères et les bornes inférieures à 4 ampères.

La lampe de 3 1/4 ampères ne possède pas de bornes supplémentaires et ne peut convenir que pour le courant indiqué.

Dès que ces bornes sont reliées pour l'intensité voulue, la lampe peut être

Stand de la General Electric C° éclairé par des lampes en vase clos. Aux quatre angles de la coupole, des lampes orthochrone; à la partie supérieure, des lampes à vapeur de mercure.

réglée de façon à donner 80 volts à l'arc, en faisant monter ou descendre la petite pièce de métal qui glisse dans le tambour de résistance. Lorsque cette pièce monte, le voltage à l'arc augmente ; lorsqu'elle descend, le voltage à l'arc diminue.

Le même réglage s'applique à la lampe de 220 volts.

Cette dernière est de construction presque semblable à celle de la lampe à 110 volts, la seule différence existe dans les bobines et dans le tambour de résistance sur lequel sont enroulés quelques tours de fil supplémentaire afin d'obtenir la résistance nécessaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Forme 2. 220 volts, courant continu. — Elles se montent comme les lampes à 110 volts, et sont établies pour être réglées à 2 3/4 ampères et 2 1/2 ampères, sous une tension à l'arc de 160 volts, avec une durée totale d'éclairage de 130 à 150 heures.

Forme 1 (en série). 500-600 volts, courant continu. — Ces lampes sont destinées à être montées en série. Comme elles peuvent être directement branchées sur le circuit principal, on les emploie communément pour l'éclairage public, celui des stations de tramways, des usines génératrices, etc.

Leur mécanisme est un peu différent des précédents, en ce sens que l'action régulatrice est différentielle. En outre, un interrupteur automatique substitue à la lampe une résistance spéciale qui permet d'éteindre chaque lampe séparément.

Elles peuvent être montées par deux en tension sous 200 à 250 volts, ou cinq sur 500-600 volts. Elles consomment 5 ampères sous 80 volts à l'arc. Leur réglage est tel qu'une variation de 50 volts sur la ligne ne les affecte pas. La durée d'éclairage de ces lampes est de 130 à 150 heures.

Forme 3. Courant alternatif. — Les lampes pour courant alternatif ont à leur sommet une bobine de réaction sectionnée qui permet de les installer sur circuit de 100-120 volts, et d'une fréquence variant entre 40 à 140 périodes par seconde. Leur aspect extérieur est le même que celui des lampes forme 5 et forme 2.

Leur durée d'éclairage est de 80 à 100 heures, et leur consommation, de 6 ampères à une tension de 80 volts à l'arc.

LAMPES EN VASE CLOS DE LA GENERAL ELECTRIC C°

FORME.	AMPÈRES.	VOLTS à l'arc.	CHARBONS			GLOBES		DURÉE des charbons.	LONGUEUR des lampes.	POIDS de la lampe complète
			Supérieur.	Inférieur.	Diamètre.	Intérieur	Extérieur			
			mm.	mm.	mm.	N°.	Fig.	Heures.	cm.	kg.
Lampes pour circuit 110 volts courant continu.										
5	5-4 1/2	80	305	152	12,7	3	5	130-150	64	10
	4-3 1/4	80	305	152	11,1	3	5	100-120	64	10
	3 1/4	80	305	152	9,5	3	5	75-100	64	10
Lampe pour circuit 220 volts courant continu.										
2	2 3/4	160	305	127	12,7	3	5	130-150	64	10
Lampe pour circuit 500-600 volts courant continu (en série).										
1	5	80	305	140	12,7	5	1	130-150	75	15
Lampe pour courant alternatif 110 volts, 40 à 140 p : s.										
3	6	80	241	152	12,7	3	5	80-100	64	12

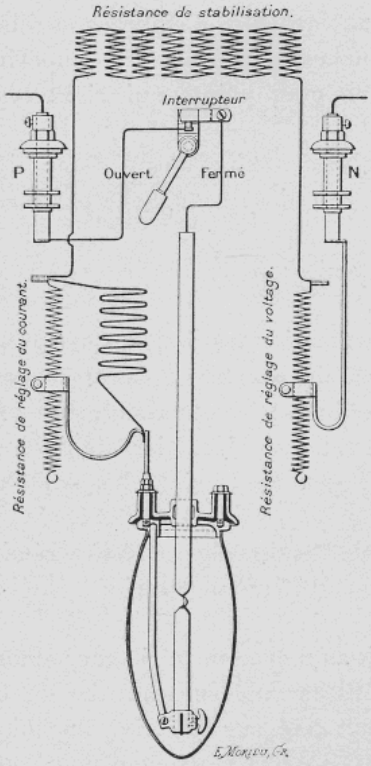
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lampes à arc en vase clos système Wood.

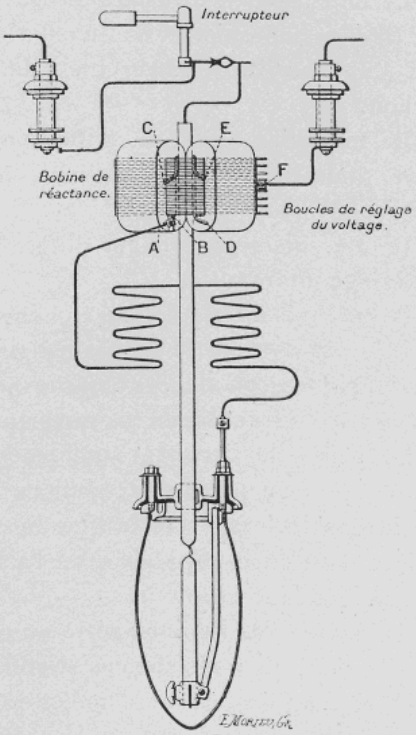
Les lampes à arc de la *Fort Wayne Electric Works* sont établis sur un modèle unique, les divers types ne diffèrent que par quelques modifications.

L'ensemble du mécanisme se trouve complètement protégé par une boîte de laiton cylindrique qui vient se fixer au moyen d'un dispositif à baïonnette sur la platine supérieure de support.

Le globe extérieur est maintenu par deux ressorts réglables et un écrou à



Lampe Wood à courant continu.



Lampe Wood à courants alternatifs.

main sur une douille que l'on fixe par un dispositif à baïonnette sur la partie inférieure de la boîte du mécanisme. Cette partie porte le radiateur qui a pour but de dissiper au moyen de ses ailettes la chaleur dégagée par l'arc.

Le globe intérieur est appliqué sur la plaque de fermeture au moyen d'un étrier qui supporte la partie inférieure du globe, par un trépied et un petit ressort réglable.

La plaque de fermeture est formée de deux parties métalliques isolées et porte, au centre, un manchon de bronze pour laisser passer le charbon supérieur.

Le porte-charbon supérieur est combiné avec la tige servant à amener le courant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'ensemble a un poids assez fort afin de réduire l'influence de la diminution de poids résultant de la combustion du charbon.

Le charbon est tenu à l'extrémité d'une tige ou trolley au moyen de deux mâchoires demi-cylindriques en bronze phosphoreux fixées sur la tige par deux vis. Ce trolley glisse dans un tube de guidage servant à amener le courant. Le contact est assuré par trois ressorts à 120° terminés par des parties semi-cylindriques frottant sur le tube par la tranche. Cette disposition a été adoptée afin d'assurer un contact toujours parfait même en présence de poussières. Au moment du remplacement d'un charbon, le trolley se trouve centré par l'écrou de fermeture du tube qui porte un petit prolongement conique.

Le déplacement du charbon est assuré par un manchon d'embrayage relié par une tige au mécanisme d'alimentation ; ce manchon a un diamètre supérieur à celui du tube, et il porte un sabot articulé en cinq points qui vient tenir le charbon.

Le mécanisme est, en outre, pourvu d'un interrupteur formé d'une tige de cuivre, maintenue entre les deux contacts fixes, et qui sera dégagée par une tige solidaire de l'armature.

Le mécanisme régulateur diffère selon les lampes; nous décrirons le système de réglage différentiel.

Le mécanisme régulateur comporte deux électro-aimants dont les noyaux sont terminés par une partie inférieure conique et réunis par une culasse à la partie supérieure; chacun de ces noyaux porte une bobine-série ou shunt. Les parties coniques pénètrent dans les ouvertures correspondantes circulaires de l'armature.

Le poids de l'armature se trouvant annulé par l'attraction des solénoïdes, le frottement au pivot est réduit au minimum.

Un des leviers porte la tige de commande de l'embrayage et, à l'extrémité, le cylindre d'un dash-pot à air dont l'arbre est fixé au bâti; l'autre levier porte la tige commandant l'interrupteur.

L'ajustage des bobines-série ou shunt se fait au moyen de résistances montées en dérivation. Ces résistances sont formées de fil enroulé sur un tube de laiton recouvert d'un isolement d'amiante, le tout étant fixé sur une tige de bois; un collier serré par un écrou peut se déplacer le long de la résistance pour assurer le réglage. La résistance en dérivation sur la bobine shunt est ajustée une fois pour toutes, suivant le voltage et la résistance de rallumage.

Lampes du type C pour arcs en série. — Les lampes que nous venons de décrire fonctionnent sous 75 volts et le courant normal est ajusté pour 6,5 ampères, mais on peut les régler pour des courants compris entre 5 et 8 ampères. L'écart maximum de voltage dans les conditions normales est de 10 volts au moment de l'allumage : lorsque l'enroulement est froid, le voltage est de 65 volts. La durée normale des charbons de bonne qualité est de 100 heures lorsque la lampe est réglée pour 6,5 ampères. Les charbons ont une longueur de 135 mm et des diamètres de 30,5 mm pour le charbon inférieur, et de 12,8 mm pour le charbon supérieur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lampes à arc en vase clos, en série-parallèle. Forme C. — Ce type rappelle, par sa construction, le type précédent, mais, de plus, la bobine shunt agit lorsque l'alimentation des charbons se fait mal, ou qu'ils sont consumés, pour intercaler au moyen de l'interrupteur une résistance égale à celle de l'arc, de telle sorte que le voltage aux bornes de la lampe ne sera pas changé, et que la suppression d'une lampe ne troublera pas celle des autres lampes.

La résistance de réglage de la bobine shunt est également réglable, de telle sorte que l'on peut installer deux lampes en série sous 220 à 250 volts, ou cinq, sous 500 à 575 volts, l'écart de réglage étant de 15 volts par lampe.

La résistance de compensation est placée dans une boîte que l'on fixe à la partie supérieure de la boîte du mécanisme; elle est formée d'un fil continu enroulé sur une série de bobines de porcelaine placées à l'intérieur d'un cylindre de fonte, portant à l'extérieur des ailettes formant radiateurs.

Ces lampes fonctionnent sous 75 à 80 volts avec un courant normal de 5 ampères mais il peut être réglé pour 4,75 à 6 ampères.

Les charbons ont une durée normale de 150 heures, correspondant au courant normal; leurs dimensions sont de 134 mm de long et de 30,5 et 14 mm respectivement, pour les diamètres des charbons supérieur et inférieur.

Lampes à arc en dérivation sous 110 volts. — Ces lampes sont construites suivant les mêmes principes, mais le mécanisme de régulation ne comprend qu'une bobine-série. La résistance de compensation se trouve à la partie supérieure comme dans le cas précédent, mais elle se trouve placée en série avec la résistance servant à l'ajustage, suivant le voltage du réseau d'alimentation, la tension d'alimentation pouvant varier entre 100 et 125 volts.

Les intensités correspondant aux voltages sont données par le tableau suivant :

Volts.	Ampères.
75	6
76	5
77	4 3/4

Les charbons ont les dimensions suivantes : longueur, 134 mm, diamètres, 30,5 mm et 12,8 mm pour les charbons supérieur et inférieur.

Lampes à arc à courant alternatif en dérivation pour 104 volts. — Le mécanisme de régulation de ces lampes diffère complètement de celui des lampes précédentes.

Il y a deux bobines en série agissant également sur une armature en forme d'U renversé, fixée par des ressorts au levier régulateur. Les noyaux sont formés de tôles rivées au moyen de goujons de maillechort.

L'attraction des électro-aimants est contrebalancée par un ressort placé à égale distance et symétriquement; deux dash-pots disposés aux extrémités amortissent les oscillations. Ce système se trouve, par conséquent, bien équilibré et les efforts sont également répartis.

A la partie supérieure de la boîte du mécanisme se trouve la bobine de réactance qui joue le même rôle que la résistance de stabilisation des lampes à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

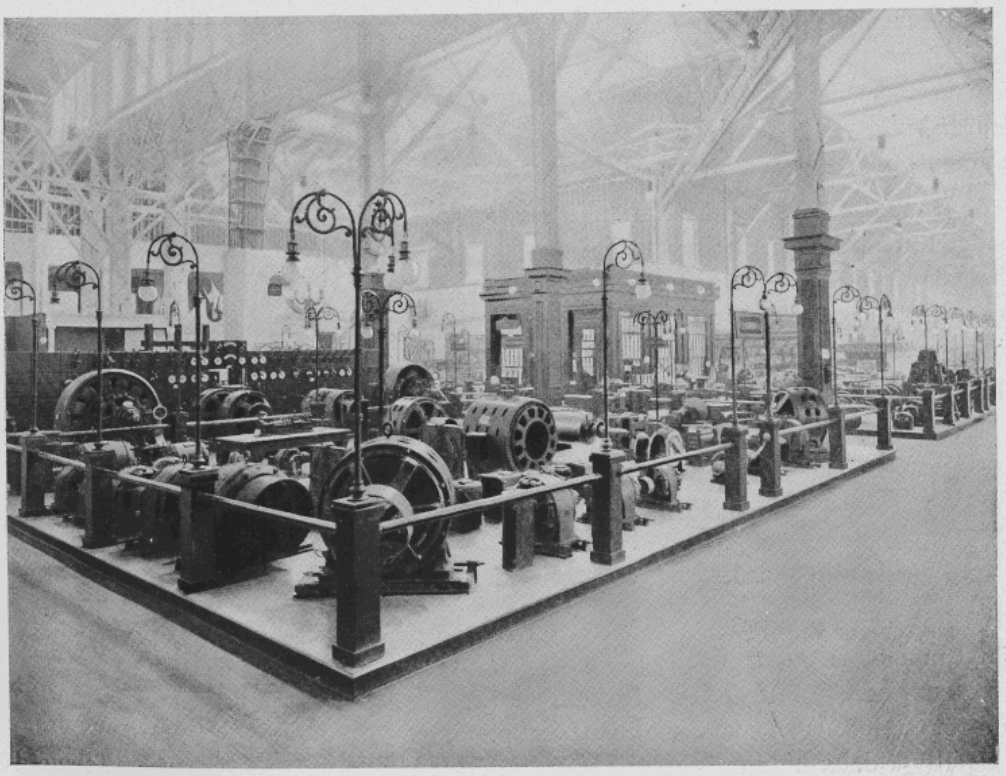
courant continu. Le circuit magnétique formé de tôles présente un entrefer rempli par des bandes de fibres, servant à maintenir l'écartement.

Une série de connexions permet de faire varier le nombre de tours suivant 9 échelons, afin d'ajuster la lampe suivant la tension d'alimentation, qui peut varier entre 100 ou 120 volts.

Diverses bornes permettent de régler l'appareil suivant la fréquence, avec un écart admissible de 10 % en plus ou en moins.

Afin d'atténuer l'effet des vibrations dues à l'influence des courants alternatifs, la plupart des connexions se font au moyen de ressorts. Les parties qui viennent buter sont munies de feutre. La bobine de réactance est également maintenue entre d'épaisses pièces de feutre.

Ces lampes nécessitent l'emploi d'un charbon à âme et d'un charbon plein de



Stand de la Compagnie Westinghouse éclairé par des lampes à courants alternatifs en série.

13 mm de diamètre; le charbon supérieur a une longueur de 280 mm et le charbon inférieur de 128 mm. Le charbon supérieur, étant indifféremment à âme ou plein, remplace le charbon inférieur consumé.

Lampes à arc à haute tension. — Ces lampes peuvent être montées sur des circuits de 1 100 à 2 200 volts; elles nécessitent l'emploi d'un transformateur-réducteur.

Transformateur du type M. A. — Ce transformateur du type cuirassé est à refroi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

disseur. Il est établi de façon à transformer un courant à tension constante en courant à intensité constante.

L'enroulement primaire est établi pour 1 100 volts ou 2 200, mais le rapport de transformation peut être changé en faisant varier la résistance de l'enroulement secondaire et la distance des bobines.

En augmentant les fuites, on diminue la quantité d'énergie transmise au circuit secondaire.

Pour ajuster le transformateur pour une fréquence de 60 périodes p : s on éloigne les bobines et on intercale entre elles des tôles, de façon à augmenter les fuites ; les bobines sont alors fixées au moyen de coins en bois, tandis que pour les fréquences de 140 périodes, les bobines sont rapprochées presque au contact.

Ces lampes sont disposées pour fonctionner sous 75 à 77 volts, soit environ 72 volts à l'arc et une intensité de 6 ampères.

Lampes à arc en vase clos de la Western Electric C°.

Ces lampes sont caractérisées par le guidage et le mode de fixation du charbon supérieur, ainsi que par le mécanisme régulateur qui ne comprend aucun ressort.

La griffe de fixation du charbon supérieur glisse dans un tube de guidage et est commandée directement par le régulateur; le courant lui est amené au moyen d'un ruban de cuivre plié, la connexion n'étant assurée par aucun contact glissant ou tournant. Pour retirer le tube et remplacer les charbons, il suffit de faire glisser le verre et d'enlever deux vis. En outre, la griffe permet l'emploi de charbons de différentes grosseurs.

Pour les lampes à courant alternatif, il sera préférable d'employer deux charbons à âme ; on aura ainsi des arcs plus longs de 20 %. En outre, l'arc étant en vase clos, la dépense de courant sera moindre et la lumière sera constante et plus diffusée. Le réglage des lampes à arc, à courant continu et à courant alternatif, s'obtient à peu près de la même façon.

Deux solénoïdes agissent sur une armature en fer doux en forme d'U et sur un levier; leur effort est contrebalancé par un poids dont l'action se règle en le déplaçant sur la tige filetée qui le supporte.

Un dash-pot à air amortit les oscillations.

La résistance de réglage s'ajuste au moyen d'un shunt, elle est portée sur une bobine en porcelaine à rainures profondes.

La ville de Montréal (Canada) est éclairée par 1 400 lampes de ce type, en série, sur une distribution à courant alternatif; l'installation comprend, en outre, 50 transformateurs et 50 régulateurs d'un type spécial.

Régulateur d'intensité pour l'éclairage à arc, à courant alternatif en série. — Cet appareil permet d'obtenir un rendement moyen et un facteur de puissance élevé ; en outre, il peut être ajusté pour des puissances variables. Le régulateur comprend une bobine de réactance mobile, supportée par une chaîne attachée à l'extrémité

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un levier équilibré par un contrepoids, elle est, en outre, guidée par deux tiges placées sur les côtés de l'appareil.

Cette bobine se déplace devant trois noyaux formés de plaques de tôle assemblées et reposant sur le bâti.

La bobine est formée de plusieurs galettes superposées, isolées entre elles, et dont il suffit de faire varier le nombre pour changer la puissance de l'appareil. On remarquera que l'appareil dépense très peu de courant et qu'à pleine charge il prend une position où la self-induction est minima, il y aura donc seulement la perte dans le cuivre.

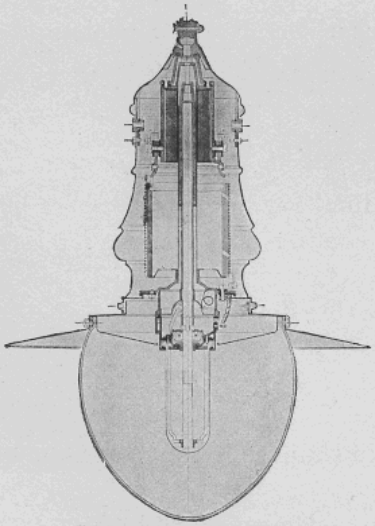
Le réglage se fait par le déplacement du contre-poids et les variations d'intensité que l'on obtient dans le réseau sont au plus de 1/10 d'ampère.

Transformateurs d'intensité. — La *Western Electric C°* construit des transformateurs d'intensité placés dans l'huile, spécialement étudiés pour le fonctionnement de ses lampes à arc. Le primaire, comprenant deux bobines montées en série ou en dérivation, suivant le voltage, est monté directement sur le circuit des alternateurs. Le nombre des bobines du secondaire et leur montage peut être changé en déplaçant des chevilles de connexion, suivant la puissance à fournir aux lampes.

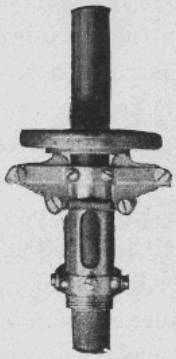
Lampes à arc en vase clos Regina.

Une autre lampe d'un type caractéristique est la lampe *Regina* (de la Regina-Bogenlampenfabrik de *Cœln-Suelz*). Le régulateur ainsi que l'arc sont enfermés dans un espace étanche. Par conséquent il ne peut se produire de fuites ni de rentrées d'air.

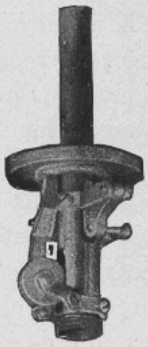
Une soupape et un tuyau long et mince permettent l'échappement des gaz en cas de surpression.



Coupe d'une lampe Régina.



Pince à charbon.



Déclencheur automatique.

La chaleur se concentre dans le globe inférieur et maintient les charbons incandescents sur une plus grande longueur. Le charbon inférieur ne se brûle pas en pointe, car l'évaporation se fait complètement.

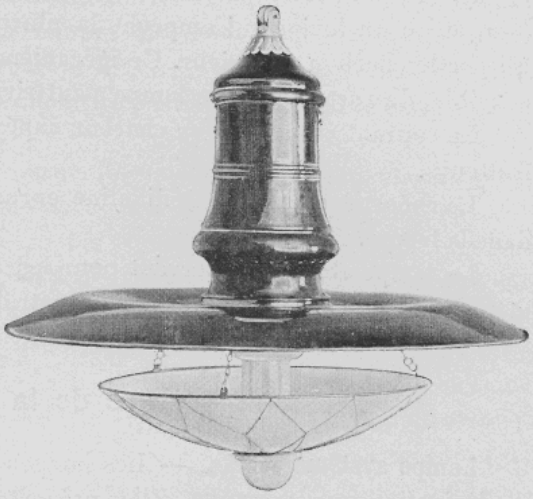
Comme toute rentrée d'air est rendue impossible, les charbons peuvent durer 300 à 400 heures; le charbon supérieur restant est ensuite monté à la partie infé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rieure, à la place du charbon brûlé. On n'a aucune chance d'incendie à redouter avec ce type de lampe, car aucune particule incandescente ne peut s'échapper au dehors.

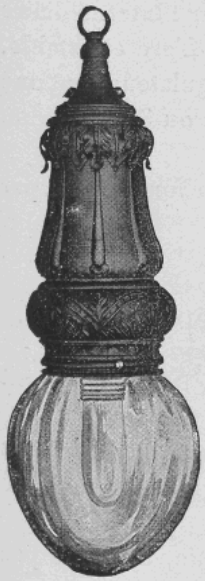
Lampe Régina pour série.

Lampe pour courants alternatifs.



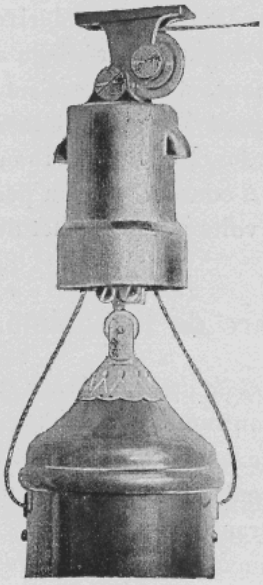
Lampe à semi-réflevion.

Le mécanisme de régulation est aussi extrêmement simple. La tige porte-charbon sert de noyau à l'électro-aimant ; elle porte à son extrémité un piston qui

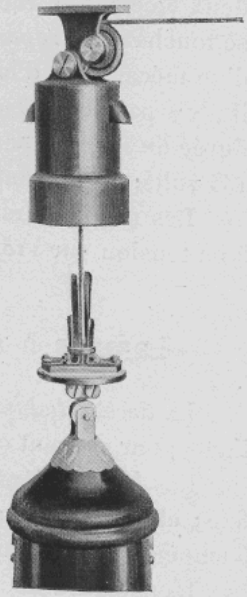


Garniture fer repoussé.

Garniture cuivre repoussé.



Lampe connectée.



Lampe disconnectée.

forme amortisseur à air et une pince à mâchoire ; l'autre extrémité vient saisir le charbon ; lorsque les charbons se sont brûlés sur une certaine longueur, le noyau de l'électro-aimant s'abaisse, et la pince, venant buter contre une pièce fixe, s'ouvre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et laisse glisser le charbon supérieur. En outre, un déclencheur automatique éteint la lampe lorsque les charbons sont devenus trop courts. Il consiste en une roulette appuyant contre le charbon supérieur et qui, lorsqu'elle ne rencontre plus le charbon, attire un levier qui empêche la pince de s'abaisser suffisamment pour laisser glisser le charbon supérieur. Ce mécanisme est très robuste, et le réglage est très sensible, de sorte que cette lampe peut rivaliser avec les meilleures lampes.

Le courant est amené au charbon supérieur au moyen de brosses ou d'anneaux frotteurs.

Le rhéostat est un fil de nikeline enroulé sur une bobine en porcelaine placée dans la lampe.

La lampe Regulina, servant pour les faibles intensités, est établie d'après les mêmes principes. Ces lampes sont construites à Paris par la M^on^ Hinstin frères.

Lampe à arc de la Société Gramme.

Lampe système Marks. — Les lampes Marks en vase clos fonctionnent seules en dérivation sous 110 volts. Elles présentent une grande économie d'entretien par suite de leur longue durée. La lampe de 3 ampères dure en effet 40 heures environ, celle de 5 ampères 100 à 125 heures, celle de 1 ampère dure de 5 à 20 heures.

Régulateurs pour lampes à arc. — Les régulateurs Gramme sont composés de deux électros de recul ayant pour effet de faire jaillir l'arc à l'allumage, les crayons se touchant au repos. Des électros, dérivation à armature, font, par l'intermédiaire d'un mécanisme d'horlogerie, le réglage automatique de la lampe. L'arc est stable, il n'y a pas de battement, et la lampe n'est jamais au collage ; ces régulateurs ont une durée de fonctionnement d'environ 10 heures. Ils se montent par 2 ou 3 sur 110 ou 135 volts, et peuvent fonctionner par 10 ou 20 en série, à volonté.

Les régulateurs à courant continu peuvent être construits pour fonctionner par 3 en tension sur 110 volts avec rhéostat de réglage.

Lampes à arc de la Société industrielle des téléphones.

La *Société Industrielle des Téléphones* expose deux lampes à arc, type « S », dont l'une pour courant continu, l'autre pour courant alternatif.

Les lampes à arc modèle « S » sont à réglage différentiel et à point lumineux fixe ; elles fonctionnent à partir de 5 ampères sur le courant continu et à partir de 6 ampères sur le courant alternatif.

L'ensemble du mécanisme est commandé par un jeu de bascule, actionné par deux bobines, dont l'une est en dérivation aux bornes de la lampe, et l'autre en série avec le courant qui traverse l'arc. A cette dernière bobine est adjoint un shunt réglable qui permet de faire varier d'environ deux ampères l'intensité du courant. Ces dispositions donnent aux lampes « S » une très grande souplesse, grâce à laquelle les variations de voltage aux bornes sont insensibles au moment du défilage

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des charbons, et permettent de monter plusieurs arcs en série, sans rhéostat ni bobine de self-induction. A cet effet, l'isolement de ces lampes a été particulièrement soigné; leur construction est robuste et leur mécanisme très simple malgré sa précision.

Enfin, un des grands avantages de ces lampes réside en ce que la mise en place des charbons ne nécessite aucune précaution spéciale; une fois serrés dans les pinces, les charbons prennent automatiquement la position convenable pour donner un bon allumage.

Les cas où l'emploi de ces lampes est particulièrement indiqué sont les suivants :

1° *Cas du courant continu.* — Au régime de 6 à 8 ampères, les lampes « S » peuvent être montées sans rhéostat par 3 sur 110 volts, par 6 sur 220 volts, etc. Sur d'autres voltages et jusqu'à 550 volts, le nombre de ces lampes susceptibles de fonctionner en série sera approximativement celui qui résultera de la proportion précédente et l'emploi d'un rhéostat ne sera généralement pas nécessaire. Par contre, dans le cas d'un nombre élevé de lampes en série, il sera bon d'adjoindre à chacune d'elles un dériveur qui peut être soit indépendant, soit placé dans la partie supérieure de l'enveloppe. Aux intensités supérieures à 8 ampères, la proportion du nombre de lampes que l'on peut monter en série sur un voltage déterminé, diminue; c'est ainsi que l'on ne pourrait pas installer sur 110 volts 3 lampes de 12 ampères, car le voltage disponible pour chaque lampe ne permet pas, à ce régime, une bonne formation de l'arc.

2° *Cas des courants alternatifs.* — Au régime de 8 à 10 ampères, les lampes « S » peuvent être montées, sans bobines de self-induction, par 3 sur 110 volts, 8 sur 220 volts, etc., et au besoin, mais exceptionnellement, 4 sur 110 volts.

Lampe à magnétite de Steinmetz.

Dans cette lampe on emploie de l'oxyde de fer noir appelé magnétite comme électrode négative et du cuivre rouge comme électrode positive.

La magnétite est réduite en poudre impalpable et comprimée dans un tube de fer; cette électrode a une durée de 150 à 200 heures pour une longueur de 16 centimètres; l'arc a une longueur de 15 à 20 millimètres; c'est l'arc qui est lumineux et non les électrodes.

Le rendement lumineux paraît légèrement supérieur à celui des lampes à électrodes de charbon.

Cette lampe paraît être appelée à ramener un certain regain de faveur aux machines à courant continu, pour distribution-série (du genre de la machine à induit sphérique Thomson-Houston et de la machine Brush).

Elles sont destinées à fonctionner en série sans résistance en absorbant 3 ou 4 ampères, sous 85 volts. On pourrait réaliser des distributions de 100 lampes, par exemple, à 3 ou 4 ampères, 8500 volts. Ces distributions seraient analogues aux réseaux de distribution-série alimentés par machine Brush, encore fréquents aux États-Unis.

Mais elles évitent le principal inconvénient des lampes jusqu'à ce jour employées sur ces distributions, à savoir, la courte durée des charbons; au lieu de durer quelques

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

heures, la lampe pourrait brûler sans discontinuité jusqu'à 500 ou même 750 heures.

Une économie serait également réalisée sur la consommation. Celle des lampes à magnétite étant de 3,5 ampères et la consommation spécifique 0,7 à 0,9 watt par bougie.

La lampe exposée n'appartient pas à une distribution-série de ce genre, qui eut été difficilement réalisable sans un nombre considérable de lampes. L'unique modèle exposé fonctionne donc sous 220 volts en série avec une résistance en absorbant une grande partie (puisque la tension aux bornes de l'arc est de 60 à 65 volts). Mais, ainsi que nous l'avons dit, l'usage de cette résistance est exceptionnel. La tige de magnétite ou minerai magnétique de fer, constitue le pôle positif et est placé à la partie inférieure, de sorte que l'arc est inversé. L'électrode supérieure est constituée par une pièce massive en cuivre ayant la forme générale d'une épaisse lame de cuivre, contournée et ramenée sur elle-même en forme d'anneau. L'allumage est fait par une tige recourbée de même métal que son poids amène en contact avec l'électrode inférieure, et que le jeu du régulateur écarte après l'amorçage de la lampe. A cet amorçage concourt aussi un faible déplacement de bas en haut de l'électrode inférieure de la lampe, de sorte que le régulateur est un peu compliqué et comporte trois circuits distincts. Il est du reste différent du régulateur qui sera employé sur les distributions-séries. L'inconvénient de la lampe est de donner des poussières assez abondantes qui s'amoncellent au bout de quelque temps au fond du globe.

Son fonctionnement donne lieu aussi à des fumées qui nécessitent une sorte de cheminée de dégagement aboutissant à la partie supérieure.

Son grand avantage est de fonctionner longtemps sans surveillance et de consommer peu d'énergie. Elle paraît donc résoudre économiquement le problème de l'éclairage public, et il est possible que l'avenir lui réserve une place auprès des lampes à courant alternatif pour distribution en série, si communément employées aux États-Unis.

Il est à noter que cette lampe ne fonctionne pas en vase clos, mais qu'elle est entourée seulement d'un grand globe extérieur. De plus, elle ne convient qu'aux distributions à courant continu en raison de sa disymétrie dans la constitution des électrodes.

Nouveau type de lampe Bremer.

Cette lampe utilise des charbons spéciaux contenant principalement du spath fluor et des composés de calcium et de strontium. Des essais du Prof. Dr. Wedding ont montré que cette lampe consomme 0,4 à 0,6 watt par bougie, ce qui représente une consommation de deux fois plus faible que celle des lampes ordinaires à arc. La lumière obtenue a un ton chaud et agréable. L'inconvénient de cette lampe est la difficulté de régulation. Le charbon en brûlant produit des scories, et l'on a dû disposer un petit marteau de bronze qui vient frapper les charbons pour les empêcher de se coller.

La construction de la lampe diffère aussi tout à fait du type ordinaire. Les charbons sont placés suivant un angle de 20°. Une puissante bobine de soufflage

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

placée à l'intérieur de cet angle vient souffler l'arc vers le bas, de telle sorte qu'aucune partie de la lampe ne porte ombre et que la lumière émise sera utilisée en totalité. Cette lampe fonctionne sous 110 volts.

Lorsqu'on emploie cette lampe à l'intérieur des bâtiments, on place en dessous du porte-charbon un vase contenant du carbonate d'ammoniaque pour neutraliser les vapeurs acides produites par la combustion des charbons, par suite de la formation de nitrate d'ammoniaque.

Lampe à vapeur de mercure de Cooper Hewitt.

Historique de l'invention. — M. Peter Cooper Hewitt avait été amené, vers 1895, par des découvertes successives, à chercher une amélioration des tubes de Geissler et de Crookes, afin d'en retirer une lumière utilisable. Les tubes que l'on avait à cette époque produisaient un éclairement de 1/3 à 1/2 bougie par 30 cm, c'est-à-dire qu'un tube de 90 cm donnait un éclairement de plus d'une bougie. Dans ses premiers essais, il remarqua que les électrodes métalliques se désagrégeaient, et que des particules métalliques venaient se coller contre les tubes. Il songea à les remplacer par du mercure qui en retombant viendrait reformer l'électrode. Il obtint alors occasionnellement une lueur très brillante.

Il trouva ensuite qu'en ajoutant des bobines de self-induction au circuit, il augmentait considérablement l'éclat. Il obtint ainsi une lumière brillante mais fugitive, car par suite de l'élévation rapide de la température du tube, le mercure se volatilisait, augmentant ainsi la densité ou le nombre d'atomes de la vapeur; il ajouta à la partie supérieure du tube une large ampoule, qui permit le refroidissement des vapeurs et leur condensation. Il éprouva d'autres difficultés dans ses essais dus au mauvais fonctionnement des pompes à vide, et il dut en construire une spécialement. En outre, de l'air restait adhérent aux parois du tube, et par suite certains tubes fonctionnaient moins bien que d'autres, il arriva à éliminer cet inconvénient en chauffant le tube au moyen d'un courant électrique.

Enfin, ses tubes ne gardaient pas leur vide, et se brisaient au point d'entrée des fils d'amenée du courant; il adapta alors aux extrémités des calottes métalliques.

Voici les diverses difficultés qui se sont présentées et l'on voit qu'il a fallu une grande persévérance et une grande habileté pour s'en rendre maître.

Régulateurs pour lampes à mercure. — On a cherché à réduire au minimum la résistance que la cathode offre au passage d'un courant, et l'on a pu y parvenir en fixant la « flamme négative » au moyen d'un aimant permanent ou d'un électro-aimant.

M. Cooper Hewitt remarqua en effet que la flamme tendait à se placer dans la direction des lignes de force et que la résistance de la lampe variait avec la direction de la flamme.

On peut donc avoir des lampes à résistance variable en déplaçant près de la cathode, le tube étant disposé verticalement, un aimant permanent ou un électro-aimant dont on fait varier la puissance; en mettant l'électro-aimant en série avec la lampe, on assure une excellente régulation de la lumière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Maisons exposant des lampes à vapeur de mercure. — Plusieurs maisons avaient exposé des lampes Cooper Hewitt. Nous citerons d'abord la Compagnie Westinghouse qui avait installé une salle de conférences ou « auditorium » dans laquelle chaque jour des conférences étaient faites; des projections animées montraient le travail des ouvriers dans les usines du district de Pittsburg, et la première vue cinématographique que l'on ait prise. Ces projections, obtenues au moyen des lampes à vapeur de mercure, démontraient clairement la puissance actinique de cette lumière; la salle était successivement éclairée avec des lampes Sawyer-Man à incandescence, des lampes Nernst, des lampes Bremer, et des lampes Cooper Hewitt, pour permettre d'apprécier la qualité d'éclairement de ces divers illuminants.

Modèle d'alternateur du Niagara dont l'intérieur avait été aménagé en salle d'exposition des divers systèmes de lampes de la *General Electric C°*.

On y voyait aussi un tube de Cooper de 8 pieds de long (2,44 m), identique à celui exposé dans le Palais de l'Électricité.

L'installation de puissance de Westinghouse, dans le Palais des Machines, était aussi éclairée par deux douzaines de lampes à vapeur de mercure.

Une autre maison importante qui exposait ces lampes était la *General Electric C°*; cette Compagnie avait établi dans le Palais de l'Électricité un modèle d'alternateur de 10 000 chx des chutes du Niagara; le socle en était aménagé en salle de démonstration permettant de montrer la puissance éclairante des diverses lampes de la Compagnie, principalement la « Meridian », lampe à incandescence avec réflecteur translucide, l'arc

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en vase clos avec diffuseur concentrique et la lampe orthochrone à vapeur de mercure et à filaments incandescents.

Les lampes à vapeur de mercure de Steinmetz sont formées d'un tube vertical de 16 pouces (40 cm) de long et 1 pouce (2,5 cm) de diamètre, analogue aux tubes de Cooper, l'arc consomme 3,5 ampères et fonctionne sur un circuit continu à 125 volts. La résistance de stabilisation au lieu d'être formée d'une simple bobine est un filament placé suivant l'axe du tube rendu incandescent par le passage du courant. On obtient ainsi les rayons rouges qui manquent totalement à la lampe Cooper, elles sont donc orthochrones. Le tout est enfermé dans un globe diffuseur.

L'amorçage est aussi très ingénieux : un petit flotteur de fer est plongé dans le mercure, mais il touche normalement un filament de charbon relié à l'autre électrode; un solénoïde placé à la partie inférieure du tube, attire ce plongeur lorsque le courant est établi, un arc éclate entre le mercure et le charbon et cet arc amorce lui-même l'arc au mercure; mais celui-ci opposant une faible résistance au passage du courant, l'arc cesse entre le filament et le mercure.

Ces lampes étaient exposées pour la première fois, et on pouvait les voir sur la tour principale, ainsi que tout autour du stand.

Indépendamment des Compagnies *Westinghouse* et *General Electric*, différentes maisons de photographie exposaient des lampes à vapeur de mercure. La *Electro light C°*, de New-York, présentait divers dispositifs pour l'impression ou la photographie, et la reproduction des dessins, des effets à clair de lune, etc.

L'*Official Photographic C°* dans le stand de la *Plaze*, l'*Official Pass Photographers* s'en servaient pour tous les portraits ou photographies pris à l'Exposition, de même le stand des cartes photographiques, le panorama des Alpes, du Tyrol, et le Jardin Delmar, étaient éclairés au moyen de ces lampes.

Considérations techniques sur la conductibilité de vapeur de mercure. — Lorsqu'on fait passer un courant à travers un tube de mercure, on remarque que dans certaines conditions ces vapeurs opposent une très grande résistance au passage, par exemple quand le courant est fourni par une bobine d'induction ou une machine statique; dans d'autres conditions, au contraire, cette résistance devient excessivement faible : de plusieurs milliers d'ohms, elle peut en effet tomber à moins de un ohm.

Si l'on fait passer un courant dans un tube incliné contenant du mercure et portant des électrodes aux extrémités, la cathode étant formée par le mercure et l'anode par un métal quelconque, on constate les phénomènes suivants :

Vers l'anode se trouve une région presque obscure, au milieu du tube une région lumineuse, et vers la cathode une région obscure avec un point brillant dansant à la surface du mercure; cette flamme doit être le point d'entrée du courant dans la cathode, ce qui tendrait à prouver qu'elle offre une grande résistance au passage.

On remarque aussi sur la surface du mercure, une forte dépression qui peut atteindre 3 à 4 millimètres.

Ce point brillant peut être rendu fixe en faisant émerger un fil de platine de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

façon à amener le courant légèrement au-dessus de la surface, et fournir ainsi un point de passage plus facile.

La longueur de l'espace obscur dépend de la densité de la vapeur, elle diminue quand la densité croit. Cet espace est froid. Avec de plus grands diamètres et un faible vide, le tube présente des stratifications, et avec un vide poussé très loin on voit une fluorescence bleue sur tout le tube, ce qui conduit à rapprocher ce phénomène de ceux observés avec les gaz raréfiés.

Nous pensons maintenant définir les conditions dans lesquelles le tube devient lumineux.

L'emploi du mercure est absolument indiqué, car ce métal liquide se vaporise facilement, se condense sur les parois, retombe de lui-même au fond du tube à cause de son poids, et reforme la cathode. En outre il n'attaque pas les parois du tube.

Le sens du courant est aussi déterminé, car on a remarqué que le courant passe plus facilement d'un gaz à un métal.

L'anode peut être d'un métal quelconque pourvu qu'il ne soit pas attaqué, en fer par exemple.

Pour produire l'amorçage de l'arc on peut employer plusieurs procédés. Le plus simple est d'incliner le tube jusqu'à ce que le mercure vienne en contact avec l'anode établissant ainsi la continuité du circuit; on le redresse ensuite et au moment où le contact cesse l'arc s'amorce.

On peut avoir recours à un autre procédé lorsque l'on ne peut atteindre la lampe; il consiste à envoyer une décharge de haute tension dans le tube. On établit pour cela le courant dans un premier circuit contenant une self-induction et une résistance, le tube étant monté en dérivation sur la résistance; lorsque l'on interrompt le circuit dans la résistance, un brusque courant de rupture passe dans la self et le tube, amorçant ainsi l'arc.

Ce dernier procédé peut être facilement employé sans nécessiter de bobines supplémentaires, car on a remarqué que l'inductance extérieure diminuait la valeur du courant minimum pour lequel l'arc pouvait s'amorcer. On a en effet une courbe asymptotique $I\,m = 4$. La relation entre le voltage et l'intensité est représentée par des courbes passant par minimum, mais la valeur de ces minimums et la forme des courbes varient suivant une relation complexe, avec la densité de la vapeur.

Description de la lampe à vapeur de mercure Cooper Hewitt. — La lampe de M. Peter Cooper Hewitt, de New-York, se compose d'un tube de verre généralement incliné, scellé et portant des armatures métalliques amenant le courant. Cette lampe présente de nombreux avantages sur les lampes ordinaires à incandescence ou à arc.

1° *Rendement.* La perte d'énergie sous forme de chaleur est très faible par suite du vide relatif ainsi que l'on peut s'en rendre compte par le tableau suivant dressé par le professeur William G. Geer.

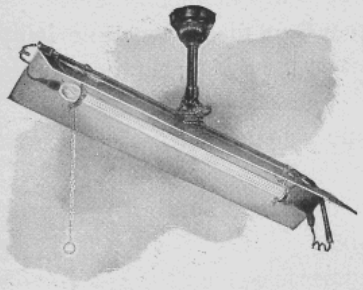
Tableau de rendement de diverses lampes.

Lampe à gaz, brûleur Argand.	1,61 %	Acétylène.	10,05 %
Lampe à incandescence.	6,00 %	Tubes Geissler.	32,00 %
Lampe à arc.	10,04 %	Tubes Cooper.	47,90 %

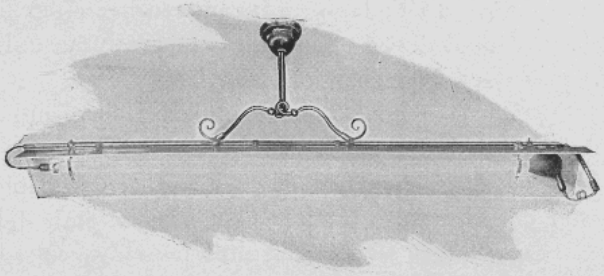
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° *Consommation*. La dépense de courant est de 0,5 watt par bougie; une lampe de 700 bougies dépense autant que 3 lampes à incandescence de 32 bougies.

3° *Qualités remarquables*. La lumière émise par cette lampe a une tonalité parti-



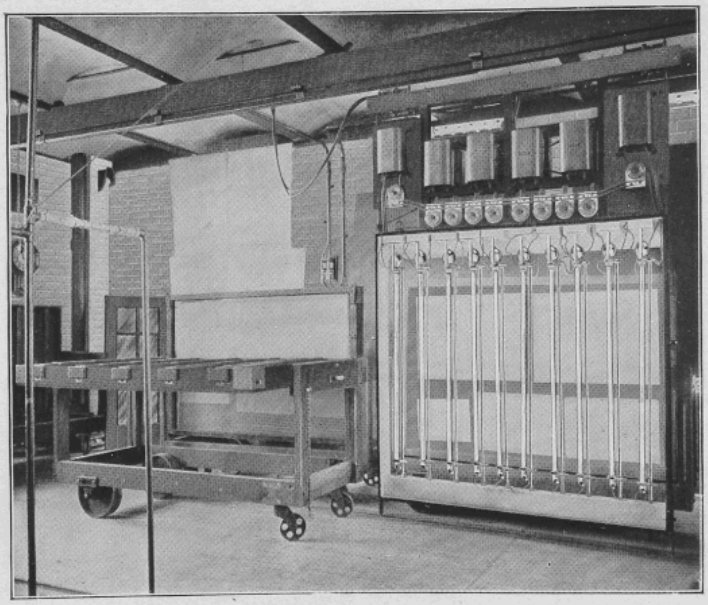
Lampe Cooper-Hewitt inclinée.



Lampe Cooper-Hewitt horizontale

culière, de près elle est d'un blanc éblouissant et de loin d'un bleu vert. Elle ne contient presque pas de rayons rouges, par suite elle ne fatigue pas les yeux. Mais elle altérera sensiblement la couleur propre des objets placés dans le voisinage. Les couleurs bleues et vertes seront renforcées, le jaune paraîtra gris et le rouge deviendra noir.

Cette lumière présentera de grands avantages pour la photographie et l'impression de clichés en bleu et les développements des plaques au bromure.



Machine à tirer les bleus.

4° *Diffusion*. Les lampes sont formées de tubes de 1 pouce de diamètre (24,4 mm) et de 18 à 45 pouces de long (0,45 à 1,14 m) la lumière étant diffusée dans tout le tube ne produira donc pas d'ombres portées trop nettes et elle rappellera par conséquent la lumière du jour. Cette diffusion de la lumière sera avantageuse pour l'éclairage des ateliers, car elle permettra aux ouvriers de voir toutes les faces des pièces qu'ils travaillent. Une lampe de 45 pouces (1,10 m) suffit pour éclairer six hommes.

5° *Constance*. La lumière est d'une fixité remarquable, et la lampe ne produit aucun bruit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

6° *Dépense de courant*. La consommation de cette lampe est moitié de celle de la lampe à arc et le sixième de celle d'une lampe à incandescence. Elle ne nécessite aucun entretien.

Sur les circuits à voltage élevé on peut monter plusieurs lampes en série.

7° *Durée*. Une lampe à incandescence dure 600 heures au maximum, une lampe Cooper peut durer 2 000 heures et présente seulement au bout de 1 000 heures une légère décroissance d'intensité.

8° *Chaleur perdue*. Le tube est plus chaud qu'une ampoule à incandescence, mais le rayonnement est moindre.

9° *Voltage et courant*. Il est nécessaire d'employer du courant continu, on a vu en effet que le sens de passage du courant était déterminé.

Les lampes sont construites pour des voltages compris entre 50 à 150 volts, et pour 3 à 3,5 ampères, mais il est absolument nécessaire que ce voltage soit constant et bien déterminé car on ne peut admettre de variations supérieures à 8 %.

On voit donc que cette lampe présente de grands avantages économiques, mais qu'elle ne peut être employée dans tous les cas, par exemple sur les réseaux à voltage variable, comme ceux des stations de traction, mais elle tendra à remplacer la lampe à arc pour toutes les applications photographiques et typographiques.

Éclairage par le gaz raréfié, système Moore.

M. Mc Farlan Moore est parvenu à réaliser un éclairage économique et industriel par des tubes contenant des gaz raréfiés. On obtient ainsi un éclairage très agréable avec une dépense de courant très inférieure à celle des lampes à incandescence. Le tube entier se trouve illuminé et paraît rempli d'une vapeur blanche très douce à la vue.

La lumière émise est blanche, légèrement bleutée, et rappelle la lumière du jour ; et, de ce fait, elle n'altère pas la couleur propre des objets ; mais on peut toutefois obtenir d'autres couleurs en faisant usage de gaz différents.

On réalise des effets décoratifs remarquables pour la décoration des pièces, au moyen de tubes de formes appropriées que l'on peut disposer à la place des moulures et des corniches.

Ces tubes peuvent être touchés sans inconvénient et sont froids ; par conséquent, ce système d'éclairage présente toutes garanties de sécurité.

Étant donnée sa nature, la lumière obtenue par les tubes Moore est avantageusement employée pour la photographie.

Le type courant de lampe pour l'éclairage extérieur comprend un tube courbé aux extrémités et placé devant un réflecteur au-dessus duquel se trouvent logés les appareils accessoires.

Le courant nécessaire à son fonctionnement est emprunté au réseau de distribution urbain, à courants alternatifs ; un petit transformateur logé dans la lampe élève la tension à la valeur convenable. Les fils secondaires aboutissent aux électrodes métalliques et à deux prolongements du tube placés dans la boîte supérieure ;

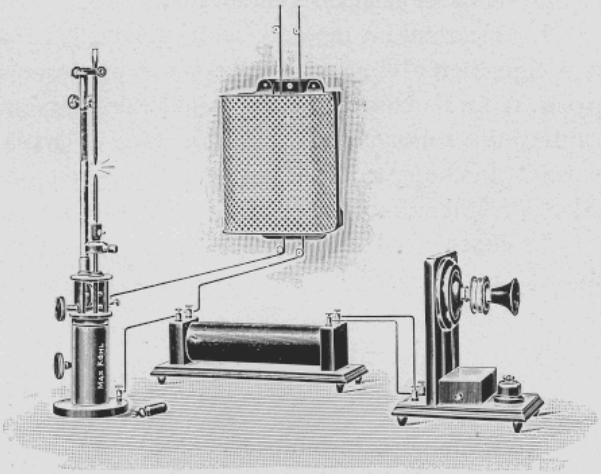
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les fils primaires du transformateur traversent la boîte par des manchons en porcelaine. Toute la partie à haute tension de la lampe se trouve ainsi complètement enfermée.

La lampe à arc parlante.

Pour faire cet essai il faut : une lampe à arc, un rhéostat, une bobine d'induction et un microphone, et une batterie de piles qui forment un circuit tel que le montre la figure ci-contre.

La bobine d'induction possède quatre bornes : deux pour le microphone et les deux autres pour le circuit de la lampe. Le microphone est muni d'un petit rhéostat pour le protéger contre les courants trop forts, en plus il est pourvu d'un bouton qui permet d'interrompre le courant pour ménager l'instrument pendant le temps que l'on ne s'en sert pas.



Lampe parlante (Max Kohl).

En parlant devant l'arc, il en résulte des variations d'intensité de courant qui induisent un courant dans le circuit téléphonique.

A l'Exposition de Saint-Louis, une application de cette expérience avait été réalisée sous la forme inverse.

On parlait devant un microphone en série avec un arc placé au centre d'un miroir parabolique. A cinquante mètres environ, un autre miroir concentrait les rayons envoyés par le premier sur une pile au sélénium reliée à une bobine d'induction et à un téléphone. En se servant d'un arc de 20 ampères et en soufflant dans une trompette de cavalerie, on percevait légèrement la sonnerie dans le téléphone récepteur. Les miroirs avaient près de 1 mètre de diamètre.

Machines à tirer les bleus de la Pittsburg Blue-Printing C°.

Cette machine permet de tirer des bleus sans que l'on ait besoin de surveiller le tirage ; elle est entièrement automatique dans son fonctionnement.

Elle se compose de deux demi-cylindres de verre ayant une forme parfaitement rigoureuse qui viennent se réunir sur deux poteaux de bois, le tout étant maintenu par des frettes de laiton.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les épreuves sont appliquées sur les cylindres au moyen de toiles qui viennent se fixer et se serrer par des agrafes à ressort.

Le cylindre repose par des galets sur un chemin de roulement circulaire; on peut l'incliner de façon à faciliter le placement des épreuves.

La lampe à arc est portée par une potence placée à l'extrémité d'une colonne métallique. Une console fixée à cette colonne porte les divers appareils de contrôle, de telle sorte que l'ensemble de la machine forme un tout qui peut être déplacé à volonté.

Le contrôleur automatique sert à abaisser ou à relever lentement la lampe de façon à éclairer successivement les diverses parties de l'épreuve.

Il comprend un moteur électrique qui fait tourner, au moyen d'une vis sans fin, une tige filetée sur laquelle se visse un écrou qui déplace la poulie mobile d'un palan. A fin de course, l'écrou rencontre un taquet fixé sur une tige reliée à l'interrupteur qui commande l'arrêt du moteur et l'extinction de la lampe. Cet interrupteur permet de changer le sens de rotation, de telle sorte que l'impression pourra se faire pendant la montée ou la descente de la lampe.

La course de la lampe peut être réglée en déplaçant les taquets fixés sur la tige de l'interrupteur.

Lampe méridienne de la General Electric Cº.

Cette lampe à incandescence, de forme sphérique, en verre dépoli, est combinée avec un réflecteur translucide; elle donne ainsi une lumière parfaitement diffuse et très agréable.

DONNÉES D'ÉCLAIREMENT AVEC LES LAMPES MÉRIDIENNES

CLASSE de service.	ÉCLAIREMENT en bougies-mètres.	LAMPE Nº 1, 60 watts.		LAMPE Nº 2, 120 watts		WATTS par mq de surface éclairée avec une de ces lampes.
		Hauteur de la lampe et diamètre d'une surface uniformément éclairée.	Distance entre les lampes lorsqu'on utilise 2 ou plusieurs lampes.	Hauteur de la lampe et diamètre d'une surface uniformément éclairée.	Distance entre les lampes lorsqu'on utilise 2 ou plusieurs lampes.	
		m.	m.	m.	m.	
Pupitre ou table de lecture.	28,60	0,885	1,495	1,220	2,130	27
	19,10	1,065	1,830	1,525	2,590	17,85
	14,30	1,220	2,1.8	1,752	2,990	13,45
Éclairage général.	9,54	1,525	2,590	2,130	3,660	8,94
	7,15	1,752	2,990	2,500	4,240	6,67
	4,77	2,130	3,660	3,050	3,360	4,42

Ces lampes se font généralement en deux dimensions correspondant à des consommations de 60 à 120 watts. Leur durée est inférieure à celle des lampes ordinaires.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On remarquera que dans les cas généraux, pour obtenir une illumination uniforme, on ne doit pas éloigner les lampes de plus de 1,7 fois la hauteur de la lampe au-dessus du plan à éclairer.

Lampe à incandescence " Hylo ".

Cette lampe, ainsi désignée de *hihg low* (haut-bas), permet d'obtenir une lumière brillante ou non. Elle comprend deux filaments dont l'un donne un éclairage normal, et l'autre ne donne l'éclairement que d'une veilleuse. Il suffit pour faire ce changement de tourner un petit commutateur placé dans la douille de la lampe, ou de le manœuvrer au moyen de deux cordonnets de couleur différente.

On peut aussi avoir un petit commutateur indépendant, réuni à la lampe par un cordon souple formé de trois fils torsadés.

Ce changement d'éclat peut se faire automatiquement en utilisant l'échauffement produit par le passage du courant dans un thermostat monté en série avec le gros filament; ce thermostat établit alternativement la communication avec le gros ou le petit filament; il est logé dans le socle de la douille.

Les lampes hylo, employées pour les enseignes lumineuses, présentent l'avantage d'être automatiques et permettent de lire encore les lettres de l'enseigne, même lorsqu'elles fonctionnent en veilleuse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CLASSE 439

Projet d'usine génératrice d'électricité de 100 000 chevaux par MM. J. Holzschuch et P. Bonnemaison.

L'Usine génératrice présentée par MM. J. Holzschuch et P. Bonnemaison est destinée à alimenter un réseau de chemins de fer.

Elle comprend tous les services auxiliaires indispensables au fonctionnement d'une usine de cette puissance. L'énergie est fournie par 8 groupes électrogènes de 12 000 chevaux.

Chaque groupe comprend un alternateur de 7 500 kw, mû par 2 machines verticales compound.

Le courant triphasé, 25 périodes, produit à 2 500 volts, est élevé à 25 000 volts pour être transporté sur le réseau.

Cette usine est caractérisée par l'indépendance de tous les services.

L'alimentation des générateurs, la condensation de la vapeur et tous les services auxiliaires, tels que pompes de purge, de graissage, etc., sont assurés par des machines spéciales, indépendantes, groupées en un point spécial de l'usine et soumises à une surveillance particulière.

Les canalisations de vapeur, d'eau sous pression, et les canalisations électriques sont disposées de telle sorte qu'il existe une indépendance absolue entre les divers groupes de générateurs et les groupes électrogènes.

Il en est de même de tous les appareils auxiliaires, des appareils de contrôle et de sûreté, qui peuvent être contrôlés et manœuvrés à distance ; enfin, des engins mécaniques servent à l'approvisionnement du combustible et à l'enlèvement des cendres.

L'aspect extérieur de l'usine est prévu pour une installation destinée à être établie dans un grand centre ; d'autre part, les aménagements particulièrement soignés permettent au personnel d'avoir un service facile, de travailler dans des conditions hygiéniques très favorables.

En résumé, cette usine offre un ensemble complet, assurant le moyen de produire le courant électrique à des conditions avantageuses, et avec toute la sécurité indispensable à une exploitation de chemins de fer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CLASSE 440

Projecteurs de la General Electric C°.

La *General Electric C°* a récemment établi une série de projecteurs dont les diamètres varient de 20 à 95 cm. Tous les types courants et les projecteurs de 20 et de 33 cm de diamètre pour la marine sont pourvus de miroirs polis et argentés de Mangin. Ce type de miroir a deux surfaces sphériques de rayons différents, de telle sorte que les rayons réfléchis et réfractés sont projetés suivant un faisceau parallèle.

Les projecteurs du Gouvernement des États-Unis, à l'exception des deux types indiqués, sont pourvus de miroirs paraboliques, comme il est spécifié par le cahier des charges de l'Amirauté.

La nature de la lumière émise par les miroirs paraboliques est en quelque sorte plus blanche et, par conséquent, plus pénétrante; mais, pour les besoins courants, le miroir Mangin sera grandement satisfaisant.

Les projecteurs sont pourvus de dispositifs automatiques d'avancement horizontal des charbons; les chariots portant les charbons sont avancés en même temps, de telle sorte que l'arc reste toujours au foyer du miroir. Un aimant fixé à l'intérieur du projecteur, et entourant l'arc de tous côtés, sauf au sommet, maintient l'arc au milieu des charbons.

Tous ces projecteurs sont destinés à fonctionner sous 40 à 60 volts, et une résistance de régulation est placée en série pour réduire le voltage d'alimentation. Des rhéostats formés de bobines de maillechort sont fournis avec les types courants et permettent de monter les lampes sur des circuits de 110 à 125 volts.

Les données caractéristiques de ces projecteurs sont contenues dans le tableau suivant :

Dimensions.	Courant.		Charbons.	
	Ampères.	Volts à l'arc.	Positif à âme.	Négatif.
mm	—	—	mm —	mm —
228	10	43-46	12,7 × 140	11,1 × 89 plein
350	20	45-48	15,87 × 152	12,7 × 114 —
457	35	47-50	20,63 × 216	15,9 × 127 —
610	50	48-52	25,4 × 305	19,0 × 178 à âme
762	80	49-53	27,5 × 305	22,2 × 178 —
915	130	50-55	30,0 × 305	25,4 × 178 —

Ces projecteurs peuvent être contrôlés à la main au moyen de poignées appropriées, ou être commandés de la cabine du pilote au moyen d'un levier permettant d'assurer simultanément les deux mouvements; mais les gros projecteurs de 762 mm de diamètre peuvent être commandés à distance et électriquement au moyen de deux moteurs électriques produisant respectivement le mouvement vertical et horizontal.

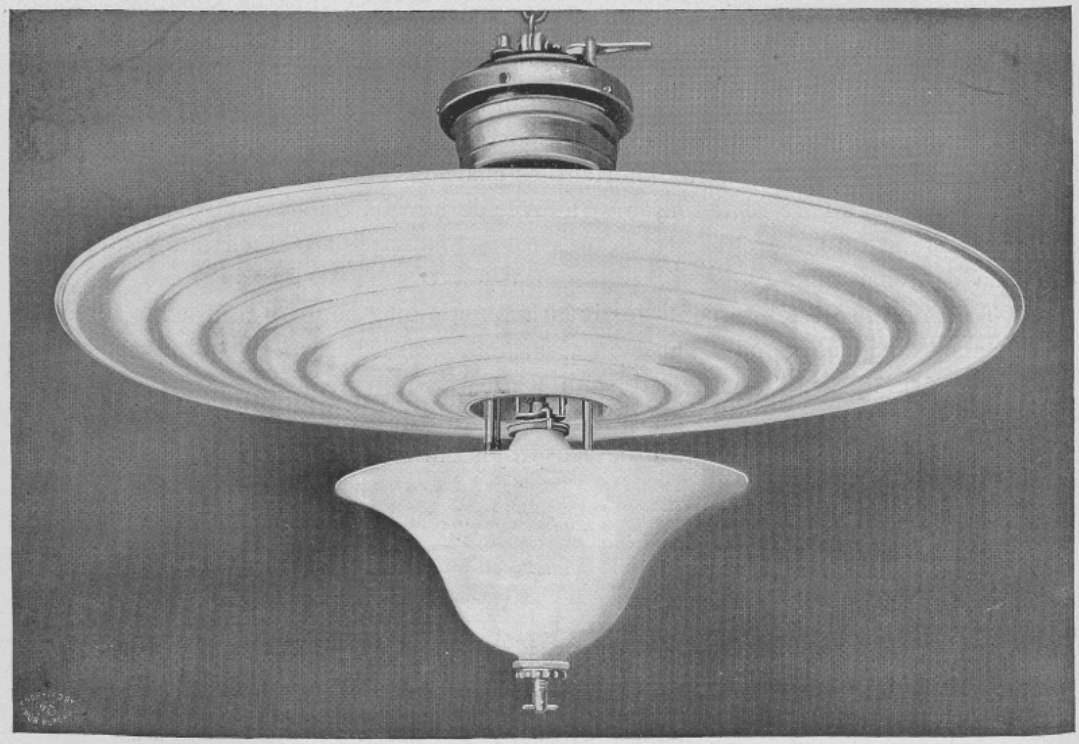
Le déplacement du projecteur peut donc être commandé d'un point quelconque au moyen d'un petit contrôleur qui permet d'obtenir à la fois les deux mouvements;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lorsque l'on abandonne la poignée, elle se trouve ramenée en arrière au point neutre par un puissant ressort, de telle sorte que les moteurs sont mis en court-circuit et se trouvent maintenus à leur position. On peut effectuer à la main la commande du projecteur, en démontant les accouplements des moteurs.

Diffuseurs concentriques réglables de la General Electric C°.

On sait que l'éclairage indirect que l'on obtient en renvoyant au plafond la lumière de la lampe à arc est beaucoup plus agréable que l'éclairage obtenu au



Diffuseur concentrique.

moyen de globes, même très dépolis qui ont l'inconvénient de mal diffuser la lumière et de donner une couleur trop crue.

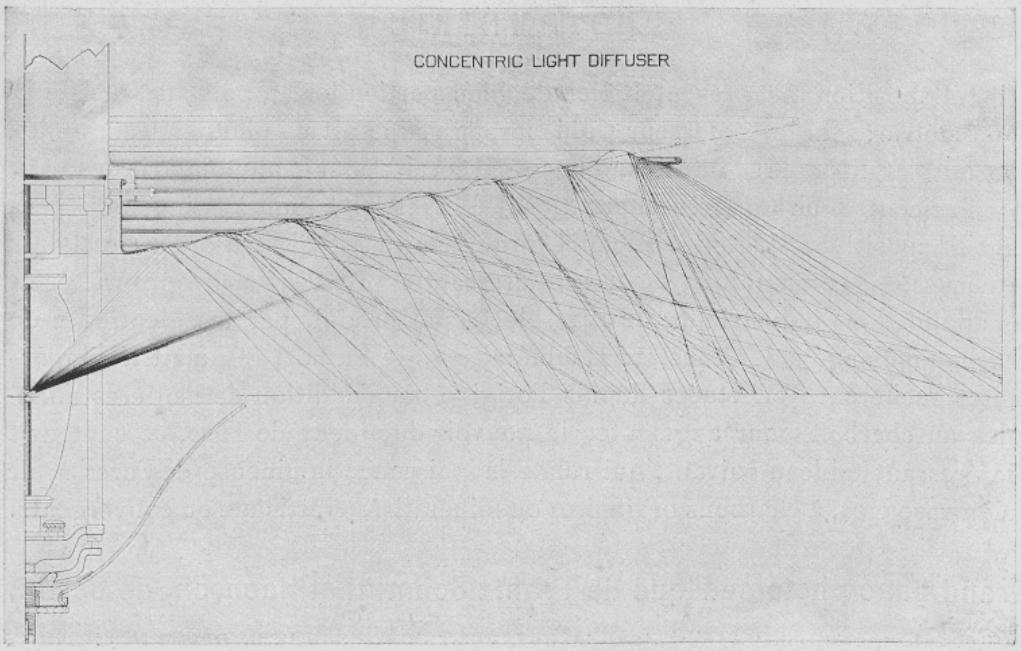
L'éclairage indirect a l'inconvénient de perdre une grande partie de la lumière.

Le dispositif actuel comprend un réflecteur renvoyant la lumière en haut et un abat-jour spécial dont on peut régler la hauteur, de façon à faire varier l'incidence des rayons sans que l'on ait à déplacer la lampe.

Ce réflecteur porte des ondulations concentriques de forme spéciale, de telle sorte que les rayons réfléchis vont converger en des points différents produisant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une lumière parfaitement diffuse très avantageuse pour les manufactures et les



Coupe du diffuseur.

magasins, où l'on a besoin de se rendre compte de la valeur de teinte des objets.

Fanaux électriques. — La *Globe Electric Mfg. C°*, de Cleveland, expose des fanaux électriques pour tramways et chemins de fer.

L'ensemble de la lampe proprement dite et du globe intérieur peut se démonter facilement pour le nettoyage et le remplacement des charbons, — il est disposé de façon que le point lumineux soit toujours au foyer du réflecteur. La boîte extérieure, d'une construction solide, porte le réflecteur et les résistances de réglage.

La principale caractéristique de ce type de lampe est l'emploi d'un réflecteur spécial. Ce réflecteur multiple est formé de séries de réflecteurs annulaires et paraboliques, et leur disposition est telle que les rayons lumineux émis par le point lumineux sont renvoyés dans deux directions. Une partie des rayons réfléchis sont parallèles, et les autres vont converger en un point, de sorte que le wattman peut voir les objets situés à peu de distance devant lui bien éclairés et apercevoir aussi les objets situés à quelque distance qui reçoivent les rayons réfléchis parallèlement.

On obtient donc sans gaspillage de lumière le moyen de réduire au minimum les chances d'accident, puisque tous les objets placés devant la voiture seront rendus visibles.

La *Globe Electric Mfg. C°* expose encore des réflecteurs analogues adaptés à des lampes à incandescence. Elle expose aussi des lampes à arc dont le nettoyage est très facile, car le globe intérieur et le porte-charbon peuvent tourner, pour être dégagés de l'ensemble du support.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CLASSE 441

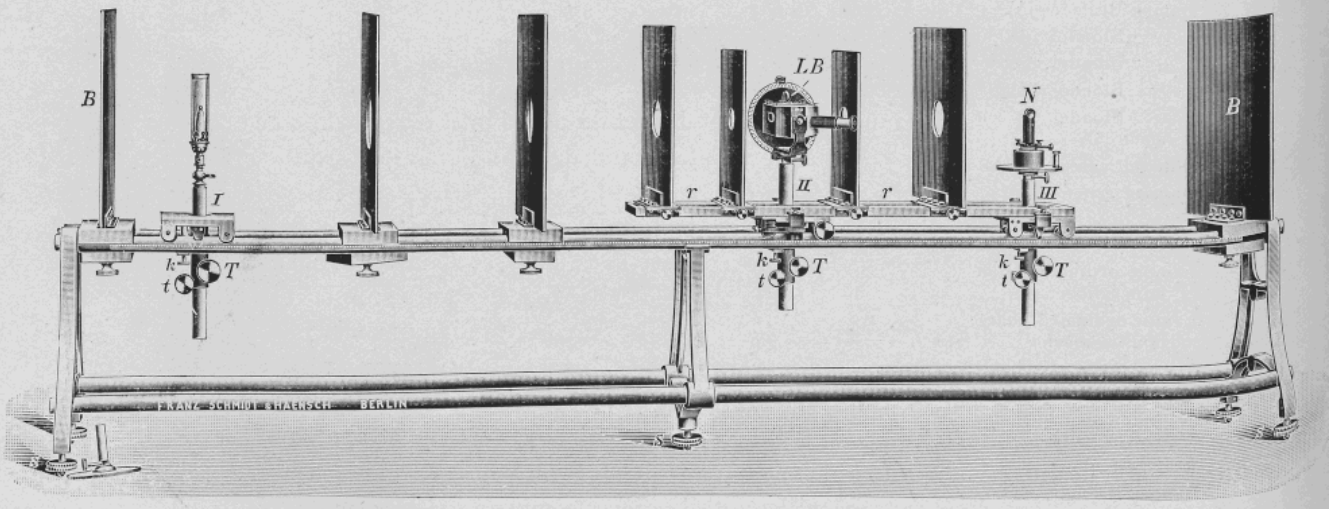
PHOTOMÉTRIE

L'Exposition ne présentait rien de bien particulier au point de vue de la photométrie ; seul le professeur Goldsborough exposait un photomètre à multiples miroirs disposés à l'intérieur d'un grand cercle, pour la photométrie des arcs.

Par contre, au Congrès international d'Électricité tenu à Saint-Louis pendant l'Exposition, M. André Blondel, professeur à l'École nationale des Ponts et chaussées, communiqua un très intéressant rapport sur « les propriétés et les applications industrielles de l'arc électrique produit par les électrodes de charbon mélangé à des substances minérales ». Ce rapport résumait les importantes recherches effectuées depuis l'origine sur l'addition de matières minérales au charbon pour augmenter le pouvoir lumineux de l'arc, et contenait l'intéressant tableau suivant, qui relate la puissance lumineuse des arcs à air ou en vase clos, à charbons ordinaires ou minéralisés, verticaux ou convergents.

Grand banc photométrique de Frantz Schmidt et Haensch, de Berlin.

Ce photomètre est construit suivant les spécifications de la *Physikalische-Technische Reichsanstalt* de Charlottenburg.



Photomètre Schmidt et Haensch.

Il est pourvu de deux tubes d'acier noirci de 250 cm de long, de trois chariots munis chacun de trois cercles gradués en millimètres et d'une échelle en bougies.

Un photomètre de Lummer-Brodhun sert pour la mesure par illumination ou contraste égal; il est pourvu d'un cercle gradué et d'un jeu d'écrans permettant la détermination de l'éclairement de sources lumineuses placées sous différents angles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Huit écrans d'aluminium recouverts de velours noir servent à arrêter les rayons lumineux extérieurs; quatre de ces écrans sont fixés entre les deux tubes d'acier par des pinces de bois; les autres sont portées par un châssis de bronze porté par le chariot central et peuvent être déplacés d'un certain angle.

Un dispositif permet la détermination de l'éclairement des lampes à incandescence; il consiste en deux miroirs fixés couvrant un angle de 120°.

Puissance lumineuse et consommation à 110 volts.

Type de lampes.	Ampères.	Volts.	Watts utiles.	Watts totaux.	Puissance lumineuse moyenne hémisphérique en bougies.	Consommation spécifique absolue.	Consommation spécifique pratique à 110 volts.	Consommation horaire d'électrodes.
	—	—	—	—	—	—	—	—
I. — COURANT CONTINU.								
Lampe ordinaire, charbon pur [1]	9	40	360	495	700	0,514	»	16,17
Lampe ordinaire, charbon pur [1]	9	35	315	330	540	0,583	»	16-17
Arc à flamme, charbons verticaux [1]	9	40	360	495	910	0,396	»	27,5
Arc à flamme, charbons convergents [1]	9	45	405	495	2 000	0,202	»	34-42
Arc, vase clos, Américain [4]	6,8	70	476	768	329	1,45	2,234	1,5-2
Arc, vase clos, Steinmetz	3,5	91	320	385	400?	0,800	0,962	1-2
Lampe Bremer (9A) [2]	9	48	412	495	4 814	0,131	0,143	35-45
— Blondel (9A) [7]	9,1	43	391,3	500	4 800	0,081	»	»
— Blondel (5A) [3]	5,12	51,6	241,2	282	2 210	0,109	»	16-17
— Blondel (3A) [3]	2,99	57,4	171,5	165	1 339	0,128	»	16-17
— Blondel 3 en série (5A) [7]	5	30	150	180	1 250	0,120	0,144	15-16
Blondel, vase clos (3A)	3	60	180	330	700	0,257	0,471	3-5
Blondel, 2 en série	3	45	135	165	500	0,270	0,330	3-5
II. — COURANTS ALTERNATIFS.								
Lampe ordinaire, non minéralisée	9	30	270	330	350	0,772	»	»
Lampe ordinaire, charbons à mèche	15	35	480	555	470	1,02	»	15-16
Arc à flamme, charbons verticaux [6]	9	30	270	330	700	0,386	»	30
Arc à flamme, charbons convergents	9	45	405	495	2 000	0,202	»	35-45
Arc, vase clos [4]	6,6	70	482	726	314	1,535	2,312	1-2
Lampe Bremer [5]	9	48	»	»	»	0,131	0,143	35-45
— Blondel [6]	10	35	255	370	1 890	0,135	0,174	15-16
— Blondel	5	27	135	185	600	0,225	0,308	15-16

1. Rapport de M. Zeidler, ingénieur de l'A. E. G. devant l'Elektrotechnischer Verein, de Berlin, 23 déc. 1902.
2. M. W. Beigon von Czudnochowski, Verband der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, 1903, n° 7.
3. Essais du Prof. Wedding.
4. Essais du Prof. Matthews, 2e rapport N. E. L. A., p. 30-32, et 3e rapport, p. 17.
5. Estimés par comparaison des essais du Dr Wedding.
6. Essais faits au Laboratoire central d'Électricité, à Paris.
7. Essais faits au Laboratoire de la Société Auer, Paris.

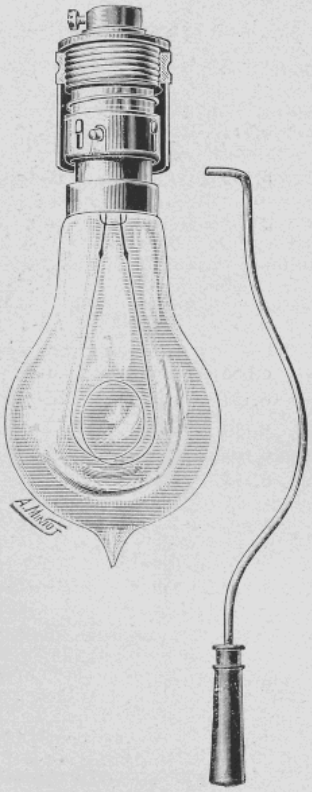
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

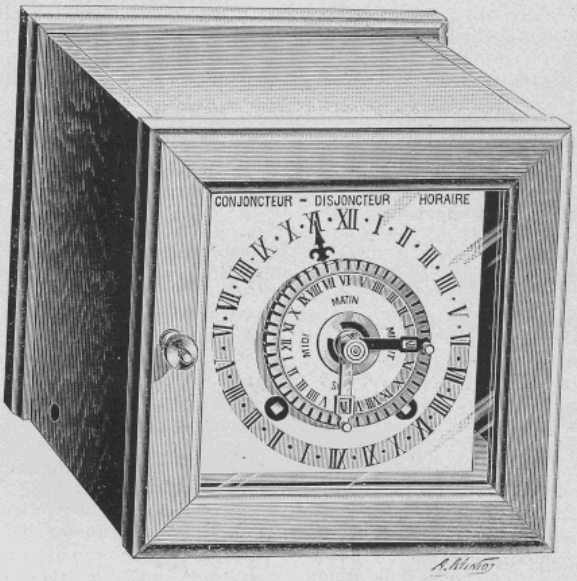
CLASSE 442

Appareillage Électrique Grivolas.

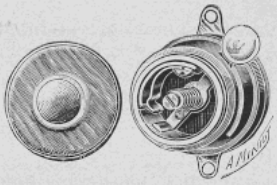
Parmi les divers types d'appareillage exposés par la Société d'appareillage électrique Grivolas on peut citer quelques types récemment créés.

Petit interrupteur pour lampes. — Ce petit interrupteur sert pour l'extinction et l'allumage de 1 à 3 lampes électriques dans les voitures automobiles. Il est monté sur palissandre verni ; il est formé par un petit couvercle se vissant ; au milieu se





Conjoncteur-disjoncteur horaire automatique.



Petit interrupteur pour lampes.

trouve un axe sur lequel tourne un levier recourbé à une de ses extrémités, cette partie venant s'engager dans un contact fixé sur le pourtour de la boite, l'autre extrémité porte une boule en simili-perle servant pour la manœuvre. Le diamètre de l'interrupteur est de 33 mm.

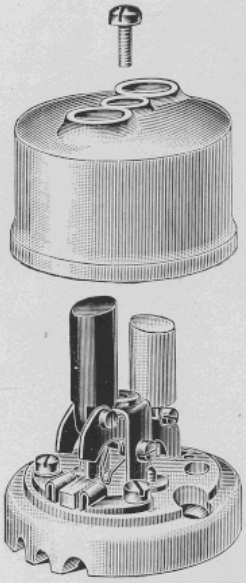
Interrupteur à double poussoir. — Cet interrupteur sert pour les lampes à incandescence sous 110 volts et 220 volts ; ils peuvent être à deux directions, de telle sorte que l'on peut à volonté allumer les lampes que l'on désire. Les deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

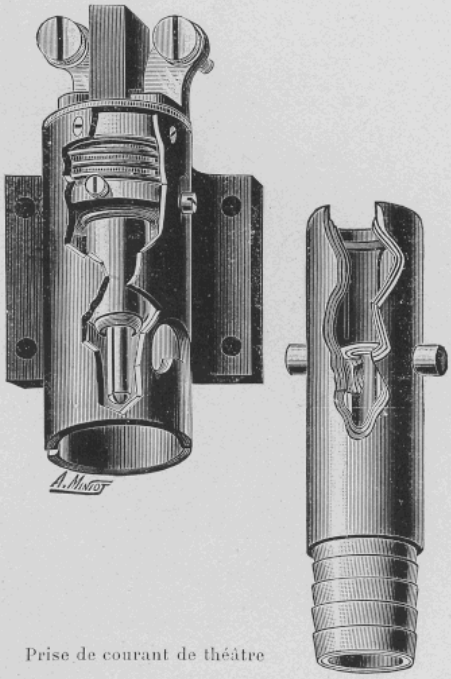
poussoirs sont fixés à l'extrémité d'un levier oscillant dont les extrémités s'engagent dans des contacts à ressorts.

L'appareil est généralement monté sur porcelaine et a un diamètre de 55 mm. Il est de construction robuste et bien étudié pour un long service.

Interrupteur en forme de poire.



Interrupteur à double poussoir.



Prise de courant de théâtre

Interrupteurs en forme de poire. — Les interrupteurs en forme de poire peuvent être également munis du système à deux boutons et à bascule. La rupture est brusque et sans arrêt. Le mécanisme est monté sur base de porcelaine.

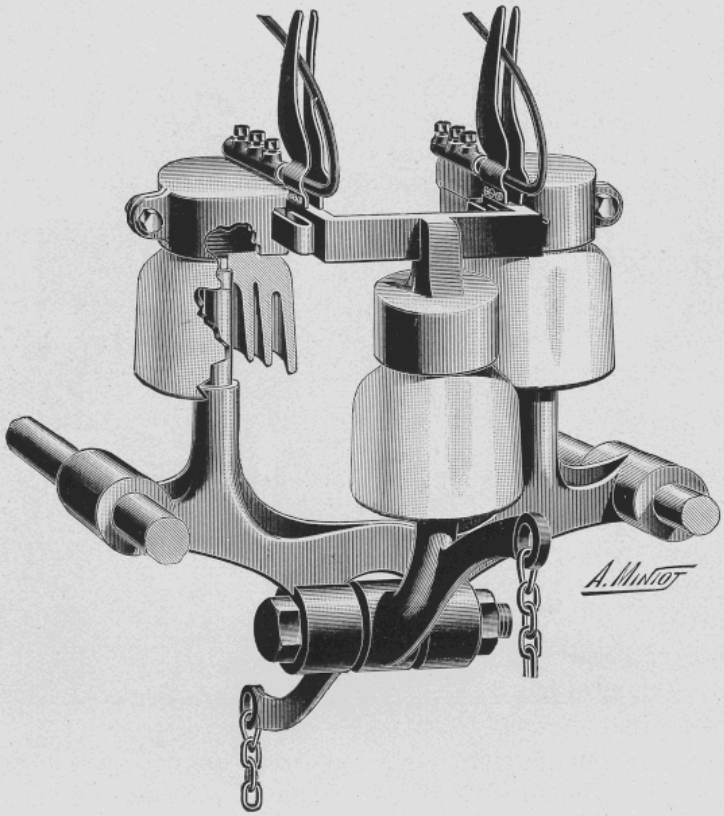
Prise de courant. — Les prises de courant servant pour la charge des voitures automobiles, les prises de courant dans les théâtres, etc., sont à enclenchement du type à baïonnette. L'enclenchement se fait au moyen d'un ressort repoussant la fiche de contact placée à l'intérieur de la partie femelle ; les contacts à ressorts sont concentriques. L'ensemble de l'enveloppe est métallique.

Support de sûreté pour lampes à incandescence. — Ce support se fait pour les lampes de 110 à 220 volts ; il est pourvu d'une douille ou anneau pressée par un ressort qui vient fermer les encoches de baïonnettes après la pose de la lampe et empêche de la retirer sans clé. La clé est formée d'une tige fixée à l'extrémité d'une poignée de bois qui permet de pousser le ressort du verrou du support et retirer la lampe.

Conjoncteur-disjoncteur horaire automatique. — Cet appareil sert à régler automatiquement, et suivant la période de l'année, la durée de l'éclairage. Il assure automatiquement l'extinction et l'allumage des lampes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'appareil comprend une horloge à ancre, marchant 36 jours, dont le cadran est divisé en 24 heures. Sur ce cadran se meut un autre cadran, également de 24 heures, divisé par demi-heure, au centre duquel sont deux aiguilles mobiles for-



Interrupteur à cornes. — La figure représente un interrupteur à cornes pour ligne aérienne à haute tension dont le maniement se fait aisément et sans aucun danger avec une chaîne ou une tringle. Les cornes sont en métal anti-arc.

mant alidades que l'on peut placer à volonté sur des heures déterminées. Une de ces aiguilles produit l'allumage et l'autre l'extinction.

Régulateur pour lampes à arc en série de la Fort Wayne Electric Works.

Ce régulateur est un transformateur d'intensité à rapport variable, servant à régler le courant d'un réseau d'éclairage par lampes à arc en série.

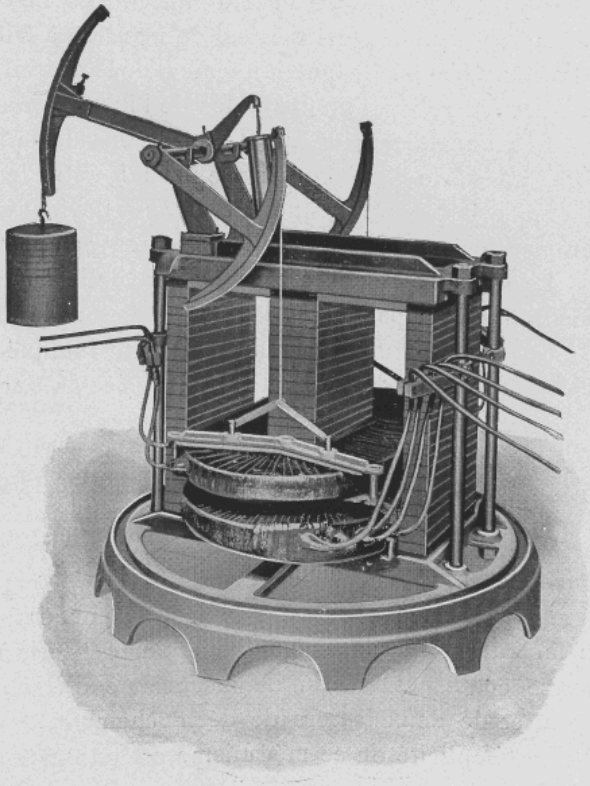
Il se compose d'un noyau en forme d'ɯ dont la branche centrale est entourée par une bobine mobile en série sur le circuit, de telle sorte que lorsque la charge du réseau diminue, le courant tend à s'accroître, la bobine attire le noyau de l'arma-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ture, ce qui augmente l'impédance du circuit. L'inverse se produit si la charge diminue.

L'isolement de la bobine a été soigné particulièrement, de telle sorte que l'on peut la monter directement en dérivation sur le réseau, sans qu'elle soit endommagée.

Ces régulateurs se distinguent des autres types analogues par leur mode d'équilibrage. L'armature et la bobine sont également mobiles et sont portées sur des leviers à l'extrémité de deux fléaux de balance reposant sur des couteaux. Ce dispositif a l'avantage de nécessiter une course moitié moindre, pour la partie mobile, et de ne pas exiger l'emploi de poids supplémentaires. Les couteaux sont montés sur un bâti en fonte en forme d'A. Les leviers portent une articulation que l'on peut ajuster pour fixer l'écart initial entre la bobine et le noyau, ce qui réglera le courant normal.



Régulateur pour lampes à arc en série.

Lorsque le régulateur sert pour un petit réseau comportant 25 lampes au plus, le circuit peut être réuni directement à la machine; mais, pour un réseau plus important, on placera un transformateur entre le générateur et le régulateur d'intensité, de façon à isoler complètement le circuit d'éclairage des autres circuits. Le transformateur employé pourra avoir un rapport de transformation de 1, à moins que l'on ne désire changer de voltage. Si l'on pense accroître ultérieurement le nombre de lampes en service, on pourra installer un régulateur capable du nombre maximum de lampes, et un transformateur à rapport variable dont les bobines secondaires seront mises en circuit par des connexions appropriées.

Limiteur de tension Belliol et Reiss.

Le limiteur de tension joue dans une installation électrique le rôle de soupape de sûreté sur une chaudière.

Si pour une raison la tension monte au-dessus de la normale d'une quantité

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à déterminer dans chaque cas, la mise à la terre se fait automatiquement ; elle est de même coupée automatiquement dès que la tension du réseau devient normale.

L'appareil se compose d'une série de cylindres cannelés sertis dans une armature en marbre et placée à 1 mm environ l'un de l'autre. L'un des cylindres possède un réglage dans le sens vertical de manière à faire varier sa distance avec les deux cylindres voisins. Le fonctionnement de l'appareil est très simple et sûr. Le premier cylindre est relié à l'un des pôles de l'installation ; le dernier est mis à la terre.

Dès que la tension monte au-dessus de la limite pour laquelle l'appareil est réglé, une série de petits arcs se produit entre les cylindres, et met le pôle correspondant à la terre. Dès que la tension redevient normale, les petits arcs se soufflent automatiquement et l'appareil est de nouveau prêt à fonctionner.

Le cylindre réglable est ajusté de telle façon que la mise à la terre se fasse dans la majeure partie des cas à 50 % de surélévation de la tension normale.

Cet appareil a sa place spécialement indiquée dans les stations marchant avec des câbles souterrains à haute tension (3 000 à 6 000 volts).

Interrupteur périodique Ballow-Hutchins.

Cet interrupteur permet d'interrompre le circuit d'une distribution électrique à des heures fixées d'avance.

La puissance nécessaire pour faire fonctionner l'interrupteur est fournie par un moteur à ressort, commandant l'arbre de la machine par deux engrenages de bronze coulés et taillés. Le mécanisme d'échappement consiste en une roue à ancre, et de deux leviers de déclenchement.

La simplicité de ce mécanisme est une garantie de son bon fonctionnement.

Tous les interrupteurs sont interchangeables et peuvent s'adapter pour tous les types. Ils sont même employés pour la commande des interrupteurs à rupture dans l'huile.

Tout le mécanisme est enfermé dans une boîte de fonte, dont la porte munie d'un bourrelet de caoutchouc ferme hermétiquement, de telle sorte que l'ensemble est complètement étanche et incombustible.

On a construit aussi des enclenchements qui empêchent le fonctionnement du mécanisme le dimanche, et ceci a été appliqué à la commande des enseignes lumineuses.

Support de lampe Bogia à réglage.

Imaginé par M. Louis A. Bogia, de Philadelphie, ce nouveau type-support de lampe à incandescence permet de diminuer graduellement l'intensité lumineuse de lampe en tournant simplement une clef.

A cet effet, une résistance placée dans un socle en porcelaine est constituée par un disque plat en charbon très résistant sur lequel frotte un balai. On peut ainsi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

abaisser l'éclat des lampes de 50 et 16 bougies, ou réduire la vitesse des ventilateurs.

Les douilles Bogia ont les mêmes dimensions que les douilles usuelles. Ces appareils fonctionnent indifféremment en courant continu ou alternatif.

Relais à temps Westinghouse.

Ainsi que les relais ordinaires à temps, le relais Westinghouse agit sous l'influence d'un courant intense, pour fermer au bout d'un temps indéterminé le circuit de l'électro-aimant de déclenchement de l'interrupteur; mais, de plus, ce temps dépend de la valeur de la surcharge.

Le relais se compose, dans le type polyphasé, de deux solénoïdes en série avec un transformateur d'intensité, qui attirent une armature en forme d'U. Cette armature porte en son milieu le contact qui vient fermer le circuit de déclenchement. La vitesse de déplacement de l'armature est réglée par un piston à air, pourvu d'un petit orifice d'échappement, fermé par une bille portée par un ressort. On conçoit dès lors que, suivant la force avec laquelle sera attirée l'armature, le ressort se trouvera plus ou moins comprimé, ce qui réglera l'ouverture de l'orifice d'échappement. Aussi, en cas de court-circuit franc, l'orifice sera ouvert en plein, et l'air pouvant passer librement, la fermeture se fera immédiatement. Tandis qu'en cas de surcharge moindre le piston se déplacera lentement, et la fermeture se produira au bout d'un temps plus long. Une soupape permet la rentrée de l'air lorsque le piston se déplace en sens inverse, de telle sorte que le relais pourra librement revenir à sa position normale si la surcharge vient à cesser.

Douilles doubles.

La *Benjamin Electric Manufacturing C°*, de Chicago, expose des supports doubles pour lampes à incandescence permettant de placer deux lampes tout en n'ayant qu'une seule connexion à faire.

Ces lampes sont employées avantageusement pour les enseignes lumineuses.

On peut d'ailleurs les fixer au moyen de pinces sur les tuyaux de gaz ou les moulures.

Tréfileries du Havre.

Fondée en 1883, la Compagnie des Tréfileries du Havre a suivi le développement considérable que l'électricité a pris depuis vingt ans. Dans les usines du Havre, on travaille les différents métaux qui peuvent fournir des fils tréfilés métalliques utilisables dans l'industrie et particulièrement dans l'industrie électrique : cuivre et bronze, bimétal, acier, aluminium.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces usines produisent :

1° Les barres en cuivre électrolytique et en bronze silicieux de toutes sections pour entretoises de locomotives, tableaux de distribution de lumière électrique, coins de collecteurs, etc. ;

2° Les conducteurs nus de toute nature destinés aux canalisations électriques pour la téléphonie urbaine, la téléphonie à grande distance, la télégraphie terrestre, souterraine et sous-marine, la transmission de la force, l'éclairage électrique (lignes et dynamos), la traction et le touage électriques ;

3° Les fils ou barres de cuivre destinés aux applications mécaniques, tels que rivets, crochets, boulons ;

4° Les fils d'acier de haute résistance à la rupture ;

5° Le bimétal en acier recouvert de cuivre pur, laiton, aluminium et bronze silicieux ;

6° Les fils et câbles en aluminium.

Fils de cuivre pur électrolytiques. — Conductibilité, 100 %; résistance à la rupture, 25 à 28 kg par millimètre carré.

Employés pour les usages dans lesquels le conducteur, étant supporté par des points rapprochés, n'est pas soumis à des efforts mécaniques. Pour le guipage sous caoutchouc vulcanisé, il doit être étamé.

Fils fins dits « Carcasse ». — Employés dans la fabrication des appareils de précision, bobines, tissages mécaniques, câbles souples isolés. Ces fils sont livrés nus ou étamés en couronnes plates et sur bobines de tous poids.

Bronze silicieux, type « A » ou bronze télégraphique. — Conductibilité, 98 %, du cuivre pur étalon ; résistance moyenne à la rupture, 45 kg par millimètre carré sous le diamètre de 2 millimètres. Employé pour les usages où les points de suspension sont espacés (lignes aériennes de toutes sortes).

Bronze silicieux, type « C », ou bronze téléphonique. — Conductibilité, 42 %; résistance à la rupture, 75 à 80 kg par millimètre carré.

Employé pour les réseaux téléphoniques urbains, pour les applications purement mécaniques où l'on a besoin d'une résistance à la rupture assez considérable (câbles de sondage, fils de frettage, ressorts, etc., etc.). Pour ces usages, cependant, on emploiera de préférence les bronzes spéciaux ultrarésistants.

Fils de trolleys pour traction électrique. — Ces conducteurs, qui constituent une spécialité de la Compagnie des Tréfileries du Havre, sont livrés sur bobines en bois portant 500 kg d'un seul bout, réunis ou non par des soudures spéciales. Indépendamment de la section circulaire la plus courante, la Compagnie peut livrer ses fils dans tous profils convenables (double champignon). Pour les courants polyphasés à haut potentiel, particulièrement en faveur dans la traction des chemins de fer électriques, des fils spéciaux ont été étudiés.

Fils bimétalliques pour usages électriques. — Conductibilité entre 35 et 75 % de celle du cuivre ; pur résistance à la rupture entre 65 et 90 kg par millimètre carré, en faisant varier convenablement les proportions de cuivre et d'acier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les types les plus courants sont :

1° Le type A conductibilité..... 40 %
2° Le type B conductibilité..... 46 %
3° Le type C conductibilité..... 60 %

Ces fils ont une grande résistance mécanique; ils se comportent, au point de vue de l'oxydation, comme les fils de bronze ou de cuivre dont ils ont d'ailleurs l'aspect. L'adhérence des deux métaux est parfaite; on peut d'ailleurs s'en assurer par des exercices de trempe.

Ces fils présentent un intérêt tout particulier pour les installations aériennes de télégraphie et de téléphonie, car ils permettent de réduire le nombre des poteaux de support.

Aluminium. — Conductibilité, 57,5 % de celle du cuivre, en fils la résistance moyenne à la rupture est de 22 kg par millimètre carré.

Sa densité est de 2,7, soit environ un tiers de celle du cuivre.

Employé dans les lignes aériennes qui n'ont à supporter que leur propre poids, livré en fils et câbles de toutes sections pour tous usages électriques.

Société française des Câbles électriques système Berthoud-Borel et Cie.

La Société Française des câbles électriques exploite à Lyon depuis 1896 le système Berthoud-Borel et Cie d'isolement des câbles au moyen de la cellulose imprégnée d'une matière spéciale et protégée par une double enveloppe de plomb.

Pour la fabrication d'un câble à la cellulose, les fils de cuivre toronnés en câble sont recouverts d'une couche variable d'un papier spécialement pur et résistant.

Le câble est ensuite placé dans le mélange Berthoud-Borel à une température déterminée et y reste plongé jusqu'à cuisson complète.

Il passe alors à la presse à plomb qui le recouvre de deux couches successives de ce métal, séparées l'une de l'autre par une couche de brai. Cette couche de brai s'oppose à la circulation de l'humidité qui aurait pu pénétrer par une fissure de la couche de plomb extérieure. L'étanchéité de l'enveloppe est ainsi assurée d'une manière pratiquement parfaite.

Enfin l'enveloppe de plomb est elle-même recouverte d'une couche épaisse de jute bien goudronné qui reçoit l'armature en deux feuillards d'acier, enveloppée d'une toile goudronnée.

La Société exposait à Saint-Louis un système breveté pour câble à haute tension, permettant de réduire l'épaisseur totale de l'isolant pour une tension donnée ou d'augmenter la tension appliquée au câble pour une épaisseur donnée d'isolant.

Ce système consiste à entourer d'une couche isolante chacun des brins périphériques de la corde de cuivre qui constitue le conducteur. — La densité de la charge statique superficielle pour une tension donnée est ainsi diminuée du fait de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'augmentation de surface active des brins périphériques, ce qui permet d'obtenir à peu de frais le résultat indiqué plus haut.

Les soins apportés à la fabrication ont permis à la Société des câbles de construire des câbles à très haute tension (30 000 volts) qui sont en service depuis plusieurs années.

Câbles et fils de MM. Geoffroy et Delore.

La maison Geoffroy et Delore avait exposé divers échantillons de câbles isolés au caoutchouc pour canalisations intérieures et de câbles isolés au papier et armés pour canalisations souterraines.

Les câbles isolés au caoutchouc sont du type admis par l'État et les compagnies de ch. de f., les secteurs parisiens et les stations centrales d'électricité.

La maison exposait des fils souples étamés au caoutchouc vulcanisé d'un type spécial dont la fabrication a été entreprise en 1898.

Enfin des types de câbles pour canalisations souterraines de 500 à 10 000 volts qui ont donné toute satisfaction.

Enfin la maison a tout dernièrement construit et posé une canalisation souterraine à 27 000 volts qui donne de très bons résultats.

Câbles isolés au papier de la General Electric C°.

La *General Electric C°* fabrique dans ses usines de Schenectady des câbles pour les besoins de ses filiales, les stations centrales Edison. Ces câbles sont isolés au papier imprégné, puis protégés par une couche unique de plomb épais. Nous donnons ci-dessous les dimensions de ces câbles et nous avons converti en millimètres carrés les numéros de la jauge de Brown et Sharp et les « circulars-mils » (1 circular-mil étant la surface d'un cercle dont le diamètre est de 1 millième de pouce).

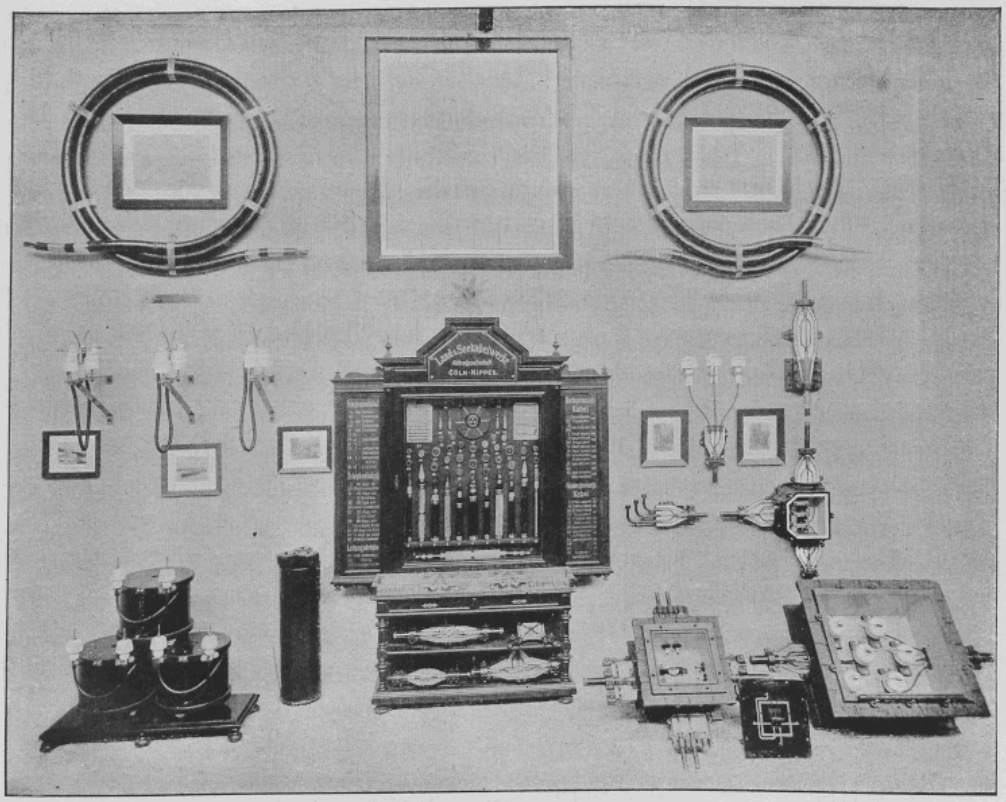
TABLEAU DES DIMENSIONS DES CABLES A BASSE TENSION ISOLÉS AU PAPIER FABRIQUÉS PAR LA GENERAL ELECTRIC COMPANY, SCHENECTADY, N.-Y.

Sections des câbles Jauge Brown and Sharp.				Épaisseur de papier		Épaisseur du plomb	
				Pouce.	mm.	Pouce.	mm.
De	14 (2,05 mm²)	à 8 (8,36 mm²)	inclus.	3/32	2,38	3/32	2,38
De	6 (13,3 mm²)	à 250 000 c. m. (126,6 mm²)	—	1/8	3,17	3/32	2,38
De	1 (42,4 mm²)	à 250 000 c. m. (126,6 mm²)	—	1/8	3,17	1/8	3,17
De	300 000 c. m. (151,9 mm²)	à 1 250 000 c. m. (634 mm²)	—	5/32	3,97	1/8	3,18
De	1 500 000 c. m. (760 mm²)	à 2 000 000 c. m. (1012,8 mm²)	—	3/16	4,76	1/8	3,17
Jusqu'à 2 500 000 c. m. (1265,8 mm²).				7/32	5,55	1/8	3,17

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Land Seekabelwerke, Koeln-Nippes.

La *Land und Seekabelwerke de Koeln-Nippes* expose des câbles pour tension de 50 000 volts, pour distribution triphasée de 10 mm² de section. La distance entre les conducteurs est de 12,5 mm, entourés d'un ruban imprégné d'un vernis isolant ; les trois conducteurs sont enroulés ensemble et recouverts d'une couche de 19 mm d'un ruban semblable ; ensuite deux recouvrements de plomb armé par une bande de fer, le tout protégé par une corde imprégnée de goudron. Le diamètre extérieur est de 90 mm.



Photographie du stand.

Des câbles semblables avaient été disposés à l'Exposition de Düsseldorf pour la transmission de puissance et de lumière.

Ces câbles ont été essayés à la tension de 100 000 volts.

Des boîtes de jonction et de dérivation.

« Tambours de protection des câbles » disposés au point où la ligne, d'abord aérienne, devient souterraine pour protéger le câble contre les décharges statiques.

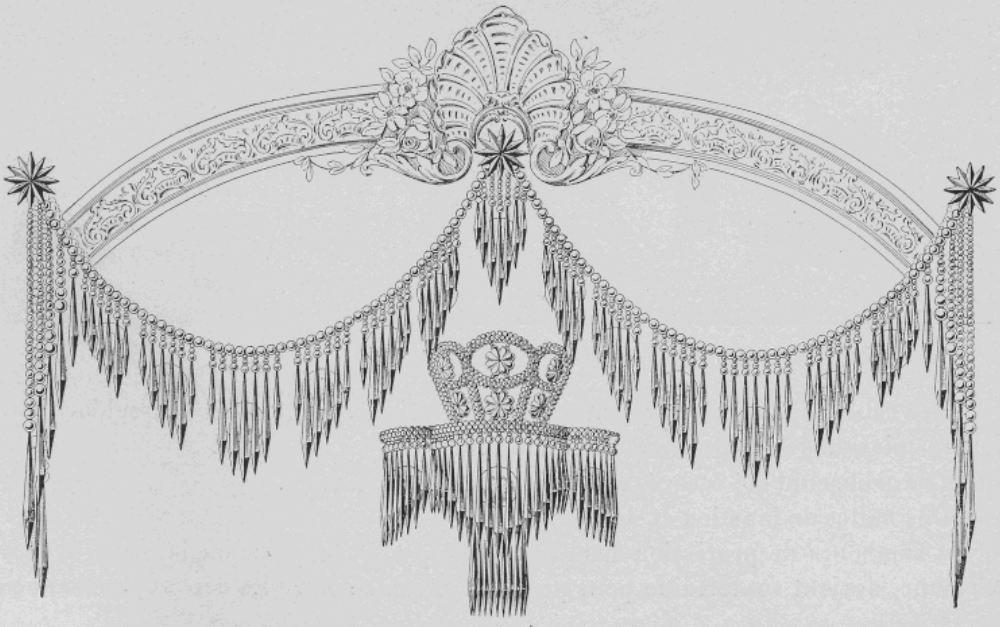
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Isolateurs Folembray.

La Société des verreries de Folembray avait envoyé à Saint-Louis une collection d'échantillons d'isolateurs en verre vert qui présentaient des caractéristiques fort intéressantes. Par suite de sa composition en silice presque chimiquement pure, ce verre ne s'altère pas au contact des agents atmosphériques, et par suite de sa trempe et de sa recuisson opérées dans des conditions spéciales, il ne présente aucune fissure ni craquelure, même sous de très fortes épaisseurs ; enfin sa surface offre une contexture particulière. Toutes ces conditions font que les propriétés hygroscopiques du verre sont fortement atténuées et que les isolateurs de Folembray résistent souvent mieux que les isolateurs en porcelaine aux très hautes tensions. Des essais effectués au laboratoire d'essais de l'Exposition ont donné d'excellents résultats.

Isolateur en verre de Folembray.

Perles électriques. Brevets Weissmann.



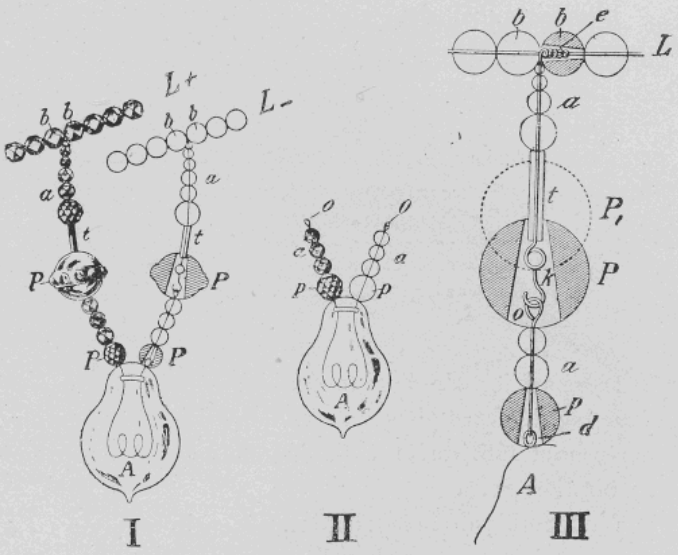
M. Weissmann avait exposé à Saint-Louis divers motifs décoratifs obtenus par son procédé de décorations lumineuses appelé « Perles électriques ».

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce procédé présente l'avantage de rejeter complètement l'emploi des supports coûteux en bronze et d'assurer pour le conducteur une isolation parfaite et une protection efficace.

Le conducteur formé d'un fil de cuivre nu est enfilé dans une série de perles de grosseur et de formes diverses ne laissant entre elles aucune solution de continuité qui, avec les cabochons et cristaux taillés, sont l'élément constitutif de la décoration.

Les lampes ne se montent pas dans des douilles, mais elles portent deux tiges de cuivre soudées dans le culot et terminées par un anneau sur lequel viennent se fixer les crochets terminant les conducteurs.



Coupe.

Les raccordements se font au moyen d'anneau et de crochet et sont protégés par de grosses perles à trou conique; le montage s'effectuant en faisant coulisser cette perle le long du conducteur protégé à cet endroit par une tige de cristal, afin de dégager le crochet.

On peut obtenir par ce procédé des lustres, des frises ou des appliques des décorations de glace d'un joli effet.

Compagnie générale d'Électricité de Paris.

La Compagnie générale d'Électricité, Société anonyme au capital de 15000000 de francs, a pour but principal l'exploitation des distributions d'énergie électrique. Elle possède les stations centrales d'Amiens, de Nancy, de Nantes, de Rouen et la majorité des actions dans celles d'Angers et de Bordeaux (secteur de la rue du Temple) constituées en sociétés indépendantes. La force motrice totale de ces 6 stations représente plus de 21000 chevaux, et le nombre des abonnés s'élève à 9250.

La Compagnie exploite également une fabrique de lampes à incandescence située à Ivry-Port (Seine), où l'on crée de toutes pièces journellement plus de 25000 lampes ; une autre usine analogue, mais moins importante, existe à Madrid, et une manufacture d'appareillage et de câbles à Boisthorel (Orne) qui utilise les planches de laiton de l'usine de Tillières (Eure).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La Compagnie avait exposé à Saint-Louis dans diverses vitrines des vues des principales usines ou stations centrales qu'elle exploite ainsi que divers échantillons de câble et de petit appareillage.

L'importance des stations exploitées peut être montrée par le tableau suivant.

Stations.	Puissance.	Nombre d'abonnés.
Amiens	2500 chx	1000
Nancy	4000	1450
Nantes	3500	1750
Rouen	5500	3000
Angers	2000	500
Bordeaux	3800	1550
	21300	9250

L'exposition de l'usine de lampes à incandescence d'Ivry-Port permettait de suivre les diverses phases de la fabrication des lampes. Il est à noter que toutes les parties sont fabriquées à l'usine même qui comprend une verrerie et un atelier d'emboutissage.

L'ensemble de la fabrication nécessite plus de 1000 ouvriers et ouvrières, et une force motrice de 800 chevaux.

L'exposition d'appareillage présentait un réel intérêt par suite du matériel d'un type récent pour tension de 220 volts adoptées dans plusieurs stations centrales.

L'usine d'Ivry fabrique également des produits isolants moulés et matériel de trolley. On y prépare les différents produits isolants : roburine, ivorine, gummite, ambroïne, minéralite, micanite, etc., qui ne diffèrent que par le dosage judicieux des composants et qui se distinguent par leur état physique, dureté, etc.

Les vitrines de la Compagnie contenaient un certain nombre d'objets fabriqués avec ces produits, parmi lesquels on peut citer des bacs d'accumulateurs d'intonalité et diverses pièces d'appareillage.

Cette partie de la fabrication nécessite 300 ouvriers et ouvrières.

Les deux usines des anciens établissements Mouchel (Boisthorel et Tillières) incorporées dans la Compagnie en 1898, transforment le cuivre ou ses alliages en bancs, planches ou fils de toutes dimensions.

La production journalière de ces usines est de 25 à 30 tonnes.

Le tréfilage du cuivre électrolytique se fait au moyen des machines multiples Fulton (brevet américain) et le décolletage au moyen de presses Dick qui refoulent le métal à l'état pâteux dans une filière de forme appropriée ; la force motrice utilisée dans les deux usines est de 3000 chevaux et le personnel comprend 600 ouvriers.

Les divers types de câbles étaient représentés dans les vitrines ainsi que diverses pièces.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Maison Paz et Silva.

L'Exposition de la Maison Paz et Silva, dont l'un des directeurs, M. André Silva, membre du jury du Département de l'Électricité, est l'un des auteurs de ce rapport, comprenait divers appareils que nous passerons rapidement en revue, sans appréciations :

Téléphonie. — Un groupement d'appareils de téléphonie « Le Phérophone » permettant les communications à petite distance entre un nombre quelconque de postes. Ces appareils primaires sont spécialement réservés à la téléphonie privée.

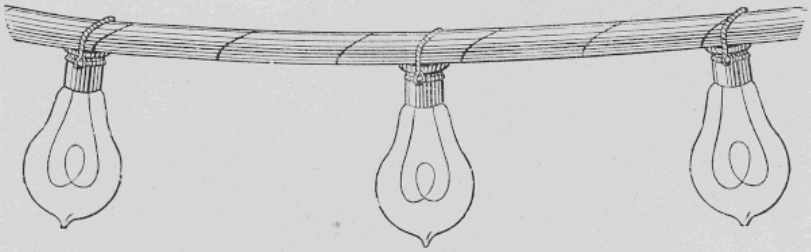
Matériel d'éclairage et d'illuminations (Bté s. g. d. g.). — Les surfaces et bandes électriques, se subdivisant en panneaux, moulures, bandes souples et lampes à pointes.

Lampe à pointes.

Nous rappelons le principe et le but de ces brevets. La forme des surfaces est quelconque et les dimensions peuvent être modifiées en tous sens, jusqu'à devenir de simples rubans de toutes longueurs et flexibles au besoin.

La méthode actuelle de fixer individuellement, au moyen de fils, chaque point, est de fait supprimée, et un champ très vaste est ouvert aux applications de l'électricité pour l'éclairage et l'illumination, cela avec facilité et très peu de frais.

Ces procédés ont été fréquemment employés depuis l'année 1901 et principalement à l'occasion des grandes illuminations publiques ; nous ne décrirons pas la composition des surfaces électriques que tous les électriciens connaissent.



Bande souple.

Enseignes lumineuses, machines et panneaux pour mots changeants. — La nouvelle lettre lumineuse en verre soufflé « La Luciole » (Bté s. g. d. g.) qui permet de réaliser une économie de courant très sensible et dont les applications sont considérables. Diverses machines ingénieuses pouvant fournir toutes les combinaisons de lettres et de chiffres, soit pour produire alternativement et automatiquement une suite de phrases revenant dans le même ordre, soit pour produire instantanément, aussi rapidement qu'une machine à écrire, les mots à faire paraître, soit enfin pour produire les mots, avec facilité de les changer à volonté, en préparant la composition lettre par lettre à la main comme en imprimerie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

E. Guinier.

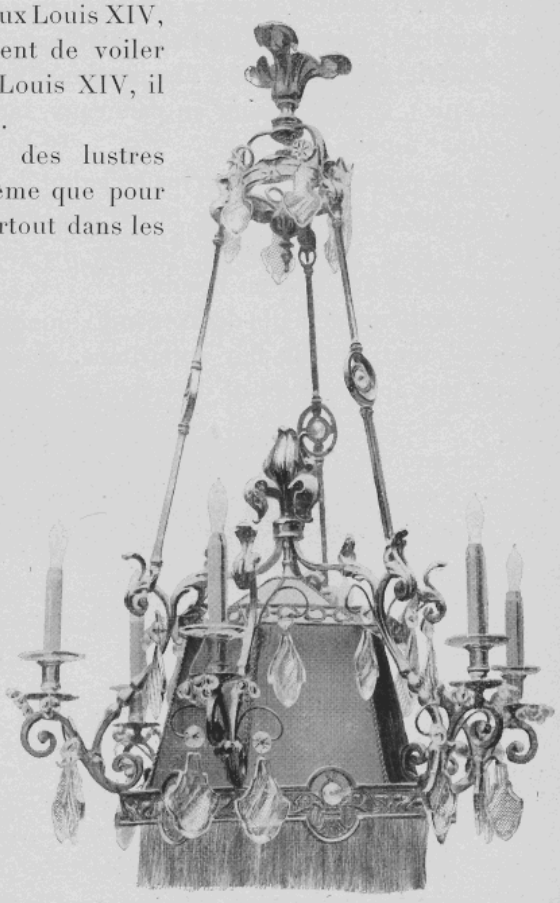
La maison E. Guinier, fondée en 1823, peut être classée au nombre des grandes firmes de l'Industrie électrique française.

Par son exposition, M. Guinier a prouvé ce qu'il pouvait exécuter avec les adaptations raisonnées de l'électricité aux divers motifs de décoration : adaptation raisonnée de la lumière électrique aux bronzes d'éclairage, dérivés de l'ancien ; adaptation raisonnée de manière à ne leur enlever aucun caractère de la ligne, tout en utilisant les avantages de l'électricité.

Il a surtout utilisé les lustres à cristaux Louis XIV, Louis XV et Louis XVI, qui permettent de voiler la lumière ; aussi dans les plaquettes Louis XIV, il place à l'intérieur la source lumineuse.

Il utilise les rayons du cristal des lustres Louis XIV qu'il rend lumineux, de même que pour les guirlandes de perles employées surtout dans les lustres Louis XVI.

Panneau décoratif « Singes soufflant des bulles de savon » de Guinier.



Appareil d'éclairage de E. Guinier.

Dans un ordre tout différent, M. Guinier a recherché l'application des choses de la nature à la décoration.

Nous trouvons des frises lumineuses destinées à contribuer à l'ornementation des intérieurs. Ces frises, du plus bel effet, sont principalement traitées en fer forgé et martelé. Elles sont constituées pour des frises de vignes, de glycines ou de fruits.

Nous avons remarqué aussi un grand nombre de modèles de lustres et appliques

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de toutes les époques où toujours les styles sont respectés et qui sont traités avec le souci constant de conserver la pureté de ligne de l'ancien.

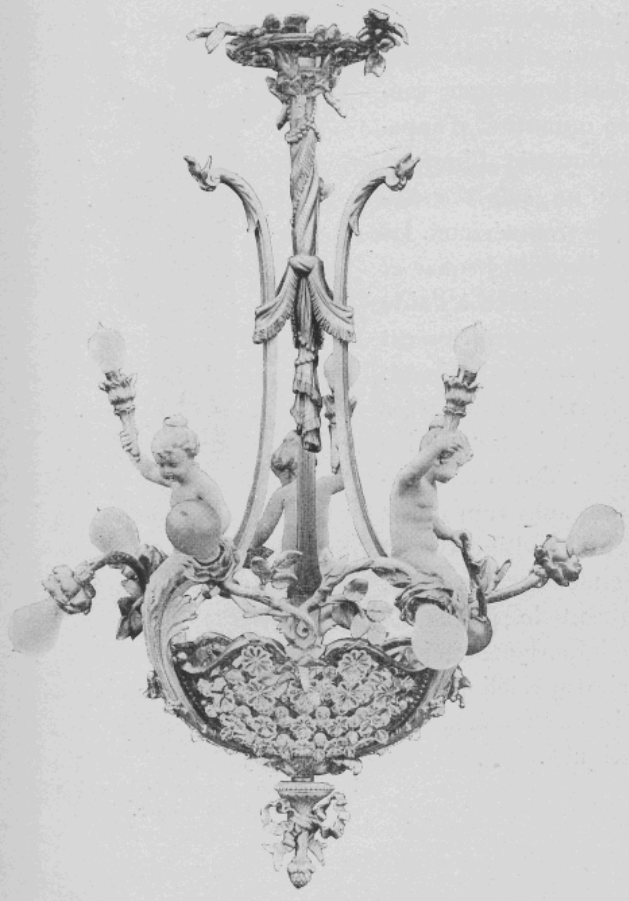
Dans un autre genre, les appliques et les lustres avec adaptation de divers fleurs, plantes ou fruits méritent d'être signalés.

Nous donnons les reproductions : 1° d'un panneau décoratif original « Singes soufflant des bulles de savon », les bulles sont rendues lumineuses et, par une ornementation faite derrière le panneau en bois ou en marbre, elles semblent véritablement s'élever ; 2° d'un modèle de lustre, bronze et cristaux, qui peut orner le « home » le plus élégant.

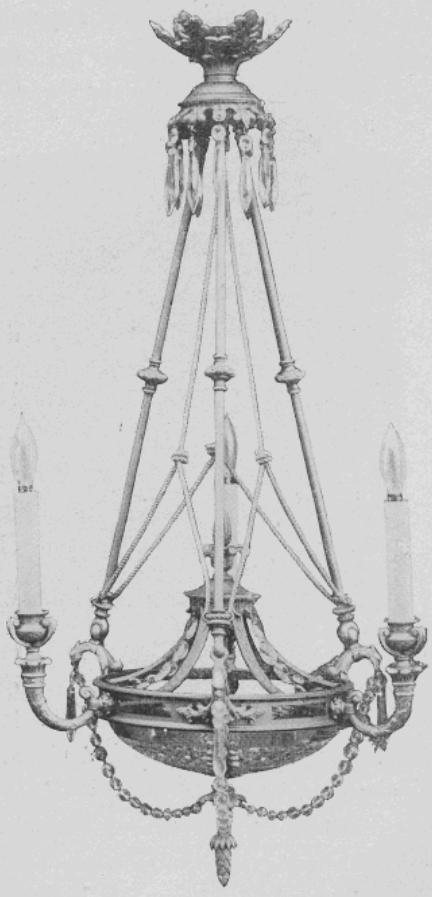
Ces reproductions démontreront la fertilité d'idées et de goût de la maison E. Guinier.

Ch. Mildé fils et Cie.

La maison Mildé, de Paris, déjà universellement connue pour ses installations



Lustre Enfants et roses de Ch. Mildé et Cie, de style Louis XVI.



Veilleuse de style Empire de Ch. Mildé fils et Cie.

et constructions électriques de tout genre, a tenu à se signaler à l'attention des visiteurs de l'Exposition de Saint-Louis par l'excellence de sa fabrication et son

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bon goût dans la fabrication de bronzes d'art spécialement étudiés pour l'éclairage électrique.

Son stand, que nous avons visité en détail, était en tout point très intéressant ; il lui a valu, du reste, les honneurs d'un grand prix.

Sans chercher à décrire la très belle collection de lustres, d'appliques et de flambeaux de grand style, mentionnons au moins tout spécialement une veilleuse de style Empire d'une élégante sobriété ; plusieurs suspensions de style Louis XIV, Louis XV, Louis XVI, dont un appareil entre autres, « Lustre enfants et roses » de style Louis XVI, se recommande par l'heureuse disposition de ses éléments et la délicatesse de sa ciselure.

Ch. Boulanger.

La très intéressante exposition de la manufacture de bronzes d'éclairage, Charles Boulanger, renferme quantité d'appareils donnant l'impression d'un effort artistique très sérieux. Le mariage du bronze et de la lumière à l'aide de sujets appropriés est pleinement satisfaisant.

Parmi les modèles qui figuraient dans les vitrines, les deux sujets qui sont reproduits ci-contre, « Liberty » et « Femmes aux amours », montrent le genre de cette importante Maison qui s'est spécialisée dans les bronzes d'éclairage artistiques.

« Femme aux amours », bronze avec adaptation de la lumière électrique de Ch. Boulanger.

Flambeau à 2 lumières « Liberty » de Ch. Boulanger.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Groupe 70

CLASSE 443

TÉLÉGRAPHIE

Système de télégraphie automatique à grande vitesse Delany.

Les difficultés que l'on a rencontrées dans la création d'un système de télégraphie à grande vitesse sont d'ordre électrique plutôt que mécanique. Beaucoup de transmetteurs et de récepteurs ont été construits qui sont mécaniquement capables de fonctionner à grande vitesse, mais qui n'ont pu être appliqués même sur de courtes lignes, par suite de la capacité de la ligne qui empêche la transmission d'impulsions très rapides. Ces effets deviennent d'ailleurs très considérables sur les lignes un peu longues et sont de nature à empêcher presque complètement la transmission. Les points et traits, au lieu d'être nettement définis se prolongent, jusqu'à se rejoindre par suite du passage lent du courant, ce qui rend le message inintelligible.

M. Patrick B. Delany.

Le système récemment inventé par M. Patrick B. Delany, de South Orange N. J., n'est nullement influencé par la capacité de la ligne, mais il utilise au contraire la décharge statique sans laquelle il ne peut fonctionner, à tel point que s'il est appliqué sur des lignes courtes dont la capacité est faible, il est nécessaire d'augmenter sa capacité jusqu'à la valeur voulue au moyen de condensateurs auxiliaires. Ce système est établi pour recevoir et transmettre des télégrammes à la vitesse de mille mots à la minute à une distance de 16000 km, quoique l'on ait pu atteindre une vitesse de deux mille mots à la minute sur une petite ligne d'expérience.

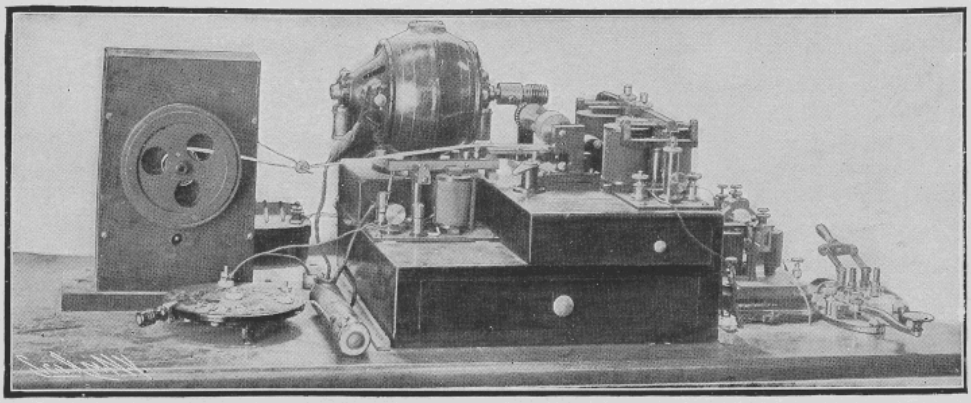
Description du Fonctionnement. — La transmission est purement mécanique. L'enregistrement est produit électrolytiquement par le passage du courant au travers d'un ruban préparé chimiquement.

La capacité de la ligne seule, limite la vitesse.

Les messages sont d'abord préparés sur des bandes de papier que l'on perfore au moyen d'une machine spéciale à perforer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

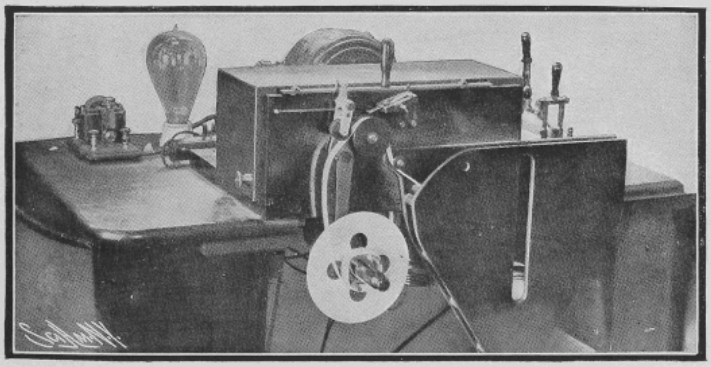
La bande se déroule à une vitesse quelconque devant une paire de poinçons d'acier. Chacun de ces poinçons est commandé par un électro et ces électros sont contrôlés par une clef de Morse. Le premier électro se trouve actionné lorsque l'on abaisse la clef et l'autre, lorsqu'on l'abandonne, de telle sorte que, en actionnant la clef pour faire soit un point, soit un trait, on perfore le papier en deux points sur



Ensemble de l'appareil Delany.

l'un des bords du ruban. Les deux perforations font avec l'axe du ruban un certain angle qui dépend de la vitesse de déplacement du ruban et de l'intervalle de temps compris entre l'abaissement et l'abandon de la clef. On aura donc, suivant l'angle, des points ou des traits.

Le ruban perforé est placé dans l'appareil de transmission où il détermine



Poste récepteur Delany.

l'émission de courant positif puis négatif correspondant aux perforations primaires et secondaires.

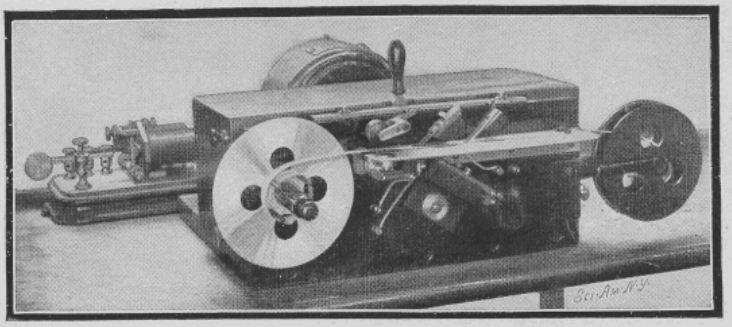
La bande perforée à la station transmettrice passe entre deux doigts primaires de contact et deux secondaires, dont l'un est réuni au pôle positif de la pile tandis que l'autre est réuni au pôle négatif.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le milieu de la batterie étant à la terre lorsque les doigts se trouvent en regard d'une perforation, ces doigts ferment le circuit et produisent une impulsion positive suivie peu de temps après par une impulsion négative. Le signal est enregistré à la station réceptrice par un ruban préparé chimiquement au moyen d'une électrode de fer réunie à la ligne et une électrode de platine mise à la terre.

Le doigt de contact traversé par le courant laisse une trace bleue sur le ruban mouillé. L'inscription ne se fait que lorsque le courant passe dans un sens déterminé, mais elle est prolongée par suite de l'inertie du courant due à la capacité de la ligne, et le trait sera nettement arrêté par suite de l'inversion du courant.

On voit ensuite que les impulsions correspondant soit à un trait, soit à un point,

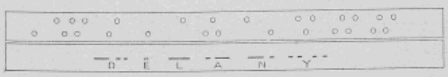


Poste transmetteur Delany.

ont une durée égale et que seul l'intervalle de temps entre l'impulsion positive ou négative détermine la longueur de la marque sur le papier.

Les avantages de ce système se conçoivent facilement.

Un nombre quelconque de machines perforatrices peuvent être employées pour un seul transmetteur, de telle sorte que l'on peut préparer simultanément un grand nombre de messages que l'on pourra faire passer successivement dans le transmetteur avec une vitesse de 1 000 mots à la minute. Bien plus, M. Delany a inventé une machine perforatrice fonctionnant avec un clavier analogue à celui d'une machine à écrire et qui peut être mis entre les mains d'une dactylographe quelconque, l'inscription se faisant avec une vitesse double de celle que l'on obtient avec une clef Morse ordinaire.



Bande Delany.

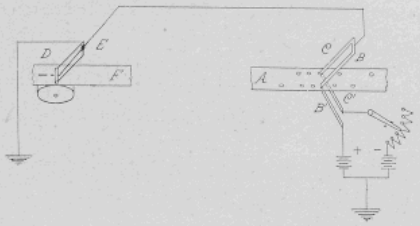


Schéma du système Delany.

Il sera possible au moyen d'une machine semblable de perforer à l'avance, dans les bureaux, la bande de papier et de l'envoyer ensuite à la station de télégraphie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A la station de réception on pourra, si l'on veut, transcrire le message ou le donner tel qu'il est au destinataire.

On voit que ce système peut être avantageusement employé pour les besoins courants du commerce et qu'il est absolument automatique et facile à manœuvrer.

Des essais comparatifs avec les divers système de télégraphie ont donné les résultats suivants :

Morse Simplex	15	mots par minute.
Morse Duplex	26	—
Morse quadruplex	60	—
Wheatstone Simplex	126	—
Wheatstone Duplex	200	—
Delany, jusqu'à	2 000	—

Dans des conditions particulièrement favorables, on est même parvenu à obtenir une capacité de 5 000 mots, mais il faut compter pratiquement une vitesse de 1 000 à 2 000 mots à la minute.

Appareils de télégraphie de la Société industrielle des Téléphones.

Les divers appareils exposés sont :

1° Un relai simple « Digney » à translation.

2° Un appareil Morse à déclenchement et enclenchement automatique pour la télégraphie sans fil. Ce résultat est obtenu très simplement par l'adjonction, dans un appareil Morse ordinaire, d'un petit volant que vient caler, au repos, un ergot dépendant de l'armature de l'électro ; dès que cette armature est attirée, le volant est dégagé et l'appareil déroule. Tant que les signaux se succèdent, le déroulement se continue sans arrêt ; mais si les signaux s'arrêtent, l'ergot reprend sa position de repos et y reste ; le volant termine sa révolution et rencontre l'ergot qui le cale ; le déroulement s'arrête.

Ce déroulement est d'ailleurs plus lent que dans les appareils ordinaires, grâce à l'adjonction d'un « mobile » supplémentaire.

3° Un relai système « Claude » à grande sensibilité, pour télégraphie sans fil. Ce modèle est adopté par la Marine française et par plusieurs Sociétés de télégraphie sans fil. Il fonctionne avec un courant de 1/30 de milliampères.

4° Un manipulateur Morse du modèle adopté par les télégraphes de France.

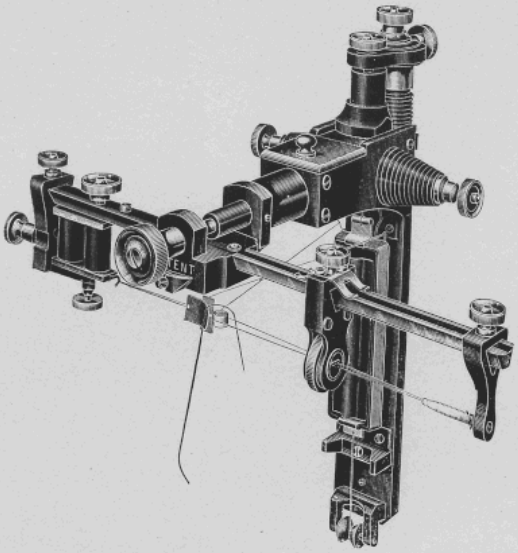
5° Divers appareils courants de télégraphie, galvanomètres, commutateurs, paratonnerres de modèles divers, et adoptés par différentes Compagnies de chemins de fer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Appareils pour la télégraphie par câbles sous-marins de Muirhead.

Siphon-recorder de Thomson, type à aimants permanents et à électro-aimants. — Le siphon-recorder Thomson, modifié suivant les brevets Muirhead, présente des particularités intéressantes qui facilitent beaucoup la transmission télégraphique à longue distance.

Les diverses parties de ces instruments sont disposées de telle sorte que les différents réglages se font très aisément ; la bobine de signal et les autres parties actives peuvent être facilement démontées en cas d'accident, de détérioration ou d'autre cause. Les aimants en fer à cheval entre les pôles desquels se déplace la bobine rectangulaire de signal sont lamellaires et sont pourvus de pièces polaires ajustables.



Pièce séparée de la supension.

La bobine de signal est suspendue par des fibres et est montée, ainsi qu'un noyau en acier doux, sur une plaque de laiton fixée à une crémaillère avec laquelle engrène un pignon muni d'un bouton molleté. Sur la plaque de laiton est fixé un bras portant la pièce de pont.

Un fil ou fibre est tendu en travers de ces pièces et porte le tube coudé en aluminium du siphon. On a monté également sur ce pontet les petits électro-aimants qui forment le vibrateur, dont l'armure est à charnière à une de ses extrémités, tandis que l'autre extrémité est attachée au fil tendu portant le siphon.

L'interrupteur du vibrateur et le rhéostat servant à régler le courant traversant l'interrupteur et le petit électro-aimant monté en série sont fixés sur un des côtés du socle de l'appareil.

Les shunts ordinaires, récepteurs et transmetteurs, pour la bobine de signal, sont placés de l'autre côté de l'instrument.

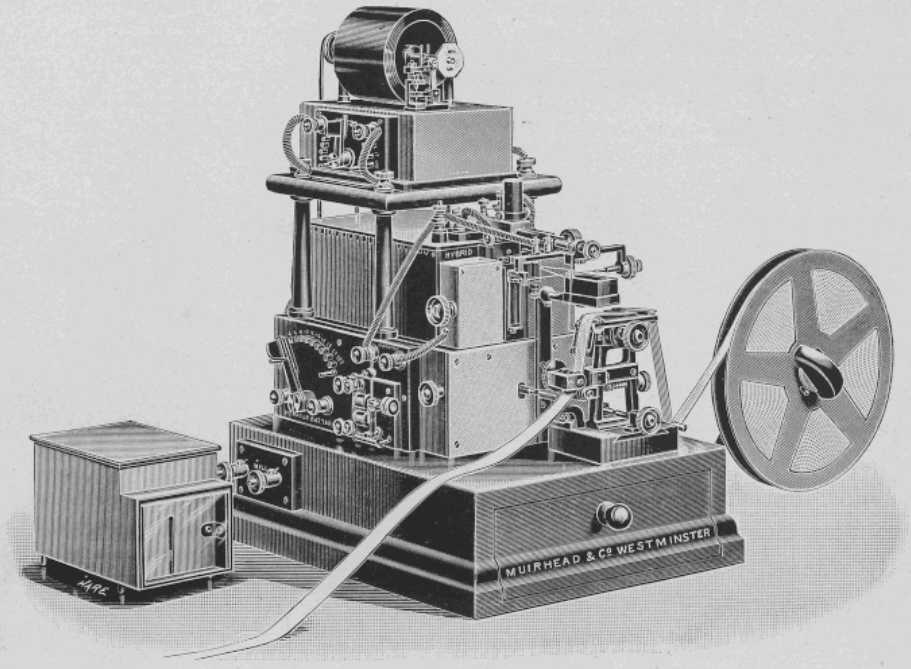
La hauteur de l'encrier est également réglable au moyen d'une crémaillère fixée à un pilier de support et engrenant avec un pignon commandé par un bouton molleté. Le moteur est ordinairement supporté sur une plate-forme à la partie posté-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rieure de l'instrument et sa poulie commande, par l'intermédiaire d'une bande d'acier enroulée en spirale, l'arbre du rouleau de papier.

Le recorder à électro-aimants est employé avec les câbles à longue distance.

Il est de la forme usuelle avec aimants permanents, mais il est pourvu en outre d'un enroulement de fil de cuivre isolé autour des aimants, et les extrémités des



Appareil enregistreur pour télégraphie sous-marine Muirhead and Cº.

bobines ainsi formées aboutissent à deux bornes placées sur les côtés de l'instrument et marquées + et —.

On a construit l'appareil de cette façon pour pouvoir renforcer l'aimant, car on a remarqué, que par suite de fuites magnétiques, l'intensité d'aimantation tend à diminuer surtout dans les climats tropicaux, d'où il résulterait une altération de la nature et l'amplitude des signaux.

L'instrument peut être d'ailleurs employé comme un recorder ordinaire électro-magnétique en laissant sur la bobine un courant constant; mais en temps ordinaire, il doit servir comme instrument à aimants permanents seulement, le champ magnétique étant maintenu constant par la méthode ci-dessus indiquée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Rapport annuel de la Western Union Telegraph C°.

Le rapport annuel de la *Western Union Telegraph C°* pour l'année finissant au 30 juin 1904 contient un certain nombre de chiffres intéressants. Le capital en actions est de $ 97 370 000 dont $ 29 394 000 appartiennent à la Compagnie.

Les dépenses diverses peuvent se décomposer ainsi :

Dépenses d'exploitation et faux-frais y compris les taxes.....	$ 15 736 592,24
Sommes versées aux Compagnies lésées.....	$ 1 600 885,06
Entretien et reconstruction des lignes.....	$ 3 627 196,06
Installation des bureaux et canalisations.....	$ 397 242,10
Dépense totale.....	$ 21 361 915,46

Le nombre total des bureaux est maintenant de 23 458, et le nombre des messages transmis a été de 67 903 973.

Il y a eu pendant l'année une augmentation de $ 81 703,64 sur les revenus de l'année et de 408 700,39 sur les dépenses. De cette dernière somme, on peut compter $ 195 373,85 pour l'entretien et la reconstruction des lignes, y compris près de $ 100 000 pour les réparations des câbles transatlantiques de la Compagnie et $ 183 254,93 pour les dépenses d'exploitation et faux-frais, y compris les déplacements des bureaux.

Des $ 6 729 744,98 de profits, $ 4 868 071,25 furent versés comme dividendes et $ 1 157 700 comme intérêts aux obligations ; le restant, soit $ 1 861 703,73, fut ajouté à la réserve.

Les installations nouvelles peuvent se répartir en lignes et poteaux, 2 833 milles (4 560 km); câbles, 366 193 milles (106 409 km); bureaux nouveaux, 338.

Les réseaux de la Compagnie comprenaient à la fin de l'année 1 155 405 milles (1 860 000 km) de lignes comprenant 290 507 milles de lignes de cuivre (468 009 km), valeur qui a été augmentée pendant l'année de 44 257 milles (71 300 km).

Le coût des nouvelles constructions s'est élevé à $ 2 465 779,69.

On peut citer, parmi les transformations effectuées par la Compagnie, le remplacement des accumulateurs, comme force motrice, par des dynamos génératrices.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Télégraphie sans fil.

On sait depuis longtemps que par suite de phénomènes d'induction, certains troubles électriques en un lieu produisent des troubles identiques en des points éloignés.

Dans la télégraphie sans fil, on utilise ce même principe pour envoyer des ondes d'induction et les recevoir en un point éloigné dans un appareil récepteur.

En proportionnant convenablement la fréquence de l'onde, la self-induction et la capacité des appareils, il est possible d'accorder électriquement les récepteurs de telle sorte que chacun d'eux puisse enregistrer les ondes qui lui sont destinées, sans se confondre avec ceux qui sont destinés à une autre station.

Théorie du fonctionnement. — La théorie généralement admise établit que les décharges produites entre les boules de l'excitateur déterminent un courant qui a pour effet de créer dans l'éther hypothétique des ondes tourbillonnaires ressemblant à des tores qui s'étendent dans toutes les dimensions pour arriver, quoique très atténuées, à la station réceptrice éloignée.

Le conducteur aérien de cette dernière station crée un obstacle pour une partie de l'onde ou du tourbillon qui, par suite se divise et descend le long du mât et traversant les appareils récepteurs, produit un signal.

La station transmettrice comprend un générateur à courant alternatif et une clef de Morse dont les contacts sont immergés dans l'huile, un condensateur en dérivation et une bobine d'induction. Le circuit secondaire comporte des condensateurs, le fil aérien ou antenne et l'excitateur formé par deux boules rapprochées.

Les appareils de la station réceptrice comprennent des bobines de self-induction, un condensateur en dérivation sur une résistance, le cohéreur, le récepteur téléphonique et une batterie de piles locales.

Le cohéreur ou « responder » est formé d'une petite cavité remplie d'un mélange de litharge de glycérine et d'alcool contenant de la très fine limaille d'étain.

La batterie locale a pour effet de projeter normalement de très petites particules du métal de l'anode contre la limaille d'étain et de là à la cathode causant ainsi un pont métallique conducteur. Le passage des ondes électriques en sens inverse a pour effet de détruire les connexions établies par la pile locale.

Le pont conducteur étant détruit, le circuit local de la pile est coupé de telle sorte que sa charge statique agit pour actionner le récepteur et produire un signal.

Après que l'onde induite est passée, les conditions normales se rétablissent et le cohéreur est prêt à recevoir une nouvelle onde.

Télégraphie sans fil à l'Exposition de Saint-Louis.

Trois systèmes seulement de télégraphie sans fil étaient représentés à l'Exposition : le système *Marconi* par la *American Marconi Wirless Telegraph Co;* le système *Rochefort* par la Société *Morse* et le système *de Forest* par *de Forest Wirless Telegraph Co.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous commencerons par cette dernière Compagnie qui avait fait une exposition des plus importantes : elle présentait en effet cinq stations en service. L'une à son stand principal dans le Palais de l'Électricité, une deuxième dans le même palais, dans le stand de la *Fort Wayne Electric Works*, distant de 120 m environ ; la troisième sur une tour érigée à cet effet dans les jardins de l'Exposition à environ 800 mètres du poste central, une quatrième au bureau des brevets du Palais des États-Unis ; et la cinquième, la plus importante, sur le Hart-Hill, la plus haute colline des terrains de l'Exposition ; celle-ci servait spécialement aux communications à grande distance, tandis que les autres étaient affectées au service des dépêches, aux journaux de Saint-Louis ou à des expériences de démonstration.

La station principale du palais de l'Électricité était une station modèle, transportée maintenant à Cap-Flattery, Wash.; elle était en quelque sorte le poste central qui recevait ou envoyait des messages aux autres postes, réglés chacun avec une périodicité différente et servant ainsi à mettre en évidence la valeur de la méthode de synchronisation, du Dr de Forest, pour les distances modérées.

La tour installée par la Cie de Forest, n'était autre que le poste d'observation qui depuis nombre d'années avait été monté aux Chutes de Niagara et que les touristes connaissaient. Cette tour avait 100 mètres de hauteur ; au premier étage situé environ à 30 m se trouvait le poste de télégraphie sans fils, comportant un moteur commandant un petit alternateur de 2 kw à 60 p : s et 100 volts ; la tension était ensuite élevée au moyen d'un petit transformateur à 20 000 volts.

Les expériences auxquelles les membres du Jury se sont livrés ont permis de constater que la vitesse de transmission était limitée seulement par l'habileté de l'opérateur et cependant les conditions d'établissement de ce poste sur une tour entièrement métallique étaient particulièrement défavorables à ces expériences.

Le poste le plus important, avons-nous dit, était celui installé sur le Hart-Hill ; sur cette colline avait été monté un mât de 60 mètres de hauteur portant à sa partie supérieure deux bras transversaux de 12 mètres, le long de ces bras étaient accrochés 20 fils verticaux ayant 76 mètres de longueur et qui constituaient l'antenne d'émission.

Au pied de ce mât on avait dirigé un petit bâtiment dans lequel était installé un appareil de transmission, un transformateur de 20 kw construit pour 60 p : s, mais fonctionnant avec du courant à 25 p : s pris au réseau de l'Exposition.

Un puissant souffleur actionné par un moteur électrique éteignait l'arc qui jaillissait entre les boules de l'oscillateur ; cette partie de l'appareil était renfermée dans une chambre doublement cloisonnée pour atténuer le bruit assourdissant de sa décharge.

Nous décrirons un peu plus loin une très intéressante expérience de télégraphie sans fils entreprise par le groupe du Jury de l'Électricité, le jour même de la fête de l'Électricité, ce jour où nous envoyâmes le premier aérogramme entre Saint-Louis et Chicago.

On a fait, à Saint-Louis, à l'occasion de l'Exposition Universelle, des expériences qui avaient pour but de rester en communication par télégraphie sans fil avec un ballon en marche. Le ballon qui, bientôt après son départ, disparut dans les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nuages et dépassa une hauteur de 1 600 m, resta sans interruption en communication avec le poste de télégraphie sans fil, installé dans l'Exposition. On employait le nouveau système accordé, indiqué par le Prof. Pupin.

Le récepteur consiste en un téléphone dont la membrane ne vibre que pour une période déterminée et reste immobile pour une autre période. Par suite, le téléphone résonne sous l'influence d'impulsions magnétiques de mêmes périodes. Le prof. Pupin les obtient en accordant la vitesse de l'alternateur du transmetteur avec la période de vibration de la membrane du récepteur et en réglant la coupure de telle sorte que les étincelles ne jaillissent que lorsqu'on atteint le maximum de tension. Dans le circuit du poste transmetteur, on intercale une clé de télégraphie pour produire des signaux Morse.

Le ballon était pourvu d'un appareil pour l'accord. Il emportait à cet effet 2 bobines en fil de cuivre de chacune 50 m de long, dont l'une était fixée au sommet du ballon et enroulée autour du ballon; l'autre bobine était d'une façon semblable reliée aux instruments, mais attachée à la nacelle. Dans une expérience ultérieure le ballon a pu être pourvu, non seulement des appareils récepteurs, mais transmetteurs.

Un relais électrique perfectionné, que l'on peut employer en combinaison avec un récepteur électrolytique pour actionner un imprimeur Morse ordinaire, a été aussi indiqué par de Forest.

Jusqu'alors, les expériences pour construire un pareil relais à tel usage étaient restées infructueuses. C'est pourquoi on employait comme récepteurs des cohéreurs pour des imprimeurs Morse ou, pour des récepteurs électrolytiques, un écouteur téléphonique.

Rapport sur les communications obtenues entre Saint-Louis et Chicago au moyen de la télégraphie sans fil.

Le 14 septembre, une série d'expériences fort intéressantes de télégraphie sans fil ont été réalisées entre l'Exposition de Saint-Louis et la ville de Chicago; quoique l'on ait obtenu des transmissions sur de plus grandes distances, ce sont cependant les plus importantes réalisées sur terre, en Amérique.

La *De Forest Wireless Telegraph C°*, qui possédait cinq stations fonctionnant à l'Exposition de Saint-Louis, est parvenue à établir la communication entre ses stations et la ville de Springfield à une distance de 165 km et, ultérieurement, à communiquer avec Chicago, distante de plus de 482 km.

Sur la demande du professeur Goldsborough, chef du Département de l'Électricité de l'Exposition de Saint-Louis, l'ouverture de ce service fut différée jusqu'au 14 septembre, date du « jour de la fête de l'Électricité », et elle fut précédée d'essais officiels entrepris par le Jury du groupe 70, celui de la Télégraphie et Téléphonie.

Le Jury, après avoir soigneusement étudié les questions, décida que des expériences complètes seraient faites devant eux, et que l'on préparerait une série d'essais à réaliser à cette occasion et que ces essais formeraient une partie officielle

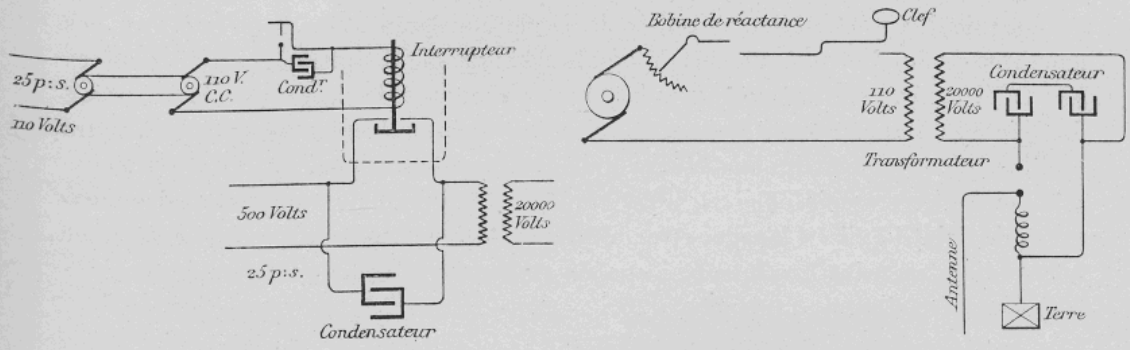
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de leurs travaux, leur permettant de régler les décisions qu'ils pourraient être amenés à prendre au sujet des récompenses accordées à cette Classe.

Après l'achèvement des arrangements préliminaires, le Président du Jury, M. William J. Hammer, de New-York, et le professeur James C. Kelsey, de l'Université de Purdue, allèrent à Chicago et prirent possession de la station de cette ville.

Les autres membres du Jury qui restèrent à Saint-Louis étaient : M. Gaston Roux, de Paris, vice-président ; le professeur A. S. Langsdorf, de l'Université de Washington ; le Dr A. S. Kennelly, de l'Université de Harward ; le Dr Bénédict Herzog, de New-York et M. A. B. da Costa Couto, du Brésil.

Pour faciliter le contrôle des messages envoyés, une ligne directe de téléphonie



Schémas du système de télégraphie sans fil de Forest.

à grande distance reliait d'une façon permanente les deux postes de Saint-Louis et de Chicago.

M. Hammer, le président du Jury, écrivit avant de partir pour Chicago un message en duplicata ; les deux copies furent cachetées, il prit l'une d'elles avec lui et remit l'autre au vice-président, M. Roux, cette dernière enveloppe devant être seulement ouverte lorsque M. Hammer aurait donné le signal de Chicago.

Au signal convenu, l'enveloppe fut ouverte en présence du Jury et le contenu donné à l'opérateur. L'heure du début et de la fin de l'émission du message furent chronométrées avec grand soin aux deux bouts de la ligne. Aussitôt après la réception du message à Chicago on téléphona à Saint-Louis que le mot « indissolubly » n'était pas parvenu à Chicago, et l'on répondit que ce mot n'avait pas été transmis à dessein comme contrôle supplémentaire.

Le message, qui avait d'ailleurs été transmis exactement, exigea trois minutes, il était ainsi conçu : « The names of Faraday, Hertz, Branly, Popoff, Lodge, Muirhead, Marconi, Tesla, Edison, De Forest, Dolbear, Braun, Fessenden, Slaby, Arco, Rochefort, Schoemaker, are amony those names indissolubly connected with the principles and applications of wireless telegraphy ».

Dans une seconde expérience, le Président laissa à Saint-Louis l'une des deux copies d'un livre sur l'industrie électrique au Japon, emportant l'autre avec lui à Chicago.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il téléphona à Saint-Louis pour demander qu'on lui envoyât un cryptogramme. Et on lui envoya le signal — 3 — 15 —, ce qui signifiait — ouvrez à la page 3 — commencez à la 15e ligne et lisez le reste du paragraphe.

Le temps fut contrôlé et l'opérateur de Saint-Louis transmit aussitôt le paragraphe choisi. Le Président téléphona alors le message reçu à Chicago appelant l'attention sur ce fait que certains mots avaient été éliminés et on lui répondit que cela était exact, et que les mots passés avaient été omis à dessein comme preuve définitive.

La troisième expérience fut réalisée par des personnes non expertes à chaque bout de ligne.

M. Hammer téléphona de Chicago pour demander que les opérateurs de la Compagnie de Forest soient éliminés de la station de Saint-Louis et que l'un des membres du Jury envoyât un certain nombre de fois sur la ligne quelques caractères Morse. Il renvoya en même temps les deux opérateurs de de Forest de la station de Chicago ; le professeur Kelsey et lui-même ayant placé les récepteurs à leurs oreilles, reçurent les signaux Morse qui leur furent transmis.

Pendant ces essais officiels, il fut seulement possible de transmettre des messages de Saint-Louis à Chicago, et ce n'est qu'ultérieurement qu'un service régulier fut établi entre Saint-Louis et Chicago en concurrence avec les lignes de terre de la Western Union.

Appareils de télégraphie sans fils Popoff et Ducretet.

Le poste-récepteur comporte les organes suivants :

1° *Radio-conducteur ou cohéreur*. — Cet appareil est formé d'un tube de bois dur rendu hydrofuge et dont la surface est vernie. Ce tube est fermé par des montures traversées par deux tiges ou électrodes métalliques laissant entre elles un petit espace rempli de limaille d'or ou d'argent.

2° *Frappeur automatique*. — Il est formé d'un électro-aimant actionnant un marteau qui vient frapper sur le tube pour détruire l'orientation des molécules ; ces frappeurs doivent donner 500 à 700 coups à la minute.

3° *Relais polarisé Siemens*. — Ce relais a pour effet de fermer le circuit auxiliaire lorsqu'il est actionné par le courant provenant de l'antenne. Il se compose d'un cadre galvanométrique Thomson se déplaçant entre les pôles d'un puissant aimant. Un ressort spirale réglable ramène le cadre à sa position d'équilibre lorsqu'il n'est plus traversé par le courant ; des vis de butée limitent la course dans les deux sens.

Le relais est monté en série avec une résistance fixe, non-inductive dite « céramique », qui peut être remplacée momentanément par une lampe de 16 bougies sous 110 volts.

Les relais magnéto ont diverses sensibilités suivant la distance de transmission.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A Grande sensibilité..... $\frac{1 \text{ volt}}{200\,000 \text{ ohms}} = \frac{1}{200}$ de milliampère.

B Sensibilité moyenne..... $\frac{1 \text{ volt}}{100\,000 \text{ ohms}} = \frac{1}{100}$ de milliampère.

C Faible sensibilité..... $\frac{1 \text{ volt}}{50\,000 \text{ homs}} = \frac{1}{50}$ de milliampère.

Le relais est fixé dans la boîte contenant tout l'appareil reposant sur des coussins-amortisseurs spéciaux.

4° *Pile du radio-conducteur.* — Cette pile à faible voltage (E = 0,25 volt) se compose de deux électrodes en étain et en zinc amalgamé plongeant au milieu d'une solution à 35 % de potasse caustique immobilisée.

5° *Pile du frappeur.* — Cette pile se compose de trois éléments genre Leclanché, à liquide immobilisé (elle sert également pour actionner le récepteur).

5° *Récepteur.* — On peut employer un récepteur télégraphique Morse ordinaire enregistrant sur une bande de papier. Mais on peut aussi employer un *récepteur téléphonique Popoff ;* dans ce cas, on utilise un cohéreur spécial ou microphone formé d'une série d'aiguilles d'acier traversant les électrodes ; ces microphones sont généralement pourvus d'un petit tube dessiccateur contenant du carbure de calcium.

Le poste transmettteur comporte les appareils principaux suivants :

1° *Une bobine de Rhumkorff* soigneusement isolée donnant, suivant la distance des longueurs d'étincelle de 25 à 50 cm, le dernier type suffisant pour une transmission à 75 km. Un des pôles secondaires est réuni à l'antenne et l'autre peut être mis à la terre. La bobine est généralement montée avec un condensateur fractionné dont on peut faire varier la capacité.

2° *Un interrupteur périodique.* — L'interrupteur servant pour les postes fixes est un interrupteur à moteur. Les interruptions périodiques se produisent entre une tige de cuivre amalgamé et une surface de mercure recouverte de pétrole ou d'alcool amylique. Le courant est amené par une tige auxiliaire plongeant continuellement dans le mercure. La tige reçoit un mouvement alternatif par suite d'un excentrique calé sur l'axe d'un petit moteur tournant avec une vitesse de 600 à 1 000 t:m.

On peut, dans certains cas, remplacer le moteur par un électro-aimant à trembleur.

On peut aussi, pour les postes portatifs, employer un interrupteur à contacts solides du type à trembleur, en utilisant comme électro-aimant la bobine de Rhumkorff.

3° *Le manipulateur* servant à produire des émissions de courant correspondant aux traits et points de l'alphabet Morse. La rupture se produit au moyen d'une tige de cuivre rouge amalgamée plongeant dans le mercure, recouverte de pétrole. Une course de 2 à 3 mm est suffisante.

4° *Un oscillateur-radiateur de Hertz.* — Cet oscillateur est formé de deux sphères portées par des tiges et dont on peut régler la distance au moyen d'une crémaillère. L'oscillateur est monté en dérivation sur la bobine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'énergie nécessaire pour le fonctionnement du poste peut être fournie par quelques accumulateurs ou une dynamo à courant continu.

Dispositifs d'accord. — Le poste-transmetteur devant avoir des périodes d'oscillations identiques, et ces périodes étant reliées par la formule de Thomson $T = 2\pi\sqrt{LC}$, on agira sur les deux quantités L et C afin d'obtenir la résonance. On emploie dans ce but des circuits auxiliaires comprenant des résonateurs de Oudin ou des bobines de self-induction réunies à des résistances variables, ou des cadres muraux.

Télégraphie sans fil, système Fessenden.

Le professeur Fessenden, étudiant les divers procédés de télégraphie sans fil, parvint à réaliser un appareil permettant de mesurer quantitativement l'intensité des effets perçus à la station réceptrice et aussi l'intensité des oscillations à la station transmettrice.

Des expériences faites avec cet appareil amenèrent à conclure que les cohéreurs existants n'étaient pas suffisamment sensibles puisqu'il fallait pour les actionner dépenser une quantité d'énergie de 4 ergs, et que l'énergie nécessaire pour la téléphonie n'était que 0,000001 erg.

De nombreuses expériences permirent d'étudier d'une façon précieuse la nature du phénomène et de vérifier les conclusions données dans les procès-verbaux de l'*American Institute of Electrical Engineers* de décembre 1899, et de régler en particulier la question de savoir si la production des ondes était accompagnée de courants souterrains.

Les expériences réalisées comportèrent la mesure des longueurs d'onde et de leurs harmoniques, au moyen d'un récepteur quantitatif placé dans le câble vertical de la station et recevant les ondes magnétiques émises par une station située à 1600 m, et dont on avait déterminé avec précision la capacité à la terre et l'inductance pour les courants à haute fréquence. En faisant varier l'inductance, on put tracer une courbe de l'intensité des indications reçues, et l'on put déterminer les différents points de résonance et la longueur d'onde du fil vertical. Pour tracer cette courbe, on fit usage de trois instruments : d'abord, un câble vertical avec un récepteur quantitatif que l'on pouvait déplacer latéralement pour déterminer une des ordonnées ; puis un paquet de fils de fer fins entourés par quelques tours de fil de cuivre en série avec le récepteur, et que l'on pouvait déplacer verticalement pour déterminer l'autre ordonnée. En introduisant le récepteur dans la terre ou dans l'eau on détermina la profondeur à laquelle pénètre l'onde électrique. Un dernier appareil était formé de deux grands triangles de cuivre opposés par le sommet de chaque côté du récepteur et dont les bases étaient mises à la terre ; ces triangles permettaient de déceler la présence de courant dans l'eau ou la terre.

La station de transmission était placée sur un bateau à côté d'une île et à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

environ 90 m du rivage; la station réceptrice fut installée de l'autre côté de l'île sur un petit quai s'avançant d'environ 45 m dans l'eau.

On reconnut que l'onde voyageait à la surface de l'eau jusqu'au voisinage du rivage, que son intensité décroissait comme le carré de la distance après les premières longueurs d'onde et que la hauteur croissait proportionnellement avec la distance. L'onde grimpait ensuite le long de la falaise qui avait une hauteur de 15 m environ.

On démontra que des courants prenaient naissance dans la terre aux changements de directions, par exemple au point où l'onde commençait à grimper le long de la falaise ou lorsqu'elle cessait de monter pour suivre de nouveau un terrain plat.

Partant de ces données, le professeur Fessenden établit un nouveau système de télégraphie sans fil qui diffère largement des systèmes antérieurs. Ce système est caractérisé par :

1° L'emploi, à la station transmettrice, d'un conducteur, non seulement mis à la terre, mais pourvu d'une surface conductrice sur une distance d'au moins un quart de longueur d'onde ;

2° L'emploi d'un circuit auxiliaire fermé à l'extrémité transmettrice pour prolonger les oscillations ;

3° La méthode d'avertissement consistant à envoyer des ondes en concordance ou en discordance au lieu d'oscillations interrompues ;

4° L'emploi d'antennes multiples verticales et de grande capacité, également distribuées ;

5° La génération pratiquement continue d'ondes magnétiques ;

6° La méthode de production de radiations électriques d'une fréquence quelconque au moyen de courant continu et d'un interrupteur ;

7° La production de groupes d'ondes électriques ayant une fréquence définie pour le groupe, cette fréquence pouvant être indépendante de celle d'émission ;

8° L'emploi de mâts métalliques et de haubans entourés de bobines de soufflage pour empêcher la consommation d'énergie et permettant d'obtenir une capacité et une inductance constante ;

9° L'emploi d'une « chute d'onde » permettant de conduire l'onde hors des villes et autres obstacles ;

10° L'utilisation d'un milieu entourant le conducteur vertical afin d'obtenir le même effet qu'avec de larges conducteurs.

A la station réceptrice, les différences fondamentales entre le système du professeur Fessenden et les autres sont :

1° L'emploi d'un récepteur excité continuellement par le courant reçu, au lieu d'être influencé par le voltage. Les récepteurs actionnés par le courant sont, non seulement plus sensibles, mais ils permettent en outre l'utilisation des notes aiguës. On peut obtenir un renforcement par résonance de 40 % tandis que dans les meilleures conditions, les meilleurs cohéreurs usuels n'ont donné que des renforcements de 10 %, et même dans les publications du comte Arco, la valeur du renforcement est indiqué comme étant de 2 1/2 % ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° Par l'emploi d'un récepteur-intégrateur, de telle sorte que toute l'énergie reçue sera utilisée pour donner les indications, tandis que les récepteurs usuels donnent seulement des indications proportionnelles à l'intensité maxima ;

3° L'emploi d'un circuit accordé, fermé, permettant d'obtenir des effets de résonance plus forts ;

4° L'emploi d'un dispositif récepteur accordé non seulement pour les fréquences de l'onde, mais pour celle du groupe d'ondes de la décharge.

Il est évident qu'une sélection rigoureuse ne peut être obtenue par l'accord, puisqu'on ne peut compter des effets de renforcement par résonance de plus de 100. Le renforcement par résonance dépend du coefficient d'amortissement du circuit et comme il est pratiquement impossible d'obtenir un circuit dans lequel les pertes n'atteignent pas moins de 1 %, il est évident que l'on ne peut obtenir des valeurs plus élevées dans les conditions ordinaires. Dès lors, si « A » est à 400 m de la seconde station, « B », et si « B » télégraphie à une troisième station « C », à 160 km, « B » et « C » étant accordés, mais « A », en désaccord, « A » recevra 160 000 fois autant d'énergie que « B », et si l'action produite par résonance est 100 fois supérieure aux actions ordinaires, les effets sur le récepteur de la station « A » seront 1 600 fois plus forts qu'il n'est nécessaire pour produire un signal.

Ce calcul montre qu'il est absurde d'essayer d'opérer une station de télégraphie sans fil en l'accordant pour une seule longueur d'onde, mais si l'on obtient l'accord pour un groupe d'ondes, les résultats seront réduits de 1/100, de telle sorte que l'action de « B » sera identique à celle d'une station éloignée ;

5° L'emploi de moyens permettant à une station de recevoir des messages même si elle se trouve à proximité d'une autre station en fonctionnement, ou si elle communique elle-même avec une autre station ;

6° Des moyens permettant de reconnaître si la station avec laquelle on désire communiquer transmet, reçoit ou est libre ;

7° Des procédés permettant de téléphoner au lieu de télégraphier les messages basés en émettant des ondes de longueur correspondante ou différente à la valeur de l'accord.

On peut reconnaître par ce résumé toutes les innovations du système Fessenden ainsi que les différences qui le caractérisent. On doit mentionner que l'emploi d'un circuit fermé pour prolonger les oscillations a été attribué au professeur Braun par le Dr Fleming, mais il n'est pas prouvé qu'il ait paru une publication du professeur Braun avant que le professeur Fessenden n'en ait fait l'application.

Un autre brevet pris récemment par le professeur Fessenden couvre une modification de l'appareil à fil chaud. Cet appareil est dénommé « barretter » du vieux mot français « barretor » ou « changeur » à cause de sa propriété de transformer une quantité donnée d'énergie à haute fréquence à courant continu plus facilement utilisable.

Dans le type récent, une petite colonne de liquide a été substituée au petit fil de platine utilisé au début. Divers modèles sont en usage, par exemple un diaphragme présentant un orifice très petit et placé au milieu d'un liquide ou un mince

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fil plongé dans le liquide, de façon à concentrer la résistance du liquide au voisinage de ce point.

Le barretter liquide présente de nombreux avantages sur le petit fil de platine employé au début, dont le plus important tient à ce fait qu'il est impossible de le brûler, car, sous l'influence d'une forte décharge, le liquide se vaporise. Il n'est pas nécessaire de le protéger contre les troubles atmosphériques ou de l'enfermer dans une boîte métallique, car de fortes étincelles peuvent éclater à quelques centimètres sans l'endommager ou le dérégler.

Sa sensibilité est beaucoup plus grande que celle du barretter à fil chaud et, par suite, que celle du cohéreur solide, puisque le coefficient de température des liquides est beaucoup plus élevé que celui des métaux, de telle sorte que la même quantité d'énergie produisant une différence de 0,25 % dans la résistance du barretter à fil produira une différence de 12 % dans celle d'un appareil à liquide.

On doit remarquer que l'action des ondes diminue la résistance du barretter, car le coefficient de température des liquides est généralement négatif, ce qui ajoute encore à la sensibilité de l'appareil et permet de l'employer en connexion avec un syphon-recorder.

Par l'emploi de récepteurs actionnés par le courant ou « kumascopes à courant » par opposition aux « kumascopes à voltage », on obtient des effets de résonance plus intenses. On peut déterminer une courbe de résonance avec un barretter ayant une capacité de 0,000279 microfarad, une inductance de 0,039 millihenry pour le renforcement dû, la résonance sera de 100 fois l'action avant le point de résonance.

Un point caractéristique de ces dispositifs est qu'ils sont employés au-dessous de leur résistance critique à l'encontre des cohéreurs et autres appareils analogues.

Un autre brevet couvre une méthode de production des ondes électro-magnétiques, de façon à les séparer périodiquement par groupes formés indépendamment de la fréquence d'émission, de cette façon une double sélection se trouve réalisée. Les circuits récepteurs sont accordés pour la fréquence des ondes et des groupes d'ondes, une interférence est donc impossible, à moins que la fréquence des ondes et des groupes d'ondes interférentes soit concordante ; cette méthode a une importance considérable parce que le nombre d'accords est relativement limité, tandis que l'accord de fréquence d'ondes et des groupes se présente au nombre de comparaisons se chiffrant par millions.

Un autre brevet couvre une méthode d'accord des groupes pour des fréquences très variables, qu'elles soient ou non identiques à la fréquence de décharge. Il couvre aussi un procédé d'accord mécanique ou électrique des fréquences.

Le deuxième brevet couvre un perfectionnement dans la classe des récepteurs à contact imparfait avec un dispositif permettant de déplacer continuellement les surfaces en regard, et un mécanisme adapté pour correspondre à une fréquence particulière.

L'ensemble des appareils de transmission comprend un interrupteur du type à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vibration ; le dispositif spécial pour la production et la réception des ondes électromagnétiques ; un dispositif pour intercaler ou supprimer du circuit ; le transmetteur ; une paire de récepteurs téléphoniques ; un appareil à coupures multiples et une clef de Morse.

La partie caractéristique de l'invention est le procédé permettant de produire à la station, dans un ordre variable, deux ou plusieurs séries d'ondes, ces séries étant toutes différentes ; la réception relative, la transformation et l'utilisation des différentes séries et enfin l'enregistrement à chaque station réceptrice de la série d'ondes ou d'oscillations qui sont envoyées dans un ordre particulier établi pour cette station.

En pratique, une série de deux ou plusieurs fils verticaux servant à la transmission des ondes sont réunis, à la station de transmission, à une série de plots et à une série de bobines d'induction au moyen d'excitateurs convenables et mis à la terre.

Les bobines sont excitées par le courant fourni par une source et un interrupteur tournant commandé par un moteur.

Cet interrupteur est formé de disques métalliques, reliés par l'arbre de support à un des pôles de la source et portant des cames qui viennent successivement en contact et dans un ordre déterminé d'avance avec les languettes réunies aux diverses bobines.

La vitesse de rotation doit être dans un rapport constant avec la vitesse de déplacement du ruban à la station réceptrice. La périodicité des ondes électriques dépend du produit $\sqrt{\text{inductance}} \times \sqrt{\text{capacité}}$, et comme l'inductance et la capacité varient comme la longueur et le diamètre des fils, on donnera aux fils des dimensions telles que la périodicité des ondes émises par un fil soit différente des ondes produites par les autres fils.

En disposant convenablement le disque sur l'arbre, la série des ondes pourra être transmise dans un ordre déterminé.

L'appareil récepteur est formé d'un nombre égal de fils aériens ayant les mêmes dimensions que le système émetteur. Les appareils contrôlés par le résonateur sont accordés pour la fréquence de l'oscillation, de telle sorte que les mécanismes indicateurs ou enregistreurs, réunis chacun avec chaque système de résonateur, puissent être actionnés et contrôlés seulement par les oscillations induites par l'émetteur correspondant à la station transmettrice.

Les multiples coupures consistent en une série de rouleaux entre lesquels passe l'étincelle. Cet appareil accroît la sensibilité du transmetteur et réduit à un minimum le bruit de la décharge disruptive qui est si désagréable avec les grosses bobines employées.

Ce système est en usage courant entre des stations d'essais et fonctionne aussi bien qu'un appareil Morse ordinaire.

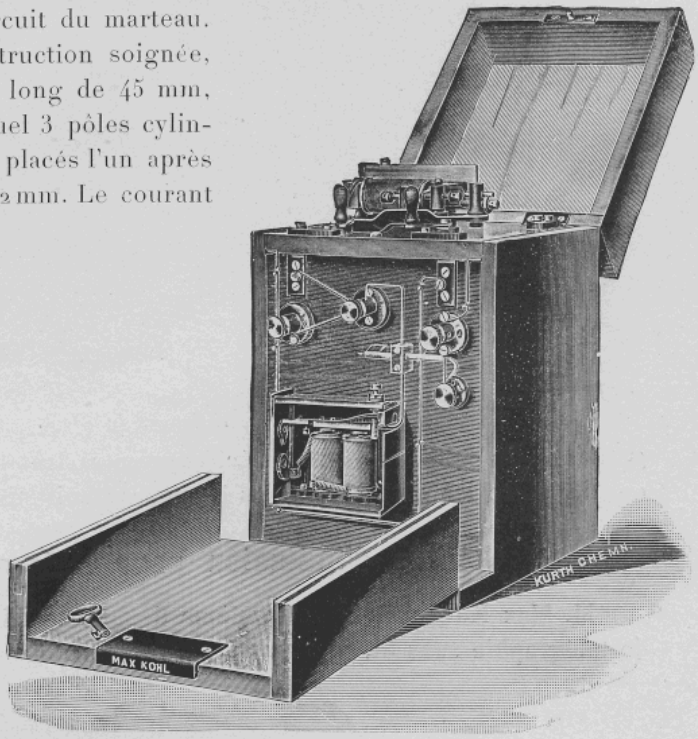
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Appareil transportable pour la télégraphie sans fil.

L'appareil transmetteur pèse 6 kg et a les dimensions 220 mm × 165 mm × 150 mm; l'appareil récepteur a les mêmes dimensions et ne pèse que 5 kg.

L'appareil récepteur se compose d'un cohéreur de Marconi, d'un relais polarisé, d'une pile et d'un interrupteur qui forment le circuit du cohéreur, d'un marteau électrique, de 3 piles et d'un interrupteur qui constituent le circuit du marteau.

Le cohéreur, d'une construction soignée, est formé d'un tube en verre, long de 45 mm, large de 2,5 à 3 mm, dans lequel 3 pôles cylindriques en argent se trouvent placés l'un après l'autre à un intervalle de 1 à 2 mm. Le courant entre par le pôle du milieu et s'en va par les deux pôles extérieurs. L'espace entre les pôles est rempli de limaille de nickel mélangée de limaille d'argent 4 %.



Appareil transportable pour la télégraphie sans fil Max Kohl.

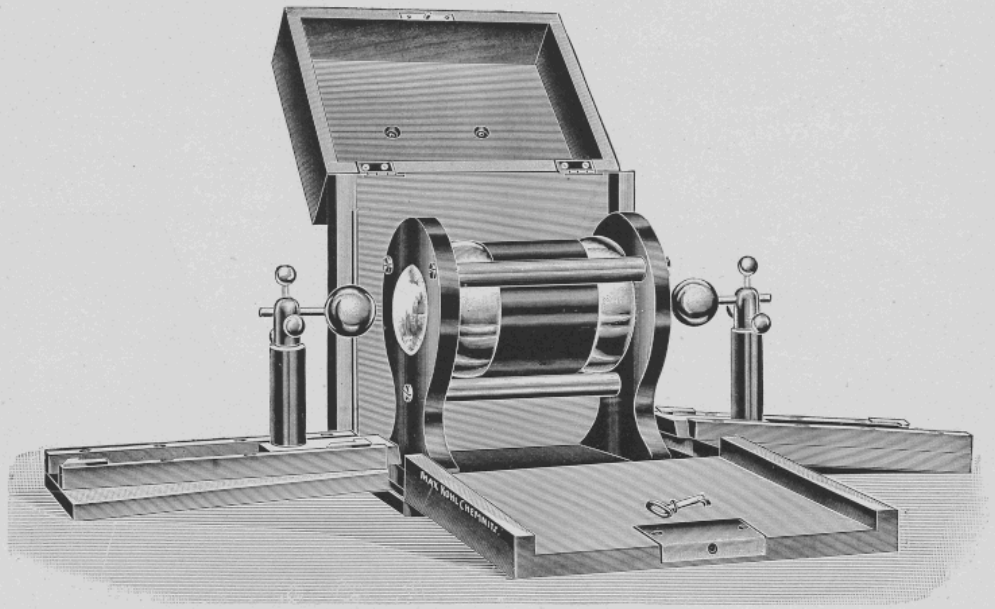
Dans les circonstances ordinaires, le cohéreur oppose une grande résistance au courant de la pile; par suite le relais ne fonctionne pas; mais dès que les ondes électriques traversent le cohéreur, la limaille devient conductrice et ferme un deuxième circuit qui renferme 3 piles et un électro-aimant actionnant un marteau. Le marteau, analogue à celui d'une sonnerie électrique, frappe le cohéreur afin de détruire l'orientation des molécules suivant les lignes de force pour permettre la réception d'une autre onde électrique. Les coups du marteau sont tellement distincts que l'on pourrait se dispenser d'un appareil Morse.

Le poste transmetteur est formé d'un résonateur de Righi. Il se compose de deux grandes boules de cuivre nickelées qui sont très rapprochées, fixées par un tube, deux plaques et trois entretoises, le tout en caoutchouc durci, et l'espace entre les deux boules peut être rempli d'huile de vaseline. Deux boules plus petites, portées par des tiges isolantes et mobiles, se tiennent en face des deux grandes boules.

Quand on veut se servir de l'appareil, on relie les deux tiges avec les bornes secondaires de la bobine d'induction. L'une des tiges est mise à terre par un fil, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'autre est réunie avec un conducteur vertical qui a la même longueur que celui de la station réceptrice. Les petites boules sont à une distance de 15 mm des plus

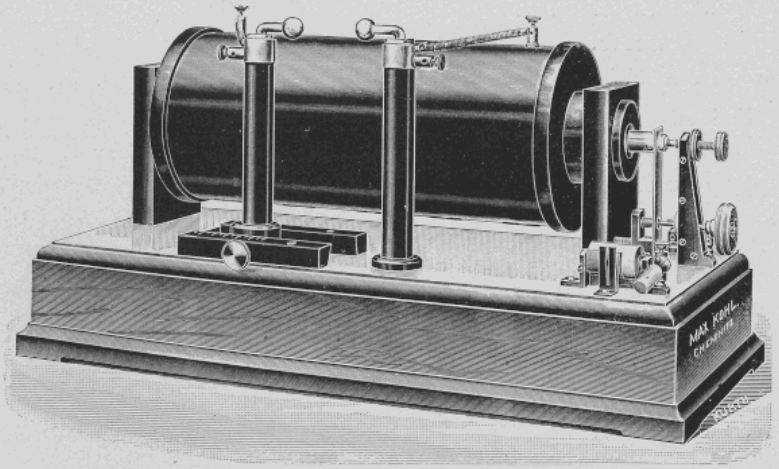


Radiateur de Righi.

grandes. On fait éclater une décharge entre les deux petites boules, elle passe ensuite entre les grandes boules à travers l'huile de vaseline.

Bobine d'induction pour télégraphie sans fil.

M. Max Kohl a établi un système de bobine d'induction pour les expériences de télégraphie sans fil, représenté par la figure ci-contre.



Bobine d'induction (Max Kohl).

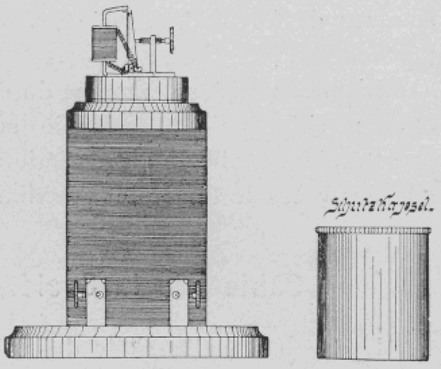
L'une des bornes est montée sur une crémaillère de façon à pouvoir être faci-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lement éloignée de l'autre. L'écart entre les boules peut atteindre 300 mm.

Bobine d'induction Ruhstrat.

Cette petite bobine d'induction, représentée par la figure ci-contre, permet de réaliser la plupart des expériences de radioscopie.



Bobine d'induction Ruhstrat.

Appareils Ella pour la télégraphie sans fil.

La maison Louis Ancel exposait divers appareils Ella pour la télégraphie sans fil et pour la démonstration des rayons X, un appareil d'électrochimie et divers petits appareils.

Les bobines d'induction sont d'un type entièrement nouveau et donnent des étincelles nourries et régulières qui peuvent atteindre une longueur de 20 cm; le socle renferme un condensateur de grande surface, et l'induit est noyé dans un isolant spécial. Ces bobines sont pourvues d'un rupteur spécial extra-rapide à double réglage permettant de faire varier en marche le débit et la qualité de l'étincelle.

Les appareils de démonstration pour la télégraphie sans fil présentent l'avantage d'une grande simplicité tout en étant très solides. Ils se composent d'une potence en bois à coulisses permettant d'obtenir des longueurs d'antenne de 3,50 m et portant un fil d'antenne à plusieurs brins d'un diamètre extérieur de 5 mm. Un petit transmetteur pourvu d'une bobine donnant une étincelle de 5 mm, et un petit accumulateur double de 4 volts 12 Ah de capacité qui permettra de marcher pendant 10 heures entre postes de 100 m. Un récepteur-enregistreur du type employé dans la marine comprenant une pile sèche de relais, un cohéreur et les shunts, puis un petit récepteur Morse à mouvement d'horlogerie pouvant marcher 5 minutes. Le cohéreur à limaille est frappé en bout par le marteau, mais il est engagé dans une suspension élastique et muni d'un dispositif antivibrateur.

On voit que ce dispositif est très simple et peut rendre de grands services.

Télégraphie sans fil à la mer aux États-Unis.

Dès le début de l'année 1905, le Ministère de la Marine a autorisé l'officier commandant la station de torpilleurs de Newport d'accepter les dépêches des ou pour les bateaux en mer en utilisant le bateau-phare de Nantucket. Des ordres ont été donnés d'ouvrir au commerce les stations de télégraphie sans fils suivantes : Portsmouth, Cape Ann, ports de Boston et de New-York, Cap Cod, Montauk, Navesink, Cap Henry, Dry Tortugas, San Juan, Culebra, Yerba Buena, Mare Island.

D'autres stations seront ouvertes très prochainement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le résultat immédiat de l'ouverture de la station du bateau-phare a été la réception d'un grand nombre de lettres de Compagnies maritimes renfermant des sommes destinées à couvrir les frais des télégrammes annonçant le mouvement des navires.

D'après un récent rapport du département de la Marine des États-Unis, 22 stations maritimes de télégraphie sont actuellement en fonctionnement, et il est projeté d'en établir 60 autres le long des côtes du continent Nord Américain ainsi que des côtes de toutes les positions insulaires, y compris l'isthme de Panama.

Câbles de la Société Industrielle des Téléphones.

La Société Industrielle des Téléphones avait exposé quatre tableaux portant des échantillons des divers types de câbles de sa fabrication, depuis les câbles sous-marins jusqu'aux câbles de transport de force.

Parmi les échantillons de câbles sous-marins exposés, on peut citer celui du câble téléphonique à plusieurs conducteurs qui relie Calais à Douvres, posé en 1896; ceux du câble de Brest à New-York, d'une longueur de 3400 milles marins, posé en 1896-1897, comprenant les types d'atterrissement, côtier, intermédiaire et de haute mer, qui ne se distinguent les uns des autres que par l'armature, dont l'importance diminue à mesure qu'on s'éloigne des côtes. On peut encore citer des spécimens du câble de New-York au cap Haïtien, d'une longueur de 1400 milles, câble que des soulèvements sous-marins ont détruit lors de l'éruption de la Martinique, et qui vient d'être réparé par le navire de pose de la Société le « François-Arago ». Enfin des échantillons du câble Brest-Dakar de 2500 milles.

Télégraphone de Poulsen.

Cet appareil sert à enregistrer magnétiquement sur une surface d'acier doux les ondes sonores.

Les sons émis dans un transmetteur téléphonique impressionnent à distance, au moyen d'un téléphone récepteur, une lame d'acier; il s'en suit que, si la personne à qui l'on désire causer est sortie ou est très occupée pour répondre, le message se trouve enregistré et peut être reproduit en temps et lieu.

Dans son principe, l'appareil comporte un ruban d'acier se déplaçant devant un électro-aimant en série avec le téléphone récepteur. Chaque onde sonore émise dans le transmetteur produit un courant distinct qui, en traversant les bobines de l'électro-aimant détermine une aimantation locale de la bande d'acier, de telle façon que chaque portion aimantée de la bande constitue un aimant permanent distinct dont l'aimantation correspond exactement avec l'intensité et la fréquence de l'onde émise. Par suite, lorsque ces portions aimantées ou ces anneaux indépendants seront mis en regard de téléphones récepteurs, un courant correspondant à l'intensité d'aimantation prendra naissance par induction dans les circuits secondaires et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

reproduira l'onde primitive. Ces courants induits par les ondes sonores et qui leur correspondent, reproduiront les paroles primitives.

On peut également employer au lieu d'un ruban enregistreur un fil d'acier fin comme un cheveu que l'on entourera par les deux pointes d'un aimant en fer à cheval, de façon à l'aimanter transversalement.

Dans tous les cas, l'enregistrement primitif peut être oblitéré et le fil ou le ruban remis dans son état primitif en le faisant passer devant un puissant électro-aimant.

On peut reproduire un grand nombre de fois le discours primitif avec un seul fil enregistreur en utilisant plusieurs récepteurs. On remarquera que puisque l'enregistrement et la reproduction des sons sont faits par induction, aucun son étranger ne sera engendré et, par suite, la clarté de la reproduction sera remarquable.

Télautographe de Gray.

Le télautographe est un instrument servant à reproduire électriquement et à distance l'écriture à la main et les dessins. Il peut être désigné en réalité sous le nom de télégraphe-inscripteur. Il consiste en un transmetteur et un récepteur associés de telle façon que la plume réceptrice soit animée de mouvements synchrones à ce transmetteur.

Le crayon transmetteur est relié à deux leviers coudés dont le bras le plus court déplace un doigt de contact sur une bobine de résistance.

Les petits bras sont, d'autre part, réunis chacun avec un fil de ligne, de telle sorte que le déplacement du levier causant un changement dans la résistance produit une variation correspondante du courant dans la ligne.

A la station, le crayon récepteur est relié d'une façon identique à des leviers coudés qui sont, en temps normal, rappelés vers le haut par des ressorts. Chacun de ces leviers est réuni à un électro-aimant qui est également parcouru par le courant de ligne et qui entoure les deux pôles d'une armature en fer doux.

On conçoit, par conséquent, que toute variation de la résistance de la ligne due au déplacement du levier coudé devant la résistance produira une variation correspondante dans l'attraction produite par l'électro-aimant, ce qui donnera au crayon récepteur un déplacement identique à celui de la station de transmission.

Si l'on combine l'action produite par chacun des électros, on pourra obtenir tous les mouvements voulus du crayon et reproduire les diverses figures tracées par le crayon transmetteur.

Ces machines trouvent leur emploi dans les boutiques, manufactures, banques, dépôts et autres endroits où l'on a besoin d'informations rapides et un enregistrement permanent des renseignements transmis.

Cet appareil peut être manœuvré par tout le monde ; il enregistre les transmissions en noir sur le papier ordinaire.

L'appareil exposé à Saint-Louis actionnait 5 récepteurs simultanément.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Statistique des installations télégraphiques et téléphoniques.

Le Bureau de Recensement a fait une importante étude sur les diverses industries électriques qui nous permet de citer quelques chiffres donnant l'importance des lignes télégraphiques et téléphoniques aux États-Unis.

Les divers systèmes de téléphonie ont été divisés en trois classes : 1° Les systèmes commerciaux y compris toutes les installations particulières, usines et corporations établies dans un but lucratif ; 2° Systèmes mutuels fonctionnant avec l'arrangement mutuel des personnes qui en tirent parti sans que les revenus soient obligatoires ; 3° Sociétés indépendantes des lignes rurales n'ayant pas de bureau d'échange ou central. Ces lignes sont souvent établies sur les mêmes bases que les systèmes mutuels.

Les systèmes télégraphiques se divisent en :

1° Lignes télégraphiques terrestres et maritimes pour le service public ;

2° Lignes télégraphiques des chemins de fer comprenant les fils servant pour le chemin de fer et exploitées par une Compagnie commerciale de télégraphie par suite d'arrangements.

TABLEAU COMPARATIF DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES ET TÉLÉGRAPHIQUES Y COMPRIS LES CABLES SOUS-MARINS.

	Total.	Réseau téléphonique.	Réseau télégraphique.
Nombre de réseaux	4 176	4 151	25
Milles de lignes	6 168 836	4 850 486	* 1 318 350
Directeurs et secrétaires payés :			
Nombre	14 953	14 124	829
Salaires	$ 11 048 518	$ 9 885 886	$ 1 162 832
Employés payés :			
Nombre moyen	91 426	64 628	26 798
Gages	$ 40 246 776	$ 26 369 735	$ 13 877 632
Capital, actions, obligations ou valeurs équivalentes	$ 510 977 583	$ 348 031 058	$ 162 946 525
Actions	$ 385 033 601	$ 269 180 076	$ 115 853 525
Actions, fusion nouvelle	$ 6 069 621	$ 4 869 621	$ 1 200 000
Obligations	$ 119 874 361	$ 73 981 361	$ 45 893 000
Revenu total	$ 127 755 574	$ 86 825 536	$ 40 930 038
Dépenses d'exploitation et charges fixes, non compris les intérêts sur obligations	$ 90 651 707	$ 61 652 823	$ 28 998 884
Intérêt sur obligations	$ 5 461 098	$ 3 511 948	$ 1 949 150
Dividendes payés	$ 21 239 412	$ 14 982 719	$ 6 256 693
Excédent net	$ 10 403 357	$ 6 678 046	$ 3 752 311
Actif total	$ 647 676 321	$ 452 172 546	$ 195 503 775
Construction et appareillage y compris les téléphones	$ 523 473 142	$ 366 561 694	$ 156 911 448
Biens immobiliers	$ 27 484 669	$ 22 716 538	$ 4 768 131
Actions et obligations d'autres Compagnies	$ 35 878 286	$ 9 938 342	$ 25 939 944
Machines, outils et accessoires	$ 10 635 486	$ 9 689 691	$ 945 795

(*) Y compris les milles de lignes exploitées par la *Western Union Telegraph C°* en dehors des États-Unis, mais non compris les 16 677 milles marins de câbles exploités par les Compagnies de réseaux maritimes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	Total.	Réseau téléphonique.	Réseau télégraphique.
Effets et acomptes payables	$ 33 714 416	$ 30 629 677	$ 3 084 739
Comptant et dépôts	$ 15 579 224	$ 12 291 840	$ 3 287 384
Faux-frais	$ 911 098	$ 344 764	$ 566 334
Engagements	$ 647 676 321	$ 452 172 546	$ 196 503 775
Capital en actions	$ 391 103 222	$ 274 049 697	$ 117 053 525
Obligations	$ 119 874 361	$ 73 981 361	$ 45 893 000
Placement au comptant, compagnies incorporées	$ 6 168 609	$ 6 161 299	$ 7 310
Effets et acomptes payables	$ 50 547 584	$ 44 302 999	$ 6 244 585
Dividendes à recevoir	$ 554 733	$ 188 067	$ 366 666
Réserves	$ 38 889 276	$ 31 029 628	$ 7 859 648
Faux-frais	$ 1 124 265	$ 1 124 265	.....
Excédent	$ 39 414 271	$ 21 335 230	$ 18 079 648

Quoique les réseaux téléphoniques se soient développés entièrement pendant les 30 dernières années, ils atteignent une importance beaucoup plus considérable que les réseaux télégraphiques.

En 1902, la longueur des lignes exploitées représentait 70,6 % des réseaux de téléphonie et télégraphie combinés. Ces valeurs ne comprennent pas les lignes exploitées par les Compagnies de chemin de fer ainsi que les réseaux d'avertissement d'incendie et de vol des villes pour lesquelles on peut compter 358 787 milles de fil simple qui, ajoutés aux 6 168 836 milles indiqués, donnent une longueur totale de 6 527 623 milles de conducteur simple sans compter les 16 677 milles marins exploités et possédés par des Compagnies américaines. Si l'on rapproche ce nombre des valeurs trouvées en 1880, on remarquera que le nombre des téléphones est 43 fois plus grand et la longueur des lignes 141 fois plus grande.

En 1880, la population des États-Unis était de 50 155 783 habitants et le nombre des téléphones de toute sorte de 54 319, ce qui représente en moyenne 923 personnes par téléphone, tandis que la population est passée à 78 576 436 en 1902, et le nombre des téléphones à 2 315 297, ce qui donne une moyenne de 34 personnes par téléphone.

Le revenu total des réseaux pour l'exploitation et autres sources de revenu s'est élevé à $ 86 825 536, soit une moyenne de $ 37,50 par téléphone. Le bénéfice net total étant de 21 660 765, soit 9,36 par téléphone, et l'excédent net pour l'année était de 6 678 046, soit 2,88 par téléphone.

Une forte tendance vers la concentration est prouvée par le fait que 194 systèmes téléphoniques seulement, ou 4,7 % du nombre total de systèmes commerciaux et mutuels desservent plus de 1 000 téléphones, ce qui représente 72,5 % du nombre total et une somme de 87,5 % sur les recettes brutes ou 89,3 % de dépenses d'exploitation et 57,5 % de l'excédent net.

Des 4 850 486 milles de câbles, 48,9 % sont aériens et 34,8 % souterrains, et le restant ou 16,3 % représente les circuits de câbles aériens et souterrains.

Parmi les 2 315 297 téléphones en service en 1902, 10 361 étaient des bureaux centraux publics ; 80 870, des stations publiques ou service public, ou des téléphones à paiement automatique, et 2 224 066, des téléphones privés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il y avait environ 2 178 366 abonnés, soit une moyenne approximative de un abonné par téléphone.

Le nombre approximatif des messages ou conversations téléphoniques dans l'année pour les réseaux commerciaux et mutuels fut de 5 070 554 553, et pour les lignes fermières ou rurales, le chiffre ne put être établi.

Sur le nombre des communications, on peut distinguer 97,6 % de dépêches locales et 2,4 % à longue distance.

Le nombre des messages télégraphiques s'est élevé pour 1902 à 90 834 789, soit moins de 1/56e des messages téléphoniques, tandis que les lettres envoyées par la poste ont atteint le chiffre de 4 611 271 580, c'est-à-dire pas tout à fait autant que les messages téléphoniques.

En supposant la population de 78 576 436 habitants, on arrive à un total de 34 personnes par téléphone, 65 messages par personne et 2 190 messages par téléphone durant l'année.

Si l'on considère les statistiques géographiques, on peut reconnaître que les divisions du Centre-Nord, qui sont les plus peuplées, trouvent également la première place pour le nombre de téléphones et principalement les États les plus peuplés, tels que ceux de New-York, Pensylvanie, Illinois, Ohio, etc.

Le tableau suivant indique l'importance des divers systèmes de téléphonie et de télégraphie au point de vue du nombre de messages.

On peut en extraire les nombres suivants qui montrent l'importance des réseaux des « American Telephon et Telegraph Co », ces Compagnies possèdent en effet environ 69,8 % de la totalité des lignes et expédient 60,6 % de messages, ce qui représente un nombre moyen de messages par téléphone de 2 234.

RÉSEAUX BELL ET RÉSEAUX INDÉPENDANTS, 1902.

	Total.	Cies Bell.	Cies indépendantes.
	—	—	—
Nombre de réseaux	4 151	44	4 107
Milles de fil	4 850 486	3 387 924	1 462 562
Nombre d'abonnés	2 178 366	1 222 327	956 039
Stations téléphoniques de toute sorte	2 315 297	1 317 178	998 119
Nombre de bureaux centraux publics	10 361	3 753	6 608
Nombre de branchements privés d'intercommunication	7 883	7 266	617
Nombre de stations automatiques à paiement préalable	32 477	26 573	5 904
Nombre des autres stations à paiement préalable	48 393	29 083	19 310
Nombre total des tableaux manuels	10 896	3 820	7 076
Accumulateurs	837	356	481
Magnétos	10 005	3 463	6 542
Bureaux automatiques	54	1	53
Nombre des messages ou communications pendant l'année	5 070 554 553	3 074 530 060	1 996 024 493
Bureaux locaux	4 949 849 709	2 998 344 933	1 951 504 776
Communication à longue distance	120 704 844	76 185 127	44 519 717
Directeurs et secrétaires payés :			
Nombre	14 124	10 341	3 783
Salaires	$ 9 885 886	$ 7 848 551	$ 2 037 335
Employés payés :			
Nombre moyen	64 628	46 064	18 564
Gages	$ 26 369 735	$ 21 026 257	$ 5 343 478

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'importance de ces Compagnies peut également être déduite de l'inspection du tableau suivant qui donne la valeur des capitaux engagés dans ces entreprises.

CAPITAUX DES COMPAGNIES INCORPORÉES DES RÉSEAUX BELL ET DES RÉSEAUX INDÉPENDANTS EN 1902.

	Total.	Cies Bell.	Cies indépendantes.
Nombre des Compagnies incorporées	2 271	44	2 227
Capital autorisé en actions et obligations, versé, valeur égale à	$ 542 633 160	$ 305 896 400	$ 236 736 760
Capital en actions et obligations dû, valeur égale à	$ 348 031 058	$ 233 270 936	$ 114 760 122
Capital en actions :			
Total autorisé, valeur égale à	$ 384 534 066	$ 264 132 000	$ 120 402 066
Total dû, valeur égale à	$ 274 049 697	$ 198 298 969	$ 75 750 728
Dividendes payés	$ 14 982 719	$ 13 714 437	$ 1 268 282
Actif et Passif :			
Autorisé, valeur équivalente	$ 373 852 341	$ 261 257 000	$ 112 595 341
Dû, valeur équivalente	$ 269 190 076	$ 198 018 044	$ 71 102 032
Dividendes payés	$ 14 895 857	$ 13 711 420	$ 1 184 437
Présenté :			
Autorisé, valeur équivalente	$ 10 681 725	$ 2 875 000	$ 7 806 725
Dû, valeur équivalente	$ 4 869 621	$ 280 925	$ 4 588 696
Dividendes payés	$ 86 862	$ 3 017	$ 83 845
Obligations :			
Autorisé, valeur équivalente	$ 158 099 094	$ 41 764 400	$ 116 334 694
Dû, valeur équivalente	$ 73 981 361	$ 34 971 967	$ 39 009 394
Intérêts payés	$ 3 511 948	$ 1 745 334	$ 1 766 614
Impositions	$ 137 536	.....	$ 137 536

Le tableau suivant donne la statistique sommaire des réseaux commerciaux et mutuels de téléphonie et des lignes indépendantes et rurales les plus importantes :

	Total.	Commercial.	Mutuel.
Nombre de réseaux	4 451	3 157	994
Milles de fils	3 850 486	4 779 571	79 915
Nombre d'abonnés	2 178 366	2 089 846	88 520
Stations de téléphonie de toute sorte	2 315 297	2 225 981	89 316
Nombre de bureaux centraux	10 361	9 419	942
Nombre des bureaux d'échange privés	7 833	7 883	.....
Nombre des stations automatiques à paiement préalable	32 477	32 459	18
Nombre des autres stations à paiement préalable	48 393	48 009	384
Nombre des lignes partielles	258 166	248 908	9 258
Nombre total des tableaux manuels	10 896	9 954	942
Accumulateurs	837	837	7
Magnétos	10 005	9 071	934
Automatiques	54	53	1
Nombre total des messages ou communications pendant l'année	5 070 554 553	4 971 413 070	99 141 483
Messages à longue distance	120 704 844	119 996 531	708 313

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	Total.	Commercial.	utuel.
Directeurs et secrétaires payés :			
Nombre	14 124	13 958	166
Salaires	$ 9 885 886	$ 9 871 596	$ 14 290
Employés payés :			
Nombre moyen	64 628	63 630	998
Gages	$ 26 369 735	$ 26 206 065	$ 163 670
Capital en actions et obligations à verser, valeur équivalente	$ 348 031 058	$ 347 366 793	$ 664 265
Actions	$ 269 180 076	$ 268 518 811	$ 661 265
Actions, fusion nouvelle	$ 4 869 621	$ 4 869 621	.....
Obligations	$ 73 981 361	$ 73 978 361	$ 3 000
Revenu total	$ 86 825 536	$ 86 522 211	*$ 303 325
Dépenses d'exploitation et charges fixes, non compris les intérêts et les obligations	$ 61 652 823	$ 61 371 002	$ 281 821
Intérêts sur les obligations	$ 3 511 948	$ 3 511 768	$ 180
Dividendes payés	$ 14 982 719	$ 14 981 649	$ 1 070
Excédent net	$ 6 678 046	$ 6 657 792	$ 20 254

(*) Y compris l'actif.

Les Compagnies commerciales de téléphonie, qui comprennent tous les réseaux exploités primitivement dans un but lucratif, forment 76,1 % des réseaux et possèdent 98,5 % de la longueur totale des lignes et 96,1 % des téléphones en usage.

Les chiffres suivants permettent d'étudier l'accroissement de cette branche importante de l'industrie électrique :

	1902	1880
Nombre des réseaux	4 151	148
Milles de lignes	4 850 486	34 305
Nombre d'abonnés	2 178 366	48 414
Stations ou téléphones de toute sorte	2 315 297	54 319
Nombre de bureaux d'échange publics	10 361	348
Nombre d'employés	78 752	3 338
Capital en actions autorisé, valeur équivalente	$ 384 534 066	$ 17 386 700
Revenu total	$ 86 825 536	$ 3 098 081
Dépenses d'exploitation et charges fixes	$ 65 164 771	*$ 2 373 703
Dividendes	$ 14 982 719	$ 302 730
Excédent net	$ 6 678 046	*$ 421 648
Actif	$ 452 172 546	**$ 15 702 135

(*) 16 réseaux n'ont donné aucun rapport financier.
(**) 74 réseaux seulement ont indiqué leur actif.

On peut remarquer qu'en 1880 le nombre des habitants était de 50 155 783 et le nombre des téléphones, de 54 319, ce qui fait une moyenne de 923 personnes par téléphone.

Le nombre total des lignes exploitées primitivement dans les districts ruraux était de 21 577, parmi lesquels 15 598 ou 72,3 % étaient des lignes possédées et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

exploitées par des Compagnies commerciales ; 994 ou 4,6 % des systèmes mutuels, et le restant, 4985 ou 23,1 %, étaient des lignes fermières ou rurales.

La longueur totale des lignes était de 259306 milles et une longueur moyenne de 12 milles par ligne.

Le nombre total des téléphones était de 266968, ce qui donne une valeur moyenne de 12 téléphones sur chaque ligne et un peu moins de un mille de fil par chaque téléphone.

Le tableau suivant indique la répartition des lignes dans les principaux États et qui contiennent environ 65 % des lignes.

	Lignes		Milles de lignes		Téléphones	
	Nombre	Rang.	Nombre	Rang.	Nombre	Rang.
	—	—	—	—	—	—
Illinois	3883	1	47463	1	49440	2
Indiana	3255	2	28380	3	28190	3
Iowa	2958	4	40251	2	58364	1
Missouri	1712	5	25094	4	26510	4
Ohio	3056	3	22757	5	24236	5

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CLASSE 444

TÉLÉPHONIE

Intercommunication téléphonique à l'Exposition de Saint-Louis.

L'Exposition de Saint-Louis offrait au public un remarquable exemple d'installation temporaire de téléphonie, télégraphie et avertisseurs d'incendie.

Le terrain de l'Exposition, d'une superficie de plus de 496 hectares, était complètement sillonné par les lignes téléphoniques qui se reliaient en outre aux réseaux de Saint-Louis, permettant ainsi de téléphoner avec toutes les villes des États-Unis depuis l'Atlantique jusqu'aux montagnes Rocheuses.

Les divers bureaux d'intercommunication se trouvaient installés dans le Palais de l'Électricité où ils fonctionnaient sous les yeux du public qui pouvait se rendre compte par lui-même des difficultés pratiques qu'il a fallu surmonter pour assurer ce service.

Le service réparti entre les divers exposants comprenait d'abord un bureau central d'intercommunication installé par la *Kinloch C°*, comprenant près de 500 lignes diverses séparées sur le terrain en se reliant à la ville. Ce bureau était desservi par 16 employés, un chef surveillant pour la canalisation et un employé-chef. La *Kellogg Switchboard C°* avait également installé un tableau de 1 200 lignes avec une capacité maxima de 3 600 lignes et alimenté par une installation génératrice et une batterie complémentaire d'accumulateurs.

Indépendamment de son exposition en fonctionnement, la *Kellogg Switchboard Supply C°* exposait des sections de tableau à 1 800 lignes qui étaient la reproduction exacte de ceux de Buffalo, Cleveland et Los Angeles.

L'*American Telephon & Telegraph C°* avait un équipement complet avec un tableau du type Bell, d'une capacité de 9600 lignes, 9600 jacks et 600 trunks; 1 500 lignes seulement étaient en service pour les divers abonnés et aboutissaient à un vaste bureau d'échange installé dans le sous-sol. Il y a neuf bureaux en service, l'un, à l'est, recevant tous les appels des autres offices de Saint-Louis et des points éloignés, tandis que les autres desservaient les divers abonnés. Chaque employé pouvait opérer un maximum de 60 lignes. A la gauche du tableau se trouvait une complète installation génératrice comprenant un groupe moteur et un tableau de distribution.

Indépendamment des bureaux d'échange se trouvaient sur le terrain divers postes automatiques à paiement préalable.

L'*Automatic Electric C°* avait installé un service local pour le Palais de l'Électricité, comportant 100 postes pour le service des gardiens, sténographes, assistants, employés, portiers, etc., et deux bureaux centraux d'échange à 10 000 types dans lesquels l'intercommunication était obtenue automatiquement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'*Automatic Electric C°* exposait aussi un tableau d'appel pour dix stations et un tableau « rapporteur » indiquant, au moyen d'une lampe et d'une sonnerie actionnée par magnéto, la présence d'un défaut sur la ligne et son emplacement probable.

Cette Exposition était un exemple des installations en service à Chicago, aux Grands Rapides, Dayton, Los Angeles et autres villes.

L'ensemble du stand de cette Compagnie couvrait une surface de 180 m².

Le principal bureau de la *Western Union Telegraph & Cable C°*, dans le Palais de l'Électricité, représentait un modèle des installations télégraphiques employées autrefois. Trois tables portaient les systèmes quadruplex, duplex, repeater automatique de Wheatstone, etc. Il y avait aussi un service spécial pour transmettre les cours de la Bourse donnant les cours sur les marchés de New-York, Chicago et Saint-Louis. Ce service était établi par 22 lignes réunies aux principaux bureaux de la ville basse assurant une communication directe avec les principales villes. Des bureaux auxiliaires étaient placés sur le terrain de l'Exposition à la Inside Inn, New-York State, Missouri State, Government Building, Mines and Metallurgy. Manufactures and Agricultural, Administration and Press Building, the Stadium, Philippine Village et la station du chemin de fer de Sibérie et le Pike.

Ces bureaux étaient réunis par des boucles au bureau central du Palais de l'Électricité et aux divers circuits transversaux.

Appareils téléphoniques de la Société Industrielle des Téléphones.

Les divers appareils exposés sont :

1° Un exemplaire du fameux récepteur téléphonique système Ader, actuellement connu dans le monde entier et adopté par un grand nombre d'États et d'administrations (en particulier par l'Administration des Postes et Télégraphes français) ;

2° *Un microphone système Bailleux* à grand pavillon et à graphite. Également adopté par un grand nombre d'administrations et d'États, il figure actuellement sur presque tous les appareils construits par la Société Industrielle des Téléphones aussi bien pour batterie centrale et circuit secondaire que pour circuit primaire ;

3° Une autre forme de microphone Bailleux, avec grille ajourée, pour appareils domestiques ;

4° Une autre forme de microphone Bailleux, dit « blindé », pour appareils combinés à main, convenant pour appareils à grande distance et pour appareils domestiques ;

5° Un appareil combiné Bailleux-Ader, avec cornet recourbé, pour grandes distances ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

6° Un appareil combiné Bailleux-Ader, à microphone blindé, pour circuit secondaire ;

7° Un appareil Bailleux à circuit secondaire, d'un des modèles admis sur les réseaux de l'État français. Cet appareil est construit en matière moulable, comme la plupart de ceux que fabrique la Société Industrielle des Téléphones, qui obtient ainsi des appareils indéformables par les variations de température, très élégants, grâce à la diversité des couleurs obtenues ;

8° *Un poste téléphonique* en matière blanche muni d'un appareil combiné Bailleux-Ader, également d'un modèle admis sur les réseaux de l'État français ;

9° Un appareil Bailleux à circuit secondaire pour usages domestiques, également en matière moulée de couleur ;

10° Un appareil Bailleux à circuit primaire pour usages domestiques en matière moulée ;

11° Des organes de « Multiples », savoir : un annonciateur à relèvement automatique ; une bande de jacks à dérivations pour multiple d'une capacité de 10 000 abonnés ; une bande de signaux lumineux pour même capacité ; une bande de jacks généraux pour 20000 abonnés ; une fiche pour ces jacks ; une bande de jacks et signaux lumineux correspondants ; une bande de clés d'appel et d'écoute ; une bande comportant : une clé d'écoute, une clé d'appel à double effet, un signal lumineux.

Poste téléphonique haut-parleur, type Gaillard et Ducretet.

Ce téléphone haut-parleur à appel direct est destiné aux endroits bruyants ; il est très employé dans la Marine pour la transmission des ordres.

Un seul transmetteur peut actionner simultanément six postes récepteurs.

Le téléphone est pourvu d'un microphone multicellulaire puissant dont les cloisons en étoffe mince évitent le tassement et le mélange des grains de charbon. Un petit commutateur permet de faire varier le nombre d'accumulateurs en service depuis 1 jusqu'à 5, suivant l'intensité du son que l'on veut produire, de telle sorte que l'appareil peut être employé indifféremment comme téléphone haut-parleur ou ordinaire.

Téléphone haut-parleur Siemens et Halske.

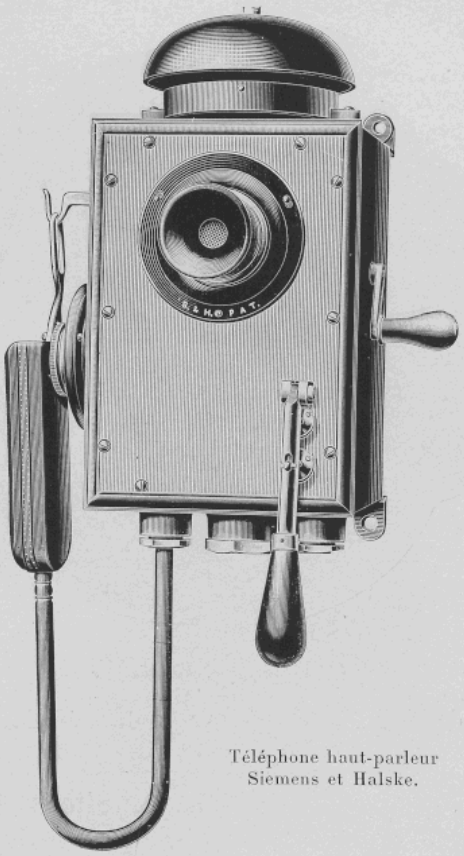
Le téléphone haut-parleur est employé dans presque toute l'industrie ; c'est ainsi que dans les mines on l'emploie pour transmettre les ordres depuis le fond du puits à la recette du jour ou à la salle des machines, ou réciproquement. Il est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

employé dans les gares de marchandises et surtout dans la marine, où il remplace avantageusement le porte-voix.

Le poste, perfectionné, porte deux pavillons latéraux servant surtout dans les locaux où un bruit continuel empêcherait d'entendre. Il se distingue du poste simple en ce qu'il est muni de deux bras mobiles portant chacun un téléphone. Dans la position verticale des bras, les deux téléphones communiquent avec le porte-voix supérieur que l'on emploie au commencement de la conversation. Si, par suite du bruit extérieur, la communication devient difficile, on rabat les deux bras et l'on approche les récepteurs des oreilles, ce qui supprime l'influence du bruit extérieur.

Ces téléphones transmettent des sons assez forts pour que l'on puisse les entendre à quelques mètres.



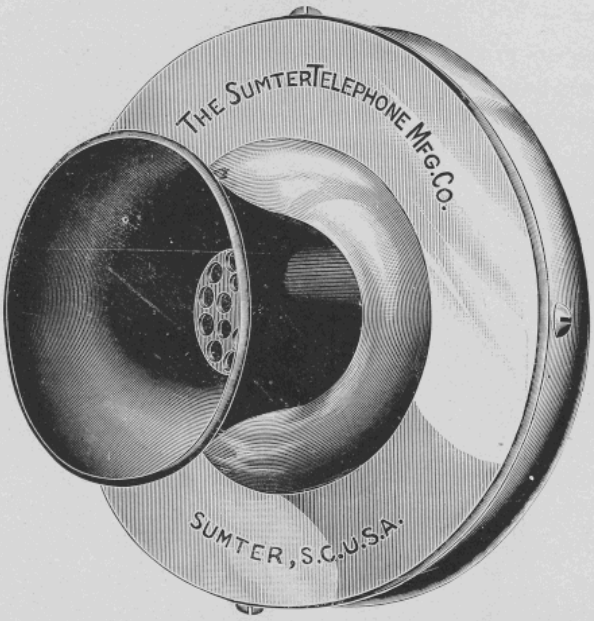
Téléphone haut-parleur Siemens et Halske.

Transmetteur téléphonique Sumter.

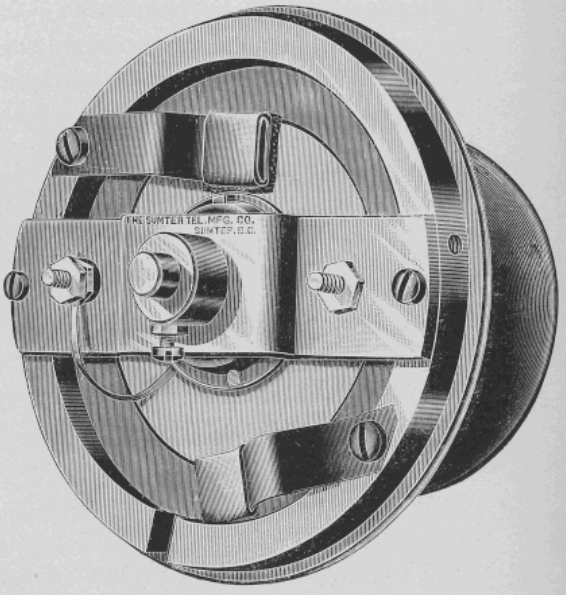
Ce transmetteur appartient au type dénommé « solid-back » très répandu aux États-Unis. Son succès tient à ce que le microphone peut supporter pendant longtemps un courant intense sans s'échauffer, et que la poussière des granules ne vient pas se tasser et former un matelas amortisseur. Le disque qui reçoit les ondes vibratoires est généralement en aluminium; il est recouvert sur une partie de sa surface par un anneau de caoutchouc et est maintenu appliqué contre le boîtier par deux ressorts, vus sur la face d'arrière de la figure, munis eux-mêmes d'amortisseurs en caoutchouc. On voit également, à l'arrière, un petit boîtier solidement fixé sur un pontet. Dans ce boîtier, isolé intérieurement, viennent se loger deux disques sur lesquels sont assujetties les électrodes de charbon; le disque d'arrière est vissé sur le fond du boîtier, tandis que l'autre porte une tige filetée qui s'engage d'abord à travers un disque de mica, et un second boîtier fileté qui vient serrer le mica sur les bords du premier boîtier, et clore ainsi la chambre des électrodes, puis se fixer sur le disque d'aluminium au moyen d'un écrou. L'espace entre les deux électrodes est rempli de granules de charbon. Ce dispositif transmet intégralement toutes les vibrations reçues par la plaque à l'électrode antérieure qui se meut librement dans le boîtier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans la vue de face du microphone on aperçoit une plaque d'ébonite perforée



Transmetteur, vue de face.



Transmetteur, vue d'arrière.

destinée à empêcher toute détérioration du disque d'aluminium.

Transmetteur téléphonique Kellogg.

Le transmetteur Kellog, très employé également aux États-Unis, est en quelque sorte un « solid-back » renversé. Le boîtier, au lieu d'être fixé sur le pontet arrière comme dans le solid-back, fait partie intégrante du diaphragme d'aluminium qui est estampé de façon à former une cuvette cylindrique en son centre. Cette cuvette contient les électrodes et les granules de charbon, comme le « solid-back » et est fermée par un disque de mica qui est serré entre deux disques de plus petit diamètre en laiton et une vis qui s'engage dans le pontet. Dans l'appareil de Kellogg, tout le boîtier vibre et l'électrode arrière est fixe, tandis que dans les appareils de la Compagnie Bell et ceux de Sumter c'est l'inverse qui a lieu. M. Kellogg réclame, comme avantages de son appareil, d'exiger moins d'énergie, de ne pas produire de « crachements » lorsque l'on parle trop fort, d'être moins troublé par les bruits et vibrations extérieurs.

Récepteurs téléphoniques.

Les récepteurs téléphoniques ne présentent pas de particularités bien remarquables. Ils sont généralement bipolaires; néanmoins, la Compagnie Bell en emploie encore d'unipolaires. Ils sont montés de telle sorte que l'ensemble puisse

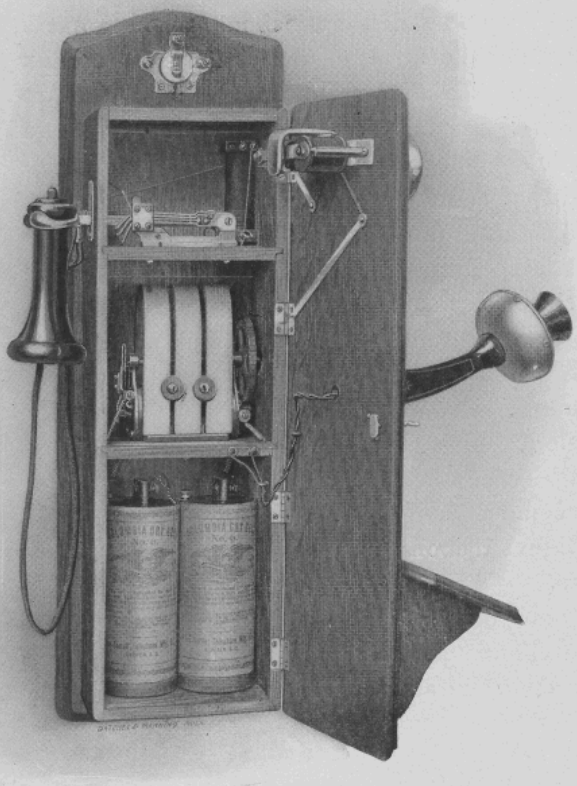
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se dilater librement sans que les positions relatives du diaphragme et des électros ne varient.

Les appareils les plus employés sont ceux de l'*American Bell Telephone Company*, de la *Western Electric C°*, de la *Kellogg Switchboard and Supply C°*.

Système de transmission avec batterie centrale.

L'inconvénient, résultant de l'entretien fréquent des piles chez l'abonné, a fait abandonner depuis longtemps aux États-Unis les piles d'appel ; elles ont été rem-



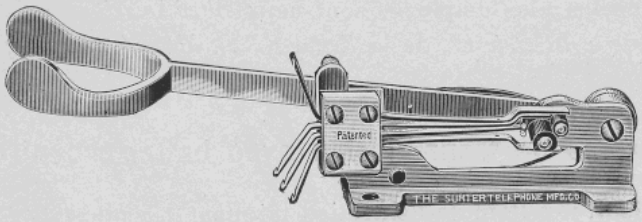
Poste mural Sumter.

Poste téléphonique Sumter.

placées par des magnétos, mais ces appareils ne sont pas sans présenter eux-mêmes quelques inconvénients ; d'abord ils coûtent cher et constituent par là l'immobilisation d'un capital important, puis l'abonné n'aime pas tourner plus ou moins longtemps la manivelle de sa magnéto. Ces considérations ont amené la suppression du système d'appel de chez l'abonné et sa concentration au Bureau central. Restait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

encore la batterie du microphone dont l'entretien chez l'abonné était onéreux et une cause fréquente de dérangements chez l'abonné. On fut naturellement amené à



Crochet de support de récepteur.

tout concentrer au Bureau central et ce système fut appelé « système de la batterie centrale ».

Système Stone. — Le système le plus répandu est celui de John S. Stone, introduit en 1892. Les transmetteurs et récepteurs des deux abonnés sont montés en tension formant un circuit fermé ; au Bureau central, en dérivation sur les deux fils de ligne, on branche la batterie, en ayant soin d'intercaler aussitôt la batterie, et sur chaque pile une bobine d'impédance. Ces bobines, de faible résistance, ne gêneront en rien le passage du courant de la pile et empêcheront, au contraire, toute dérivation du courant pulsatoire produit par la voix à travers la batterie.

Un nombre quelconque de lignes d'abonnés peuvent être montées sur la même pile, à la condition de disposer une bobine d'impédance sur chaque conducteur reliant la batterie en dérivation sur le circuit des abonnés.

L'inconvénient qui résulte de ce montage est que si le circuit d'un abonné est très résistant et l'autre fort peu, les intensités du courant seront très différentes, trop forte dans l'un, trop faible dans l'autre.

Système Kellogg. — Dans le système Kellogg, cet inconvénient a été évité ; au lieu de monter une seule batterie en dérivation sur le circuit fermé des deux abonnés, on en monte deux, chacune comme si elle était seule avec ses bobines d'impédance, et on intercale sur les lignes d'abonnés, entre les points d'alimentation des batteries, deux condensateurs.

Chaque batterie agit séparément pour desservir son abonné puisqu'elle est coupée de l'autre batterie et de l'autre abonné par les condensateurs, tandis que les condensateurs n'opposent aucun obstacle aux courants téléphoniques. Ce dispositif est dû à M. W. A. Taylor.

Procédés d'appel dans le système de la batterie centrale.

Dans la pratique américaine, il suffit de décrocher le récepteur pour produire un signal au Bureau central, tel que la chute d'un annonciateur qui est relevé, automatiquement ou non, par l'introduction du plot dans le jack, et qui retombe à nouveau quand le récepteur est reposé sur son crochet. Ce système, d'application facile avec les piles locales, ne pouvait être réalisé avec la batterie centrale ; néanmoins, il ne fallait pas changer les habitudes de l'abonné. La difficulté a été très habilement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

surmontée par M. J. J. O'Connell, de Chicago, en insérant une petite lampe à incandescence dans le circuit de chaque abonné : la lampe brille tant que le récepteur est décroché. Néanmoins, ce système, éminemment simple, donna au début quelques déboires parce que les lampes n'étaient pas de bonne fabrication et qu'elles ne résistaient pas aux variations de voltage provenant des inégalités de résistance des lignes et des courts-circuits des lignes aériennes.

On adjoignit alors au Bureau central un relais pour chaque lampe, qui fermait leur circuit sur une batterie à voltage constant. Ce dispositif donna d'excellents résultats, le seul inconvénient est celui de la dépense et de l'entretien d'un appareil de plus.

Le fonctionnement des signaux lumineux est le suivant : en décrochant son récepteur, l'abonné A allume au Bureau central une lampe dite « lampe de ligne » ; la téléphoniste insère son plot dans le jack de A et, tout en se mettant en contact avec l'appelant A, elle substitue une lampe de contrôle à celle de ligne ; puis elle met son plot dans le jack de l'abonné B et le sonne ; à ce moment, la lampe de contrôle du plot d'appel est éteinte, mais dès que l'abonné B décroche son récepteur la lampe de contrôle de l'appelé B s'allume, et les lampes de contrôle de A et de B restent ainsi allumées tant que les abonnés sont en communication. Dès que l'un d'eux raccroche son récepteur, la lampe correspondante s'éteint. Si la téléphoniste s'aperçoit que l'autre lampe reste allumée, c'est que cet abonné désire une autre communication.

Les lampes employées pour cet usage sont de fort petites dimensions ; elles sont constituées par un tube de verre de 7 millimètres de diamètre, scellé à la partie inférieure, et muni latéralement de deux pièces de cuivre qui viendront glisser entre deux lames élastiques de la monture. Elles fonctionnent généralement sous 24 volts, mais on tend à élever le voltage et plusieurs installations emploient 48 volts. Après avoir été introduites dans leur support tubulaire, le sommet des lampes est surmonté d'une petite lentille de couleur à facettes.

Ces lampes paraissent avoir une durée de 500 à 600 heures, de sorte que les lampes de ligne dureront environ une dizaine d'années et celles de contrôle des plots un an ou dix-huit mois.

Dans d'autres dispositifs très communément employés, l'opération se fait de la façon suivante : un abonné désirant une communication soulève le récepteur du crochet et éclaire ainsi la lampe de ligne. En réponse, l'opérateur insère un plot de réponse dans le jack, coupant ainsi les deux côtés du circuit du signal normal sur le jack, et établissant les connexions à travers le circuit du cordon du plot. Étant donné que l'abonné a retiré le récepteur du crochet, le relais est actionné et, par suite, la lampe de contrôle n'est pas allumée. En manœuvrant sa clef de communication, la téléphoniste monte en dérivation son téléphone sur le côté d'appel du circuit du cordon à plot et peut entrer en conversation avec l'abonné appelant, et reçoit le numéro désiré ; elle insère alors le plot d'appel dans le jack et appuie sur une autre clef qui ferme le circuit de sonnerie chez l'appelé. Aussitôt que le plot d'appel a été inséré dans la ligne de l'appelé, la lampe de contrôle s'éclaire puisque le récepteur étant sur son crochet il ne passe aucun courant dans le relais de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lampe de contrôle; dès que l'appelé répond en soulevant son téléphone, le relais fonctionne et la lampe s'éteint.

La conversation terminée, l'abonné raccroche son téléphone, la lampe de contrôle s'illumine à nouveau sous l'action du relais, et dès que les deux lampes de contrôle sont allumées, la téléphoniste retire les cordons de communication.

Appel de l'abonné. — Dans le système de la batterie centrale, le procédé d'appel le plus simple consiste à monter en dérivation sur les lignes, à leur entrée au poste d'abonné, une sonnerie de résistance très élevée, telle que 10 000 ohms; mais il présente l'inconvénient de dépenser en pure perte un courant permanent, très faible il est vrai, venant de la batterie centrale, à travers les sonneries d'abonnés. On a remédié à cet inconvénient en intercalant un condensateur en tension avec la sonnerie, dont la résistance n'est plus qu'à 1 000 ohms.

Mais alors le récepteur est toujours traversé par un courant continu, lorsque l'on fait usage de l'appareil et il s'ensuit une désaimantation de l'aimant permanent, ou une attraction trop forte du diaphragme.

Le système employé par le C^ie^ Bell et plusieurs compagnies indépendantes est celui de la *Western Electric C^o^*.

Dans le système décrit précédemment, le récepteur est remplacé par le primaire d'une bobine d'induction, tandis que le secondaire et le récepteur sont montés en tension entre eux, et en dérivation entre un point commun avec le secondaire et le point commun de la sonnerie et du condensateur. Par ce dispositif, le récepteur n'est traversé que par les courants pulsatoires, et l'action affaiblissante de la self-induction de la bobine est annulée par le condensateur. Le primaire de la bobine a 17 ohms et présente 1 700 tours de fil, tandis que le secondaire a 30 ohms et 1 400 tours de fil. La sonnerie a généralement 1 000 ohms et le condensateur 2 microforads.

Dans le système Kellogg, on retrouve encore une sonnerie et un condensateur reliés en tension et montés en dérivation sur la ligne, le circuit comprenant le crochet dans sa position abaissée; à ce moment le récepteur, qui est monté entre le pivot du crochet et le condensateur, se trouve shunté par une connexion allant du condensateur à un contact avec le crochet dans la position basse. Quand le crochet s'élèvera, il quittera les deux contacts de sonnerie et de shunt et établira la continuité de la ligne à travers une bobine d'impédance et le transmetteur. La bobine d'impédance sert à créer un shunt sur le circuit du récepteur, pour que l'abonné ne soit pas gêné par les émissions de courant envoyées, à la sonnerie, si le Bureau central sonne encore quand l'abonné porte son récepteur à l'oreille.

Tableau multiple pour système à batterie centrale.

Dans les tableaux multiples en usage avec les batteries centrales, on s'est évertué à réduire le plus possible le nombre de contacts des plots avec les jacks et le nombre des fils.

Les tableaux multiples des C^ie^ Bell, qui sont fabriqués par la *Western Electric C^o^*,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ne comportent que 3 contacts par jack. Trois fils, particuliers pour chaque ligne, s'étendent à travers le tableau du multiple et sont reliés respectivement aux trois contacts de chaque jack appartenant à cette ligne. Ces contacts sont constitués par une bague et deux ressorts qui s'appuient sur deux parties isolées du plot. Au Bureau central, la ligne est reliée respectivement aux deux ressorts de chaque jack de réponse ou de multiple, qui mettent les deux fils de ligne en communication

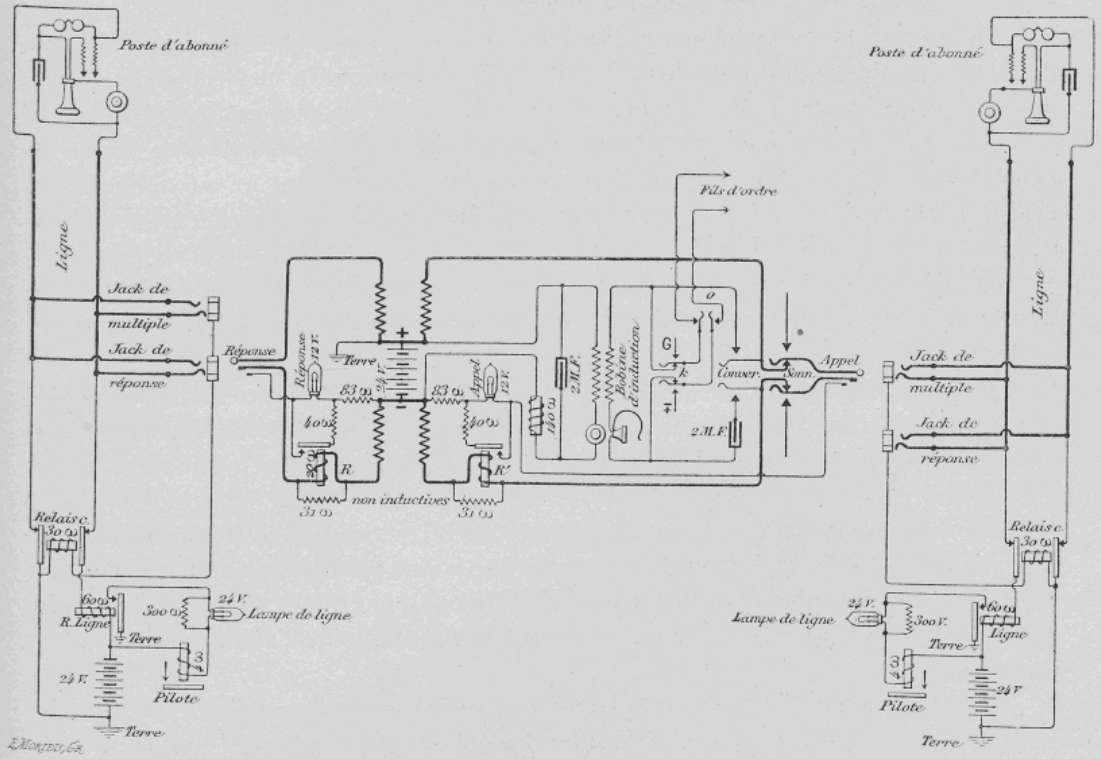


Schéma des communications de deux postes d'abonnés reliés par un tableau central dans le système à batterie centrale.

avec deux contacts du relais C. Ces contacts sont, au repos, appuyés contre des armatures reliées l'une à la borne de terre de la pile, l'autre au pôle opposé de la pile, à travers la bobine du relais L. L'enroulement du relais C est compris dans un circuit allant de la borne de terre de la pile à toutes les bagues des jacks appartenant à la ligne de l'abonné. Le relais de ligne L se trouve, par suite, toujours prêt à fonctionner sous l'envoi d'un courant dans la ligne, et à allumer la lampe de ligne, ce qui se produira quand l'abonné décrochera son récepteur.

Le relais C est uniquement sous le contrôle de la téléphoniste ; il sert à rendre indépendants des mouvements du crochet, le relais et la lampe correspondante.

Pour rendre plus claire la lecture du diagramme des connexions, les circuits des deux ressorts du jack ont été représentés par des traits plus gros (ce diagramme est emprunté au remarquable ouvrage de M. Miller). Le troisième contact de chaque plot est relié à travers le signal de contrôle, au côté non mis à la terre de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

batterie, tandis que les deux autres contacts sont connectés à la batterie qui est montée entre les deux moitiés de l'enroulement de réponse de la bobine de répétition. De la même manière, les contacts du plot d'appel sont montés en tension avec les deux autres moitiés de la bobine de répétition. La batterie est commune au deux plots.

Il y a une bobine de répétition par paire de cordon et de plot; et les 4 enroulements sont faits sur le même noyau.

En suivant les connexions, on voit que quand un courant passe dans les conducteurs principaux des plots, les relais R et R′ sont actionnés et ferment le circuit des lampes de contrôle, de réponse et d'appel. Quand un plot est inséré dans un jack, le relais, dès qu'il est actionné, ferme un shunt de 40 ohms sur la lampe et empêche son illumination, et c'est l'abonné en levant son récepteur qui actionne ce relais. Tant que le récepteur sera sur le crochet, le relais de contrôle ne sera pas actionné et la lampe brillera.

La téléphoniste a à sa disposition une clef de sonnerie et une clef de conversation dont le fonctionnement est facile à comprendre par le diagramme. Son propre poste comporte en outre un microphone, un récepteur de tête, une bobine d'induction, un condensateur de 2 microforads et une bobine d'impédance ; il est alimenté par la même batterie que les relais. En outre, une clef lui permet, au moyen des fils d'ordre, d'entrer en communication avec un autre opérateur du même bureau ou d'un autre.

Enfin on remarquera sur le diagramme un relais marqué « pilote » en série avec les lampes de ligne. Il sert à allumer une lampe spéciale, plus forte ou d'une couleur différente, placée dans un endroit bien visible. Elle s'allume chaque fois qu'une lampe de ligne est mise en service et, par suite, attire l'attention de la téléphoniste.

Ce système de tableau multiple en connexion avec l'emploi de la batterie centrale est le plus répandu, et le fait qu'il a été adopté par les C^ies^ Bell pour tous leurs bureaux est une indication de la sûreté de son fonctionnement.

Lignes d'intercommunication.

Quand tous les abonnés ne peuvent être réunis dans un même bureau, il faut néanmoins que les communications entre abonnés puissent s'établir comme s'ils appartenaient à un même bureau. A cet effet, les bureaux sont reliés entre eux au moyen de lignes d'intercommunications; mais ces lignes ne sont utilisées que dans un seul sens, c'est-à-dire que certaines lignes servent à envoyer des communications d'un premier bureau à un second bureau, et d'autres servent à envoyer des communications de ce second bureau au premier. C'est ainsi que les départs de ces lignes se font à des jacks situés devant l'opérateur, tandis que les arrivées se terminent à des plots spéciaux.

Les téléphonistes, au moyen des fils d'ordre mentionnés dans le tableau mul-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tiple, communiquent avec leurs collègues des autres bureaux et les chargent d'établir la communication qu'elles ont préparée de leur côté.

Les extrémités des lignes d'intercommunication sont pourvues de relais et de lampes qui s'allument dès que l'on introduit le plot et jusqu'à ce que la communication soit établie, puis s'éteint à ce moment, pour se rallumer quand l'abonné raccroche son récepteur.

Les deux systèmes d'intercommunication avec sonnerie automatique, les plus employés aux États-Unis, sont ceux de la *Western Electric C°* et de la *Kellogg C°*.

Système multiple divisé.

Le nombre d'abonnés desservis par un multiple est limité par l'espace occupé par les jacks. Quand on fait usage de jacks de 12 millimètres, le nombre est limité à 6000 lignes. Avec des jacks de 7,5 millimètres on peut atteindre 18000 lignes, et avec des jacks de 6 millimètres, 24000 lignes; mais dans ces deux derniers cas la construction et la manœuvre deviennent très difficiles. Pour remédier à cela, M. Milo G. Kellogg a imaginé le système multiple divisé, qui comporte généralement 4 groupes. Par ce système, un abonné peut appeler directement le groupe auquel appartient l'abonné avec lequel il désire communiquer. De cette façon, la capacité d'un bureau sera quadruplée, ou à peu près tout au moins, et un bureau de 24000 lignes pourra être porté à 96000 lignes.

Ce système a été adopté par la *Kinloch Telephone C°*, à Saint-Louis (Missouri), et par la *Cuyahoga Telephone C°*, de Cleveland (Ohio); mais dans cette dernière ville ce système a été tout récemment remplacé par un multiple et lignes d'intercommunication.

Systèmes à postes embrochés.

Lorsque plus de deux abonnés sont desservis par une même ligne, on dit que les postes sont embrochés. Ce système, dit *party line*, a reçu un certain nombre d'applications aux États-Unis. Il comporte deux classes : 1° les sonneries de tous les abonnés sont dépendantes, et alors on doit convenir d'un code d'appel pour prévenir tel ou tel abonné;

2° Les sonneries sont indépendantes.

Les appareils de cette seconde classe sont particulièrement intéressants. Ils emploient soit des courants de sens déterminé, soit des courants de fréquences différentes.

Le système à 4 postes de la *Kellogg C°* a été récemment imaginé par M. W. W. Dean et a été appliqué par la *Frontier Telephone C°* de Buffalo, où il donne de très bons résultats.

Dans ce système, on fait usage de courants alternatifs ayant les fréquences sui-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vantes : 2 000, 4 000, 6 000 et 8 000 périodes par minute. Ces courants sont fournis par 4 générateurs solidaires avec un moteur à vitesse constante. Les sonneries des 4 abonnés sont pourvues chacune d'un marteau de masse différente, susceptible de vibrer synchroniquement avec le courant qui sera envoyé dans l'électro polarisé. Le courant d'une fréquence donnée agira donc sur une seule sonnerie, comme si elle était unique sur le circuit.

Des condensateurs et des bobines d'impédance convenablement réglés rendent indépendants les appareils.

Téléphone automatique Strowger.

Le téléphone automatique Strowger, exploité par l'*Automatic Electric Company*, de Chicago, est à l'heure actuelle le système de téléphonie automatique le plus perfectionné. Ce système date de près de 15 ans; mais ce n'est guère qu'à la suite de très importantes modifications apportées dans ces trois dernières années qu'il est devenu réellement pratique et industriel. Les premiers bureaux installés à Fall-River (Mass.), New-Bedford (Conn.), Chicago (Ill.) laissaient quelque peu à désirer, tandis que ceux plus récents de Grand-Rapids (Mich.) et de Dayton (Ohio) peuvent rivaliser avec les meilleurs bureaux de la Compagnie Bell.

Lorsqu'un abonné désire entrer en communication avec un autre, il décroche d'abord le téléphone-récepteur, puis il envoie au Bureau central un certain nombre d'émissions de courant, par un procédé décrit plus loin; là des relais commandent une série d'interrupteurs qui établissent la communication avec le poste désiré; ceci fait, l'appelant sonne son correspondant et se met en relation avec lui. Quand la conversation est terminée, il suffit de raccrocher les récepteurs et, de ce fait, tous les interrupteurs du Bureau central reviennent à la position de repos.

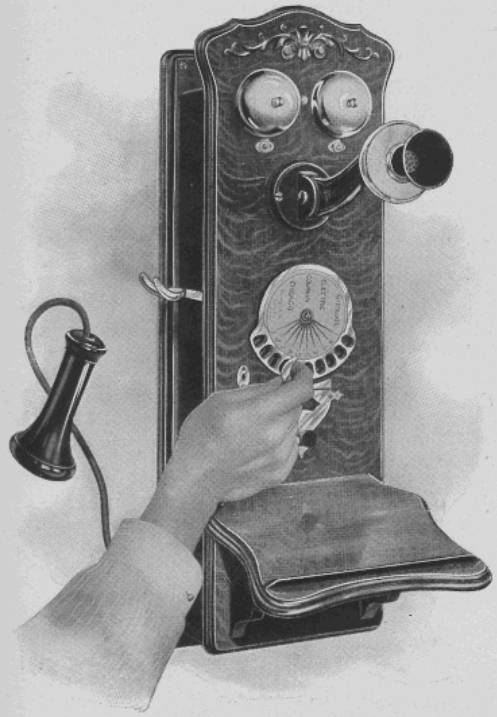
L'émission de courants se fait de la façon suivante :

L'abonné introduit successivement son index dans des ouvertures numérotées de 0 à 9 pratiquées dans un disque circulaire monté sur le poste; c'est ainsi que s'il veut appeler le numéro 761, il introduit son doigt dans l'ouverture n° 7 et fait tourner le disque jusqu'à ce que son doigt vienne buter contre un arrêt que l'on peut voir au-dessous du disque dans la figure ci-contre; il dégage ensuite son doigt et laisse le disque revenir de lui-même à sa position primitive. L'abonné exécute ensuite une opération analogue en plaçant son doigt dans les ouvertures 6 et 1. Le disque, en revenant en arrière, établit une succession de contacts qui relient l'un des deux fils de ligne avec une batterie locale, la terre et des relais au Bureau central qui commandent une série d'interrupteurs appelés « sélecteurs » et « connecteurs ».

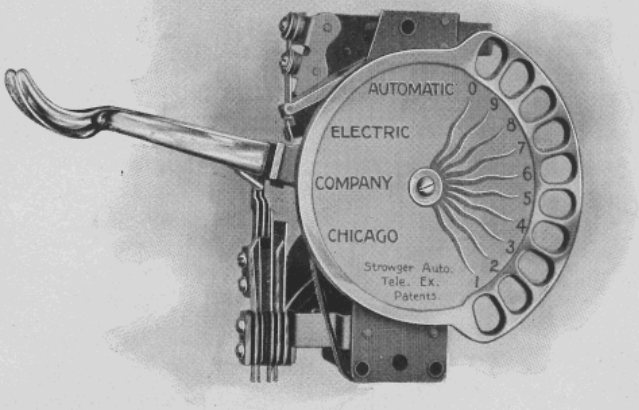
Lorsque le bureau dessert moins de 100 abonnés, il est fait usage seulement de sélecteurs. L'un de ces appareils est représenté par les 3 figures ci-contre. Il se compose de 6 relais placés sur la moitié supérieure : deux de ces relais sont reliés aux deux fils de ligne, les autres sont des relais locaux dont l'action sera expliquée plus loin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La moitié inférieure comprend trois groupes de bancs de contacts. Les deux groupes inférieurs sont constitués par 5 rangées de 10 paires de contacts, tandis que le groupe supérieur comporte 10 rangées de 10 de contacts. Les premiers groupes s'appellent « groupes de sélection » et servent à relier les lignes d'abonnés entre elles ; le 3e est dénommé « groupe privé » et sert, notamment, à indiquer à l'abonné si la ligne est occupée ou non. Pour simplifier, on considérera seulement les premiers pour le moment.



Poste mural de l'Automatic Electric Co.



Appareil d'appel de l'Automatic Electric Co.

Ces groupes ont la forme d'arcs de cercle et sont empilés les uns au-dessus des autres, formant ainsi une portion cylindrique. Suivant l'axe de ce cylindre, une tige peut recevoir un mouvement de rotation au moyen d'un autre relais. Cet arbre porte 3 paires de bras pouvant venir établir des communications avec les paires de contacts des bancs des 3 groupes.

Au premier mouvement d'élévation, le bras inférieur vient à la hauteur de la rangée inférieure du groupe inférieur; au second mouvement, ce bras vient entre la 1re et la seconde rangée de ce groupe, tandis que le 2e bras vient en regard de la 1re rangée du 2e groupe, et ainsi de suite. On a divisé les contacts de ligne en deux groupes, de façon à donner plus d'espacements entre les différentes rangées de contact.

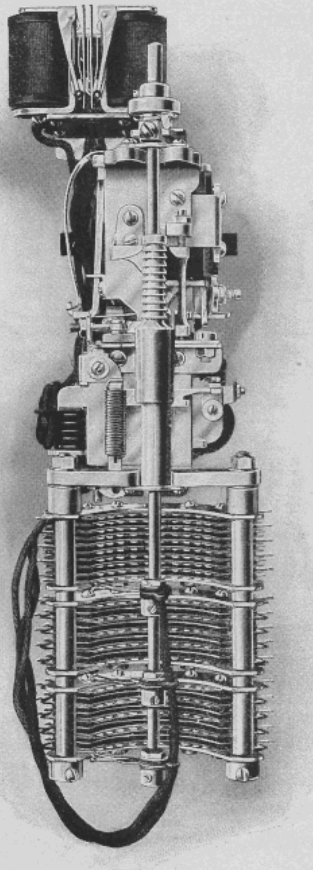
Quand l'abonné veut entrer en communication avec le n° 76, le premier mouvement du disque amène, coup par coup, l'un des deux bras inférieurs à hauteur de la rangée de contacts correspondant à la 7e dizaine, puis le second mouvement envoie le courant sur l'autre fil de ligne et à l'électro de rotation : le bras vient successivement en communication avec les contacts de la 7e dizaine et s'arrête sur le 6e. La

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

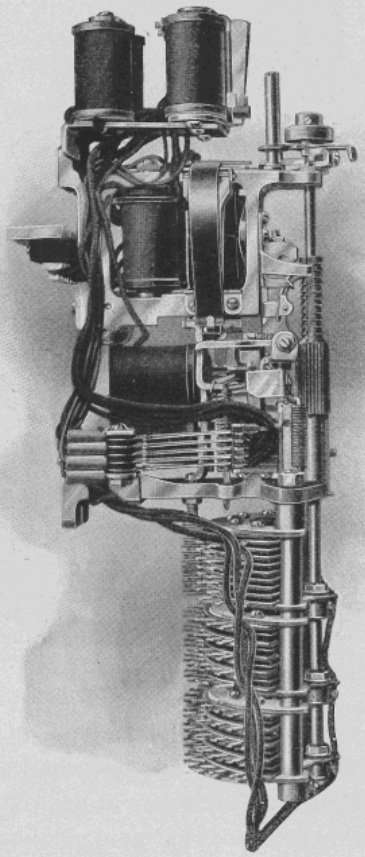
communication se trouve alors établie entre les deux abonnés. En raccrochant l'un des récepteurs téléphoniques, un contact se produit, l'axe est déclenché et tout revient à la position de repos.

Si au lieu d'envisager un bureau de moins de 100 abonnés on considère un poste plus important, le problème est beaucoup plus compliqué.

Dans le cas d'un bureau comprenant un nombre d'abonnés de plusieurs mil-



Commutateur, vue de face.



Automatic Electric C°. Commutateur, vue de côté.

liers, 10000 par exemple, on a recours à des interrupteurs-sélecteurs de 1er ordre et de 2e ordre, puis à des connecteurs; ces derniers font l'office des sélecteurs ordinaires qui ont été examinés dans le cas de l'abonné communiquant avec le n° 76 ci-dessus.

Les sélecteurs de 1er ordre et de 2e ordre sont de construction analogue au sélecteur ordinaire décrit précédemment, mais leurs bancs de contacts sont couplés entre eux à l'instar des jacks dans les tableaux multiples des bureaux centraux téléphoniques. C'est ainsi que le 1er contact de la 1re rangée du 1er sélecteur est relié au 1er contact de la 1re rangée du 2e sélecteur, puis au 1er contact de la 1re rangée du 3e sélecteur, et ainsi de suite. En somme, tous les premiers contacts sont reliés

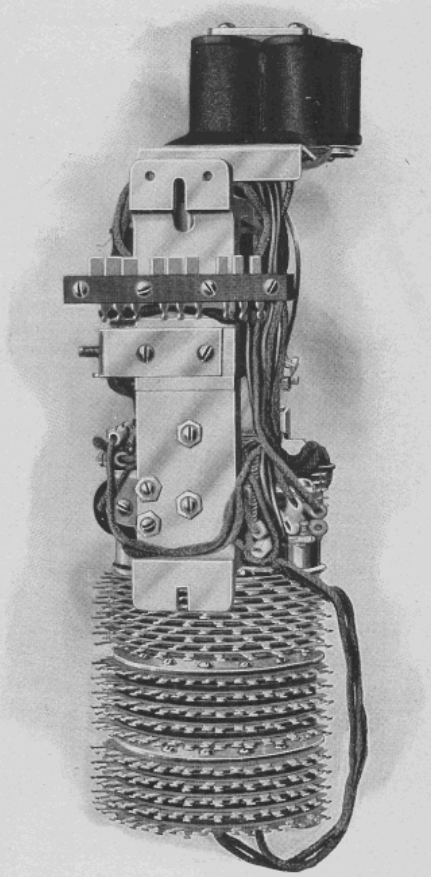
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

entre eux, et par une ligne dite « trunk » à l'axe d'un 1er sélecteur de second ordre; tous les deuxièmes contacts des sélecteurs de 1er ordre sont reliés entre eux et par une 2e trunk ligne à un 2e sélecteur de second ordre, et ainsi de suite, tous les 10e contacts de la 1re rangée sont réunis entre eux et par une 10e trunk ligne à un 10e sélecteur de second ordre. Des couplages analogues sont effectués entre les contacts des 2e, 3e, 4e..... 9e et 10e rangées des sélecteurs de 1er ordre aux axes des sélecteurs de second ordre. Il y a donc 100 files de contacts reliées à 100 trunks lignes.

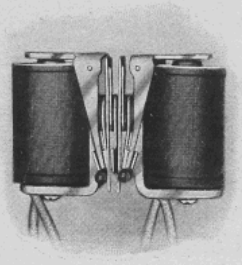
Si donc le bureau dessert 9999 abonnés, il y aura 9999 sélecteurs de 1er ordre et 100 sélecteurs de second ordre.

Mais pour simplifier l'installation on partage ces 10000 abonnés en 10 groupes de mille sélecteurs de 1er ordre, et chacun de ces 10 groupes agit comme s'il était seul et est relié à 100 sélecteurs de second ordre.

Il est bien entendu qu'en disant dans tout ce qui précède, comme dans tout ce qui suit « contact-», il faut comprendre « paire de contacts »,



Commutateur, vue d'arrière. Automatic Electric Ce.



Relais.

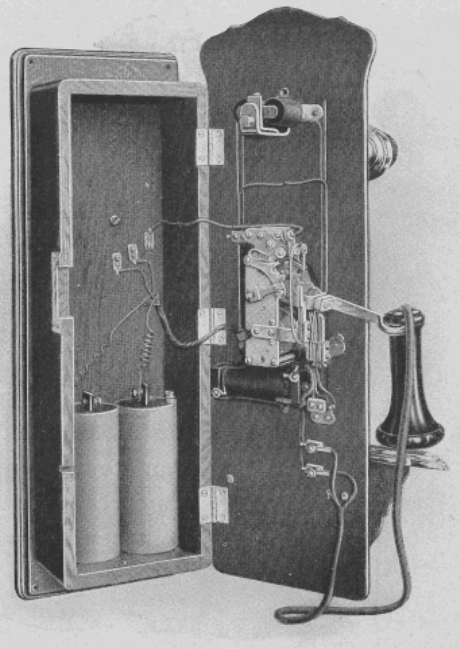
puisque toutes les communications s'effectuent à double fil. Enfin, pour simplifier, on peut considérer que les deux groupes inférieurs de bancs de contacts d'un sélecteur n'en font qu'un, et qu'il n'y a qu'un seul bras de communication, puisque c'est uniquement pour rendre la construction plus facile que l'on a réparti les contacts en deux groupes.

Les sélecteurs de 2e ordre peuvent s'appeler sélecteurs des mille, car c'est en introduisant le doigt dans le trou du disque correspondant au chiffre des mille du numéro avec lequel on désire communiquer, et en faisant tourner ce disque, que l'on envoie la première série de courants qui fait monter coup par coup l'axe du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sélecteur de l'appelant jusqu'à ce que le bras soit à la hauteur de la rangée du nombre de mille (5 par exemple si le numéro de la ligne appelée est 5376) du numéro avec lequel il veut correspondre.

Aussitôt arrivé à ce point, un relais fait tourner le bras qui vient en communication avec le 1er contact de sa rangée, et par la trunk ligne qui s'en détache avec le 1er sélecteur de second ordre de cette 5e rangée; si ce sélecteur est déjà occupé par



Poste mural de l'Automatic Electric Ce.

une autre communication, le bras poursuit son chemin jusqu'à ce qu'il rencontre un sélecteur de second ordre libre parmi les 10 reliés aux 10 contacts de la 5e rangée. Ce mouvement de rotation et d'arrêt sur un contact correspondant à un sélecteur de second ordre libre est contrôlé par le groupe de contacts supérieur du sélecteur et les 5 ressorts latéraux que l'on voit juste au-dessus et à gauche de ce groupe.

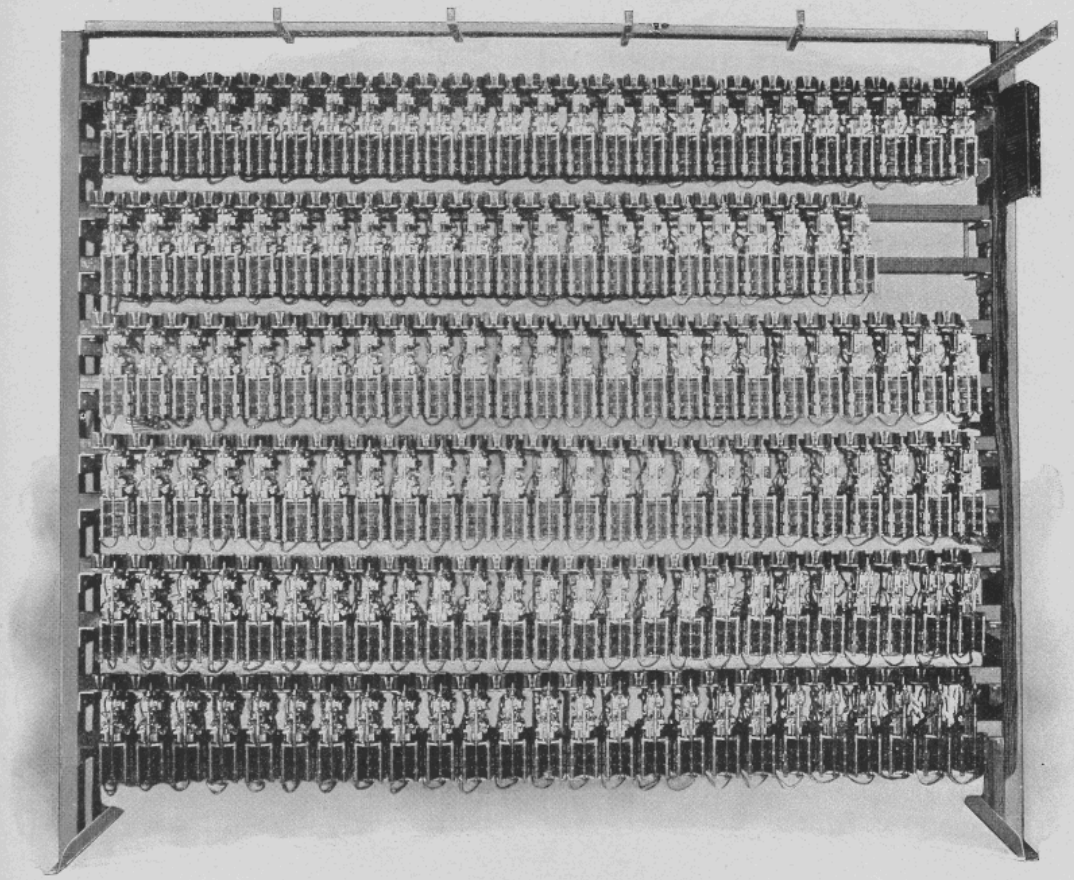
Les sélecteurs de second ordre sont donc au nombre de 100, puisque chacune des 10 rangées de contact des sélecteurs de 1er ordre comporte 10 contacts d'où partent de chacun d'eux une trunk ligne aboutissant à l'axe d'un sélecteur de second ordre. Il y a donc 10 sélecteurs de 2e ordre pour la 1re rangée de contacts des 1 mille, 10 pour la 2e rangée des 2 mille, 10 pour la rangée des 3 mille, et ainsi de suite.

Le bras du sélecteur de 1er ordre s'étant élevé jusqu'à la 5e rangée (dans l'exemple considéré) et s'étant arrêté sur un contact communiquant avec un sélecteur de 2e ordre libre, la ligne de l'appelant se trouve prolongée au travers du bras du sélecteur de 1er ordre auquel elle appartient, et une trunk ligne jusqu'à l'axe d'un sélecteur de 2e ordre de la 5e rangée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A ce moment, la seconde émission de courant envoyée par l'opérateur élève l'axe du sélecteur de second ordre jusqu'à la rangée des centaines à laquelle appartient le numéro de l'abonné appelé (3 dans l'exemple choisi), et l'arbre reçoit un mouvement de rotation qui amène le bras en communication avec un connecteur de la façon suivante :

Les contacts semblables des sélecteurs de 2e ordre sont reliés en multiple et



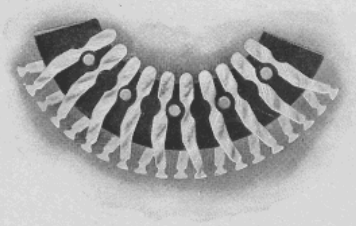
Châssis à 6 rayons. Automatic Electric Cº.

avec des trunks lignes aboutissant à l'axe des connecteurs, de sorte que les connecteurs jouent, par rapport aux sélecteurs de 2e ordre, le même rôle que ceux-ci par rapport aux sélecteurs de 1er ordre. Il y a donc également 10 trunks lignes par rangée de contacts des sélecteurs de 2e ordre aboutissant à l'axe de 10 connecteurs, soit 100 trunks lignes et 100 connecteurs pour les 10 rangées de contacts de sélecteurs de 2e ordre.

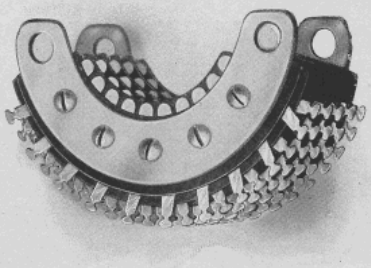
Le bras du sélecteur de 2e ordre pourra donc, dans son mouvement de rotation, choisir parmi les connecteurs reliés à la rangée de la 3e centaine, le premier qui sera libre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les connecteurs comportent également 10 rangées de 10 contacts réunis en multiple, mais au lieu d'être prolongés par des trunks lignes, les files de contacts sont continuées par les lignes d'abonnés appartenant à la centaine du groupe des

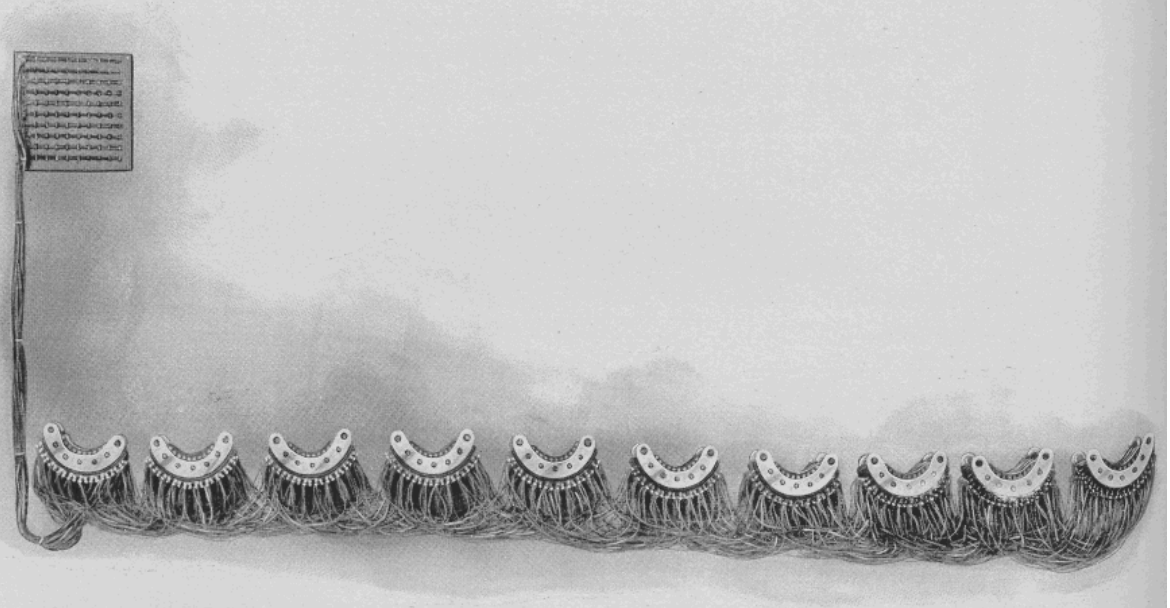


Rangée élémentaire d'un banc.



Banc détaché.

connecteurs considérés. Ainsi toutes les lignes d'abonnés, dont les numéros finissent par des chiffres compris entre 300 et 309, aboutissent aux 10 contacts de la



Groupement de 10 bancs à 10 contacts. Automatic Electric Cᵉ.

1re rangée du connecteur des 300, ceux compris entre 310 et 319 à la 2e rangée de ce connecteur, et ainsi de suite, ceux compris entre 390 et 399, à la 10e rangée du connecteur des 300.

Enfin, la 3e émission de courant par l'appelant élève l'axe du connecteur intéressé à hauteur de la rangée des dizaines et la 4e émission fait tourner le bras et l'arrête sur le chiffre des unités, comme cela a été expliqué au début pour le cas du nombre 76.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La ligne de l'appelant est donc continuée par l'axe et le bras d'un 1er sélecteur, une trunk ligne, l'axe et le bras d'un 2e sélecteur, une trunk ligne, l'axe et le bras d'un connecteur et la ligne de l'appelé.

Les figures ci-contre montrent comment sont constitués les bancs de contacts et comment ils sont assemblés.

De façon à bien dégager les points d'attache des fils sur les lames de contact, ces lames ont la forme de branches d'Y, disposées sur la rangée supérieure, à droite, et sur la rangée inférieure, à gauche; elles sont séparées entre elles par de la toile vernie à l'huile de lin cuite, et les différentes rangées sont cloisonnées par des arcs de cercle de fibre vulcanisée. L'ensemble est maintenu serré par deux semelles d'acier et des boulons qui traversent tout l'ensemble.

Les bancs de contacts sont ensuite reliés en multiple, comme le représente la figure ci-dessus, et sont fixés sur les bâtis des sélecteurs. Enfin ceux-ci sont montés sur des châssis.

La téléphonie automatique va-t-elle supplanter la téléphonie manuelle?

En présence du succès, contesté d'abord, affirmé ensuite, de la téléphonie automatique, cette question pouvait se poser. M. Kempster B. Miller l'a longuement développée dans une communication au Congrès d'Électricité de Saint-Louis. Le coût d'installation du système automatique est beaucoup plus élevé pour des bureaux d'importance moyenne que le système manuel. Ainsi pour un bureau de 5 000 lignes le coût de l'équipement automatique, y compris les téléphones, est de 175 francs par ligne individuelle, tandis qu'il n'est que de 125 francs pour le système manuel. Cette différence s'accentue pour des bureaux de moins d'importance, tandis qu'elle s'annule et même change de signe pour des bureaux de 20 ou 30 000 lignes.

Un des grands désavantages du système automatique est l'emploi de piles locales, tandis que chez les Compagnies employant le système manuel, la batterie centrale a depuis longtemps remplacé les piles locales. Il est vrai que depuis on est arrivé à faire de bien meilleures piles locales. Mais il ne paraît pas téméraire d'envisager des systèmes automatiques avec batteries centrales.

Les villes dans lesquelles fonctionnent le système de l'*Automatic Electric Company*, de Chicago, sont les suivantes :

Chicago, Ill.	New-Bedfort, Mass.	Saint-Mary's, Ohio.
Grand-Rapids, Mich.	Los-Angeles, Calif.	Woodstock, N.-B.
Columbus, Ohio.	San-Diego, Calif.	Westerly, R.-I.
Dayton, Ohio.	Hopkinsville, Ky.	Manchester, Iowa.
Lincoln, Neb.	Sioux-City, Iowa.	Princeton, N.-J.
Auburn, N.-Y.	Cleburn, Texas.	Albukerque, N.-M.
Lewistone, Maine.	Columbus, Ga.	Battle-Crick, Mich.
Auburn, Maine.	Augusta, Ga.	Van-Wert, Ohio.
Fall-River, Mass.	Medford, Wiss.	Portland, Maine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Téléphone semi-automatique Faller.

En 1902, M. Faller avait construit un très ingénieux appareil dans lequel toutes les opérations effectuées à la main sur un multiple étaient réalisées mécaniquement. Mais ce système, trop compliqué, fut peu de temps après remplacé par le système semi-automatique qui figurait à l'Exposition de Saint-Louis.

Dans ce système, le numéro demandé est transmis mécaniquement au Bureau central et l'opérateur n'a qu'à mettre le plot, indiqué par une lampe, dans le jack indiqué par une autre lampe. De cette façon, on supprime les causes d'erreurs si fréquentes d'un numéro mal prononcé ou mal compris, et celles d'une connexion fausse avec l'un des milliers de jacks qu'une téléphoniste a devant elle.

En aucun cas, l'abonné ne peut causer avec les opérateurs, et par conséquent ne peut les troubler ou les distraire dans leurs manipulations.

L'appareil pour envoyer le numéro demandé se compose d'une boîte contenant 4 roues des types, comme dans certaines machines à calculer. On amène à la main chaque chiffre composant le numéro en regard d'un repère, et quand le nombre est entièrement composé, on tourne un bouton qui déclenche la combinaison préparée et envoie une série d'émissions de courant au Bureau central.

L'abonné procède alors à la manière ordinaire. Si la ligne est occupée, l'abonné entend le bruit ordinaire — buzz — qui lui indique que la ligne est *busy*.

Le tableau ne diffère pas sensiblement des tableaux ordinaires. Il comporte deux panneaux verticaux; la partie inférieure de chaque panneau est occupée par les jacks de réponses et la partie supérieure par les jacks d'intercommunication (trunk-jacks). Les panneaux de réponse contiennent 200 jacks de réponse, et pour chaque jack deux lampes, une blanche et une rouge. La 1re est la lampe de ligne et la seconde la lampe d'indication de ligne.

Les panneaux d'intercommunication (trunking-panels) consistent en un certain nombre de groupes verticaux de jacks d'intercommunication, généralement 1 pour 100 de la capacité du système; chaque groupe vertical contient le nombre de jacks nécessaire pour assurer le service. Au-dessus de chaque groupe il y a une lampe commune au groupe. Il y a 3 plots pour chaque circuit de connexion : le plot de réponse, le plot d'intercommunication et le plot d'appel. Chaque circuit de connexion comporte 3 lampes : une lampe de disconnexion et deux ayant la fonction d'indiquer la connexion désirée sur la ligne d'intercommunication à laquelle elle appartient et aussi la fonction des lampes de contrôle.

Les signaux de réception indiquent l'envoi d'un appel par un abonné, et se traduisent par l'illumination de la lampe d'indication de ligne d'intercommunication et de la lampe d'indication de ligne.

Chaque ligne d'abonné a un relais qui actionne la lampe de ligne et la lampe-pilote à la façon ordinaire. Ces lampes et relais sont hors circuit pendant la conversation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dès que l'abonné raccroche son récepteur, les lampes de contrôle s'allument de nouveau, et s'éteignent dès que l'opérateur retire ses cordons de connexion.

Le système semi-automatique Faller était trop nouveau pour avoir déjà été sanctionné par la pratique, mais il ouvre la voie à un moyen de simplifier les multiples si encombrants et à diminuer les frais de personnel.

Taxes téléphoniques.

Les taxes téléphoniques pour communications à longue distance demandées par la *New-York Telephone C°* et la *New-York and Jersey Telephone C°* sont basées sur une durée de 3 minutes à partir du moment où les deux correspondants sont en communication. A titre d'exemple, voici les taxes de jour pour quelques grandes villes et New-York.

	Les 3 premières minutes.	Chaque minute supplémentaire.
Albany, N.-Y.	$ 1,50	0,30
Altoona, Pa.	2,00	0,60
Appleton, Wis.	6,25	2,00
Auburn, N.-Y.	1,50	0,50
Boston, Mass.	1,25	0,40
Bridgeport, Conn.	0,40	0,10
Bridgeburg, Ont. Canada.	2,50	0,80
Buffalo, N.-Y.	2,50	0,80
Chicago, Ill.	5,00	1,50
Cincinnati, Ill.	4,00	1,25
Clanton, Al.	6,00	2,00
Cleveland, O.	3,25	1,00
Colombus, O.	4,00	1,25
Detroit, Mich.	4,00	1,25
Fernandina, Fla.	6,25	2,00
Fond-du-Lac, Wis.	6,25	2,00
Grand-Rapids, Mich.	4,50	1,50
Hartford, Conn.	0,60	0,20
Indianopolis, Ind.	4,50	1,50
Iowa-City, Io.	6,50	2,00
Little-Rock, Ark.	7,75	2,50
Lynn, Mass.	1,25	0,40
Milwaukee, Wis.	6,00	2,00
Minneapolis, Minn.	7,25	2,25
Montreal, Que. Can.	2,25	0,75
Nashville, Tenn.	6,00	2,00
Newport, Ky.	4,00	1,25
Niagara-Falls, N.-Y.	2,50	0,80
Omaha, Neb.	7,25	2,25
Pawtucket, R.-I.	1,00	0,30
Pittsburg, Pa.	2,50	0,80
Saint-Louis, Mo.	6,00	2,00
Schenectady, N.-Y.	1,00	0,30
Wabash, Ind.	4,50	1,50
Washington, N.-J.	0,50	0,15

Le tarif de nuit est environ la moitié de celui de jour. Il y a environ 800 stations à grandes distances avec lesquelles on peut communiquer de New-York.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le coût des communications des environs de New-York est basé sur une conversation de 5 minutes, chaque fraction de 5 minutes donne lieu à l'application d'une taxe dont le minimum est de 15 cents.

Appareils pour conversations taxées et à prépaiements.

Les appareils à prépaiement sont en grand usage aux États-Unis : ils permettent à celui qui a peu de communications à effectuer d'avoir un appareil à sa disposition. Les appareils les plus simples sont ceux qui sont entièrement mécaniques : ils sont construits de façon qu'une pièce de monnaie de dimension déterminée produise un bruit particulier en tombant dans la boîte. Ce bruit est perçu par la téléphoniste au Bureau central, par le microphone et les fils ordinaires du poste, chaque pièce produisant un bruit caractéristique. Dès que la téléphoniste a perçu le bruit, elle établit la communication demandée.

L'un des appareils les plus employés est celui de la *Baird Mfg. C°*. Il se compose d'une boîte en fonte portant à sa partie supérieure 3 ouvertures juste suffisantes pour laisser passer des pièces de 25, 10 et 5 cents; sur le côté, un levier de manœuvre fait tomber la pièce introduite sur un timbre correspondant à l'ouverture, et provoque ainsi le bruit caractéristique. Toute pièce de dimension plus petite que celle prévue pour la rainure passe librement sans actionner le timbre et tombe dans une petite coupe située sur le côté gauche à l'extérieur de la boîte.

Dans le système de la *Gray Telephone Pay station C°*, de Hartford (Conn.), la plus petite pièce frappe un timbre, celle du calibre au-dessus en frappe 2, celle d'après 3, et comme cela jusqu'à 5, correspondant aux nickels, dimes, quarts, demis et dollars.

Le système Scribner, construit par la *Western Electric C°*, est très employé par les Compagnies Bell. La *Chicago Telephone C°* emploie à elle seule 38 000 de ces boîtes. La pièce introduite est retenue par un électro polarisé qui permet de rejeter la pièce à l'extérieur si la ligne est occupée ou de la faire tomber à l'intérieur de la boîte quand la communication est établie. La téléphoniste n'a pas à écouter si la pièce a bien été introduite, car l'abonné ne peut appeler le bureau que lorsque la pièce a établi un contact à cet effet.

Dans le système Stroud, de la *Controller C°*, la pièce est arrêtée dans sa chute en regard d'une petite fenêtre ; elle reste donc visible jusqu'à ce que la téléphoniste ait établi la communication; si la ligne est occupée, la pièce est rejetée à l'extérieur.

Enfin, divers systèmes de compteurs ont été employés; celui qui paraît donner le plus de satisfaction est celui de Scribner, dont font usage les Compagnies Bell. C'est un numéroteur dont le mouvement d'avancement est commandé par un électro relié au plot de réponse du multiple, et contenant une clef en circuit. Quand la communication des deux abonnés est établie, la téléphoniste presse sur la clef du compteur et le fait avancer d'une division.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

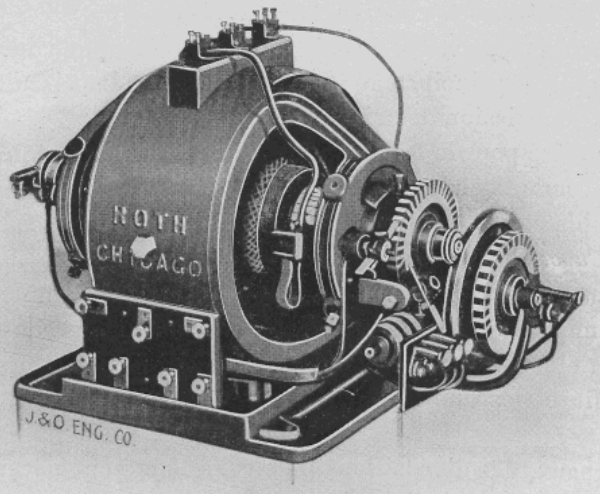
Appareils de téléphonie de la Vought-Berger C°.

Parmi les appareils construits par la *Vought-Berger C°* de Crosse, Wis, on peut citer :

1° *Le téléphone suspendu.* — Le téléphone à main est supporté par un cordon de longueur réglable au moyen d'un contrepoids.

Ce dispositif peut remplacer les téléphones de bureau ou muraux.

Le seul fait d'abaisser le microtéléphone indique au poste central que l'on désire la communication. Lorsqu'elle est établie, on appuie sur un petit levier placé dans la poignée et lorsque la conversation est terminée, une légère traction sur le câble avertit l'opérateur. Le cordon souple portant le microphone à main passe sur deux poulies à gorge de fibre dont l'une est montée à l'intérieur du contrepoids, tandis que la première commande une magnéto d'appel au moyen d'un goujon attaquant une roue à rochet. L'avantage de ce dispositif est de pouvoir être employé par plusieurs personnes n'étant pas forcément en face de l'appareil.



Générateur téléphonique Roth Brothers.

Générateurs à courant continu et à courants alternatifs.

Dans les bureaux centraux, il est fait usage de deux natures de courant : du courant continu pour les microphones, du courant alternatif pour les appels. Le courant continu est également fourni par des accumulateurs maintenus en charge par des moteurs-générateurs alimentés par le réseau de distribution de la ville, et le courant alternatif est fourni par un alternateur commandé par un moteur spécial ou par le moteur-générateur de charge.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La Maison Roth Brothers, de Chicago (Ill.), avait exposé également à Saint-Louis des générateurs téléphoniques, combinés de façon à pouvoir recueillir du courant continu à plusieurs voltages, du courant alternatif pour les appels et du courant ondulatoire pour produire le bruit spécial des lignes occupées.

Dynamoteurs et moteurs-générateurs Holtzer-Cabot.

La *Holtzer-Cabot Electric C°* de Boston s'est occupée pendant de longues années de la construction des groupes moteurs-générateurs servant principalement pour les besoins de la téléphonie.

Les *dynamoteurs* sont des machines dont l'armature porte un double enroulement soumis à l'action d'un seul champ inducteur. Les paliers sont en bronze phosphoreux à rotule et à graissage automatique.

Ces machines sont utilisées pour donner du courant alternatif ou pulsatoire pour les circuits d'appel et de sonnerie ou pour la charge des batteries.

Les petits *groupes moteurs-générateurs* sont formés par deux machines dont les armatures sont calées sur un même arbre qui repose seulement sur deux paliers; on obtient ainsi un ensemble très compact et peu encombrant.

Dans les stations centrales de téléphonie, on emploie le courant électrique pour différents usages, principalement pour alimenter les circuits téléphoniques et pour servir à la transmission des signaux.

Le courant utilisé pour la transmission de la parole est généralement fourni par une batterie d'accumulateurs, le courant de la dynamo ne pouvant être utilisé par suite du trouble qu'il apporte dans le circuit du fait de la commutation.

La *Holtzer-Cabot C°* a récemment mis sur le marché une dynamo dont le fonctionnement est assez doux et silencieux pour permettre d'alimenter directement le circuit de transmission. La génératrice est directement accouplée à un moteur à courant continu; elle est construite de façon à éliminer les influences magnétiques; en outre, le bruit et les ondulations du courant sont éliminés par une bobine de self-induction.

Pour les signaux, des dispositions plus complètes sont nécessaires. L'appel des abonnés se fait au moyen de courant alternatif à basse fréquence qui sert en même temps à fournir le courant nécessaire pour l'allumage des petites lampes à incandescence de signal au tableau du bureau d'échange.

Pour les circuits servant à plusieurs abonnés, on doit signaler chacun d'eux par un courant agissant seulement sur sa sonnerie, ce que l'on obtient en ajoutant aux deux bagues collectrices un anneau collecteur, qui permettent d'envoyer dans le circuit des demi-ondes positives ou négatives.

Un autre dispositif employé consiste à utiliser un seul moteur pour commander plusieurs générateurs à fréquences différentes, ayant, par exemple, 2, 4, 6 et 8 pôles. Le groupe est pourvu d'un régulateur de vitesse agissant pour ajouter ou retrancher des résistances dans le circuit inducteur du moteur, de façon à maintenir les fréquences des divers générateurs parfaitement constantes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Inverseur Warner.

Cet appareil transforme le courant continu en courant alternatif pour les sonneries d'appel de téléphone ou de télégraphe, permettant de remplacer les dispositifs actuels à courant continu par des dispositifs plus simples.

Il permet l'emploi d'accumulateurs ou de piles sèches qui ne serviront que pendant un temps très court, tandis qu'avec les autres systèmes on est obligé de faire fonctionner continuellement le générateur.

Si l'on se reporte à la figure, on remarque les parties suivantes : O- P- Q- M- U- N- et L- constituent le relais du condenseur; O est un poids ajustable; P est une tige réglable supportant l'armature U; Q est le support en forme de T du relais; M est l'électro-aimant; N est un contact à ressort, et L la tige de contact.

Lorsque la batterie n'envoie pas de courant, l'armature repose sur la tige P, et le contact N ne touche pas la pièce L. Lorsque l'opérateur appelle un abonné, le courant est envoyé dans l'électro-aimant M, qui attire l'armature U, fermant le circuit du condenseur par les contacts N et L.

Les parties principales du mécanisme vibratoire sont désignées par les lettres I- R- E- F- H- T-. L'électro-aimant I est actionné par le courant de la pile et attire l'armature R, jusqu'à ce que le circuit soit ouvert au contact E; le ressort qui supporte l'armature R, et la languette vibrante H, ramènent en arrière l'armature jusqu'à ce que le contact soit de nouveau fermé en R; cette opération se reproduisant de nouveau.

La languette vibrante porte généralement deux contacts, V et W, qui sont réunis directement au générateur; le courant sera donc alterné puisque les points V et W rencontrent alternativement les balais A et C dans un sens et B et D dans l'autre.

Il suffit, avec cet appareil, d'une batterie de 30 à 50 éléments.

Appareils de protection.

Parafoudres. — Les parafoudres universellement employés aux États-Unis consistent en deux blocs de charbon séparés par une feuille de mica perforée de 0,125 millimètres d'épaisseur; dès que la tension dépasse 300 volts, une décharge se produit.

Coupe-circuits. — On monte généralement entre la batterie ou le générateur et la ligne un fusible susceptible de fondre avec un courant de 1/8 d'ampère.

Les fusibles les plus simples consistent en un fil d'alliage très fin appliqué sur une feuille de mica et maintenu par de la gomme laque; les extrémités sont pourvues de feuilles de clinquant qui s'engagent à frottement dans les pinces à ressort du porte-fusible.

Un autre genre de coupe-circuits, dû à M. F. B. Cook, de Chicago, consiste en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tube d'ébonite contenant une petite tige métallique entourée d'une petite bobine de maillechort; cette tige est soudée à un bouton à l'une des extrémités du tube. L'ensemble est monté entre des ressorts qui, de ce fait, sont maintenus écartés; quand un courant trop fort passe dans la bobine de maillechort, la chaleur fait fondre la soudure et permet le rapprochement de l'un des ressorts qui vient en contact avec une ligne de terre.

M. Cook a montré que l'on devait toujours associer les parafoudres à charbon avec des fusibles, et c'est sur ce principe qu'un grand nombre d'appareils ont été établis.

Les Compagnies Bell emploient généralement en tête des lignes aériennes des fusibles de 7 ampères; les Compagnies indépendantes n'emploient guère que des fusibles de 3 et 4 ampères seulement. Ces fusibles sont logés dans un long tube généralement en bois imprégné.

L'*American Electric Fuse C°* exposait un appareil original; un petit tube isolant contient un noyau métallique sur lequel est enroulé une petite bobine de maillechort; ce tube est terminé d'un côté par un bouton de fixation, et de l'autre par un T articulé et dont le bras est maintenu incliné par un grain de soudure. L'appareil est monté de façon à bander les deux ressorts de son support. Quand le fil chauffe, la soudure se ramollit, le bras pivote et dégage le ressort bandé, coupant ainsi la communication; mais en même temps le bras a pris une position symétrique, et la soudure, en se refroidissant, a maintenu le bras dans cette position. Il suffit donc de retourner l'appareil pour pouvoir s'en servir à nouveau.

Bobines de self-induction de Pupin (Siemens et Halske).

Ces bobines de self-induction servent pour la protection des réseaux téléphoniques; elles sont montées à des distances déterminées sur les lignes et servent à diminuer l'amortissement du courant de transmission.

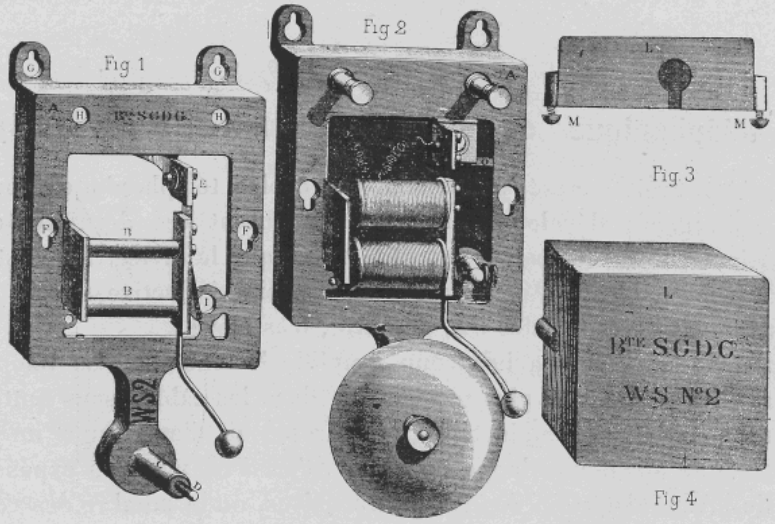
Les bobines de self construites sur les données du Prof. Pupin augmentent considérablement l'intensité du son produit. Pour les lignes souterraines, les bobines sont enroulées sur un même noyau de fer à section circulaire, tandis que pour les lignes aériennes, les bobines des fils d'aller et de retour sont séparées. Pour protéger la ligne contre les accidents dus à la foudre, les bobines des lignes aériennes sont réunies à des parafoudres; les bobines et les parafoudres étant montés sur des isolateurs de porcelaine.

Sonneries électriques Woittequand-Sablon.

Les sonneries électriques Woittequand et Sablon présentent l'avantage d'avoir tous leurs organes fixés rigidement sur une semelle métallique servant en même temps de passage au flux magnétique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On évite ainsi les causes de dérangement dues aux variations atmosphériques, au montage sur bois de platines métalliques de trop faible épaisseur, au desserrage des supports de timbres. Le système d'électro-aimants est aussi plus homogène

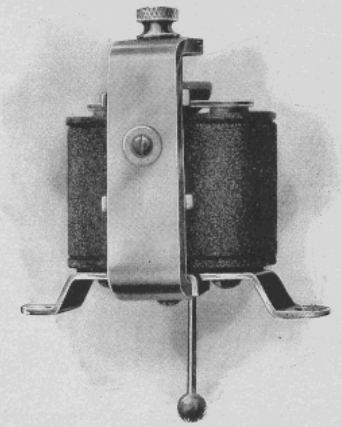


Sonneries électriques.

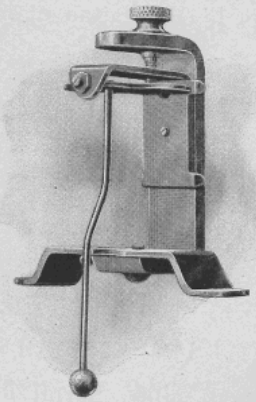
et assure une plus grande attraction magnétique que les électros dont les noyaux sont fixés sur une mince contreplaque de tôle. Toutes les pièces sont interchangeables.

Sonneries polarisées.

Les sonneries généralement employées aux États-Unis sont du type polarisé ; l'aimant constitue la principale pièce du bâti ; il porte à l'une de ses extrémités



Sonnerie avec ses électros.



Mouvement de sonnerie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une platine transversale sur laquelle sont montées les bobines, tandis que l'autre est munie d'une vis qui permet le réglage de la distance de l'armature aux bobines. Les deux timbres sont portés sur une petite pièce de bois ou de cuivre fixée sur les pattes de la platine, et peuvent être réglés individuellement.

CLASSE 445

Câbles téléphoniques de la Société Industrielle des Téléphones.

La Société avait exposé un tableau de câbles téléphoniques sous papier, dont elle a beaucoup développé la fabrication durant ces dernières années. La grande particularité de ces câbles consiste en ce que le diélectrique est constitué par de l'air sec, qui est le corps ayant la capacité inductive spécifique la plus faible ; l'isolement de ces câbles est, en outre, très élevé.

L'emploi de ces câbles a beaucoup simplifié les installations téléphoniques : car, sans avoir une capacité plus grande que dans les câbles sous gutta, on a pu rapprocher 4 fois plus les conducteurs, ce qui a permis d'en grouper un plus grand nombre dans une même enveloppe de plomb. Parmi les modèles exposés, on peut voir ceux de l'Administration des Postes françaises, où le nombre des conducteurs varie de 2 à 448, et ceux de la *National Telephone C°*, en Angleterre, où le nombre des conducteurs varie de 2 à 822.

Développement du réseau téléphonique de New-York.

On peut dire que l'accroissement véritable du réseau téléphonique de New-York date de l'année 1894, époque à laquelle on remplaça le mode de paiement fixe par abonnement par une taxe fixe par message, mettant l'emploi du téléphone à la portée de tous. A cette époque, on venait de terminer la transformation des lignes souterraines qui permirent une extension facile.

Le tableau suivant indique l'accroissement du nombre de téléphones en service dans le Manhattan et le Bronx :

Années.	Nombre de téléphones en service.
1894	11 835
.....	.....
1899	39 508
1900	53 205
1901	72 187
1902	93 364
1903	121 935
1904	144 495

On peut citer, parmi les diverses modifications qui ont été apportées aux réseaux, le remplacement du système à magnéto par le système à accumulateurs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en 1900. Mais, actuellement, on tend à remplacer ce système par celui à dynamos génératrices.

Il y a aussi une tendance actuelle à l'installation de bureaux d'échange particuliers pouvant servir pour tout un immeuble et dont le tableau général est reuni au réseau de la ville.

Ce dispositif est très pratique pour les hôtels et les grands immeubles. Il est appliqué à New-York à plus de 5000 bureaux particuliers, ce qui représente 60000 téléphones.

On peut citer, parmi ces bureaux privés, celui de l'hôtel Waldorf-Astoria, qui ne comprend pas moins de 1100 téléphones.

Construction des lignes.

Il est fait usage aux États-Unis presque exclusivement de lignes aériennes; c'est seulement dans les grandes villes où la multiplicité des poteaux et des fils était devenue un danger pour la sécurité publique que l'on a imposé la mise sous terre des canalisations téléphoniques.

Les dimensions normales des poteaux employés sont les suivantes :

Longueurs.	Diamètre au sommet.	Diamètre à 2 mètres de la base.
25 pieds	7 pouces	9 pouces
30 —	7 —	11 —
35 —	7 —	12 —
40 —	7 —	13 —
45 —	7 —	14 —
50 —	7 —	16 —
55 —	7 —	17 —
60 —	7 —	18 —
65 —	7 —	20 —
70 —	7 —	20 —

Le nombre des poteaux varie avec le nombre des fils et les Compagnies; sur les lignes à grande distance, on emploie de 50, 40 et même quelquefois moins de 30 poteaux par 1600 mètres, généralement 40; ils n'ont ordinairement pas moins de 35 pieds. La plupart du temps les poteaux sont simplement coupés et séchés pendant la bonne saison; on commence cependant à les créosoter.

Les poteaux sont munis de bras en pin jaune sur lesquels on fixe les isolateurs; leur longueur varie suivant le nombre de ces isolateurs, et elle est généralement d'un pied par isolateur jusqu'à 10 pieds. Ils sont fixés à mi-bois par deux boulons et entretoisés par deux bandes de fer plat disposées en forme de V.

Les poteaux sont souvent haubanés par un fil d'acier attaché à la tête d'un poteau et au pied du suivant. Dans les courbes, il est fait usage d'un ancrage qui consiste généralement en une tige de fer portant à sa partie inférieure un large plateau en fonte qui constitue une ancre circulaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans beaucoup d'endroits, où le nombre de fils est trop important pour pouvoir être montés séparément sur les isolateurs, on fait usage de câbles réunissant plusieurs centaines de fils.

Le type de fil généralement employé est celui qui correspond au n° 18 de la jauge Brown et Sharpe, étamé et recouvert de deux couches de caoutchouc. Les diamètres des câbles ainsi obtenus sont les suivants :

Nombre de paires de conducteurs.	Diamètre en pouces.	Poids par 1 000 pieds en livres.
—	—	—
3	9/16	175
5	11/16	256
10	29/32	452
15	1	633
20	1 1/8	813
25	1 1/4	994

Depuis quelque temps on commence à employer des câbles au papier saturé; à cet effet, chaque fil est recouvert d'une double spirale de papier desséché et imprégné ensuite de paraffine ou d'une substance isolante de faible capacité spécifique.

Enfin, quand il est nécessaire de réduire davantage l'intensité, on fait usage de fils recouverts de papier sec sans introduire de paraffine. L'air contenu dans le câble est soigneusement desséché; l'enveloppe en plomb a généralement 3 mm d'épaisseur; le plomb est appliqué sur le câble au moyen d'une presse à plomb, de sorte que l'on peut ainsi réaliser des câbles d'une très grande longueur sans jonctions.

La capacité entre l'un des fils et tous les autres réunis ensemble et à l'enveloppe est, pour un certain type de câbles à air sec, de 0,080 microfarad par mile. Pour un câble de mêmes dimensions mais dont le papier est saturé d'une résine, la capacité s'élève à 0,15 et 0,20 microfarad par mile.

Les diamètres types des fils sont ceux correspondant aux n^{os} 19, 20, 22 de la jauge B. et S.

On a constaté que l'isolation des fils était toujours plus élevée lorsque les fils étaient libres dans le câble au lieu d'être serrés l'un contre l'autre. Le coût de ces câbles est, de ce fait, plus élevé, mais l'entretien est diminué dans des proportions considérables, de sorte que chaque fois qu'on peut le faire il y a avantage.

La résistance d'isolement spécifiée pour la fabrication des câbles téléphoniques est au minimum de 500 mégohms par mile d'un fil par rapport à tous les autres réunis ensemble.

L'enveloppe de plomb contient généralement 3 % d'étain quand le câble doit être placé en terre, et, au contraire, est en plomb pur lorsqu'il doit être disposé aériennement.

Il y a peu de temps encore, l'enveloppe de plomb était recouverte d'une couche de matière asphaltique, mais on y a renoncé parce qu'elle rendait l'inspection du câble presque impossible.

Les enveloppes de plomb des câbles aériens sont souvent perforées par un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

insecte très petit qui arrive à mettre en communication directe l'âme en cuivre des câbles avec l'enveloppe de plomb.

Les dimensions et poids des câbles isolés au papier sont les suivantes :

Nombre de paires de conducteurs.	Diamètre extérieur, en pouces.	Poids par 1 000 pieds en livres.
—	—	—
3	1/2	515
7	1/16	912
15	1	1 566
25	1 5/16	2 232
50	1 3/4	3 678
100	2 3/8	5 505

Les câbles aériens sont supportés au moyen d'étriers accrochés à un câble d'acier maintenu sur les poteaux par des mâchoires solidement tirefonnées.

On a employé longtemps concurremment des étriers en métal et d'autres en corde goudronnée ; ce sont ces derniers qui ont été reconnus comme durant le plus longtemps et apportant le moins de corrosions à l'enveloppe de plomb.

Les dérivations sont prises sur les câbles au moyen de boîtes de connexions fixées sur les poteaux et recouvertes d'un cylindre en métal rendant la boîte complètement étanche.

Ces boîtes comportent généralement des fusibles et des parafoudres, et les plus employées paraissent être celles de Cook.

Câbles souterrains.

Les câbles souterrains sont recouverts d'une enveloppe de plomb allié à 3 p. 100 d'étain. Ces câbles sont étirés dans des conduits en bois créosoté, en poterie ou en carton bitumé.

Les systèmes qui paraissent avoir donné les meilleurs résultats sont ceux en poterie.

Ces conduits se composent d'éléments d'environ 50 centimètres de longueur ; ils sont à emboîtements et le joint est assuré par un coulis de ciment.

Les conduits sont disposés les uns à côté des autres dans une tranchée dont le fond a été garni d'un bétonnage bien nivelé et l'on tasse ensuite tout autour un béton de ciment qui rend tout l'ensemble aussi rigide qu'un monolithe.

On a fait usage depuis quelque temps d'un conduit en fer rivé garni intérieurement de ciment sur une épaisseur de 15 mm ; chaque tuyau a une longueur de 2,50 m.

Les câbles sont tirés au moyen d'un cordage que l'on attache à l'extrémité d'un fil de fer qui a été introduit dans le conduit au moment de son installation, puis le cordage débouche dans un grand trou d'homme dans lequel on installe un châssis avec des poulies de renvoi, de façon que le câble soit tiré bien dans l'axe du conduit au moyen d'un treuil à vapeur ou électrique disposé sur le sol.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Installation de signaux pour puits de mines, système Siemens et Halske.

Dans cette installation-type de signaux pour puits d'extraction, la transmission des signaux s'opère en double, au moyen d'appareils à signaux visibles par le déplacement d'une aiguille sur un cadran divisé, et, simultanément, par signaux acoustiques, tels que coups de timbre dont le nombre correspond à l'ordre que l'on transmet.

L'installation fonctionne de la manière suivante : il peut y avoir communication de signaux entre le fond et la recette du jour ou réciproquement. En même temps que ces signaux visibles se transmettent, des timbres installés sur ces deux postes se font entendre et sonnent le nombre de coups correspondant à l'ordre que l'on transmet. Tous les signaux entre le fond et la recette du jour ou *vice versa* sont en même temps visibles sur l'appareil de la salle de la machine ; mais, ici, ils ne sont pas accompagnés de coups de timbre. Le mécanicien peut donc à tout instant se rendre compte de ce qui se passe, mais il ne devra exécuter les signaux qu'on lui transmet que lorsque le timbre de son appareil, à lui, entrera en fonction. Dans ce dernier cas, le nombre des coups de son timbre doit correspondre à l'ordre qui lui est communiqué par l'aiguille de son appareil. Ce signal acoustique d'ordre d'exécution lui est donné par le préposé à la recette du jour au moment où la mise en marche doit commencer ; ce signal se fera également entendre aux deux autres postes.

L'installation se compose de trois appareils placés chacun à l'un des trois postes, à savoir : deux appareils transmetteurs au fond et à la recette du jour, et un appareil récepteur dans la salle de la machine.

Sur chaque appareil, les commandements se lisent sur un cadran divisé, au-dessus duquel se meut une aiguille. Quant aux ordres, ils se donnent en tournant simplement une manivelle, adaptée aux appareils transmetteurs, et en poursuivant le mouvement de la manivelle jusqu'à ce que l'aiguille aille se placer à la division du cadran portant le commandement que l'on veut communiquer. Les aiguilles des deux autres appareils iront alors se placer simultanément sur la division du cadran portant le même ordre. Chaque tour complet de la manivelle fait avancer les aiguilles d'une division. Chaque aiguille est mise en mouvement au moyen d'un petit moteur qui entre en fonction lorsqu'on tourne la manivelle, grâce au commutateur installé dans l'appareil transmetteur lui-même.

Ce moteur se compose essentiellement d'un système de 6 électro-aimants puissants, montés en cercle, dont chacun est relié en série à celui qui lui est opposé. Ces paires d'électro-aimants sont excitées dans un ordre déterminé au moyen du commutateur, et mettent ainsi en mouvement de rotation une armature qui est mobile entre leurs pôles. Le mouvement de cette armature se transmet à l'axe qui porte l'aiguille, par l'entremise d'une vis sans fin et d'un pignon.

Le contact du commutateur est à frottement, et il est formé de deux anneaux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

métalliques concentriques isolés l'un de l'autre. L'anneau intérieur se compose de trois segments également isolés l'un de l'autre, qui sont reliés aux trois paires de bobines du moteur. Ils sont mis en contact successivement au moyen d'une pièce à frottement en forme de pont avec l'anneau extérieur qui se trouve relié à la prise de courant. Cette pièce à frottement est mue directement par la manivelle.

Lorsque l'appareil ne fonctionne pas, les deux extrémités de ce pont de frottement sont placées sur des contacts de repos et le courant est alors interrompu aux deux pôles. Les appareils ne sont donc parcourus par le courant que pendant la transmission des ordres. On obtient une mise au repos prompte et sûre du pont de frottement par l'intermédiaire de deux leviers pourvus de ressorts puissants qui agissent sur un excentrique monté sur l'axe de la manivelle.

Le moteur et le dispositif de contact sont renfermés dans une boîte métallique ronde et complètement étanche. Le dessus de cette boîte, que l'on peut facilement rabattre, est constitué par une glace épaisse à travers laquelle on aperçoit le cadran. L'axe de la manivelle est monté, dans la partie inférieure du couvercle, d'une façon absolument étanche.

La boîte de l'appareil récepteur qui est installé dans le bâtiment des machines ne comprend que le cadran et l'aiguille avec son mouvement.

Les appareils sont reliés entre eux par des câbles. Celui réunissant les deux appareils transmetteurs est à 12 âmes, dont 2 sont de réserve. Celui allant de l'appareil de la recette du jour à celui de la machine comprend 7 âmes dont une est de réserve.

Comme source de courant, on peut se servir de batteries, parce que les appareils sont actionnés par du courant de travail. Si l'on a à sa disposition une installation à courant continu, on pourra s'en servir en intercalant une résistance additionnelle appropriée. Dans ce cas, il sera bon de prévoir une petite batterie d'accumulateurs pour fournir le courant nécessaire lorsque les dynamos sont arrêtées.

Aux postes de la recette du jour et de la salle des machines on a prévu, en outre, une seconde sonnerie devant faire fonction de signal d'alarme.

Horloge électrique de la Synchronome Times C°.

Cette horloge comprend un pendule et des interrupteurs pour la commande des divers cadrans.

Le levier à contrepoids A, en tombant, fait tourner les roues B et C et entretient le mouvement du pendule.

En touchant le contact E du pendule, il ferme le circuit de la pile et des électro-aimants; ceux-ci, attirant l'armature, relèvent le contrepoids et le cliquet qui vient se placer dans la dent suivante de la roue à rochet.

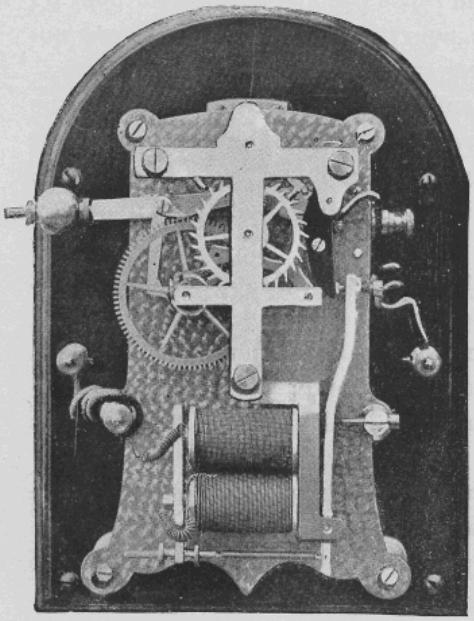
Le contact électrique se produit toutes les demi-minutes et c'est le seul contact de l'appareil. Il est d'ailleurs maintenu très propre par suite du mouvement de frottement qui se produit à chaque oscillation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

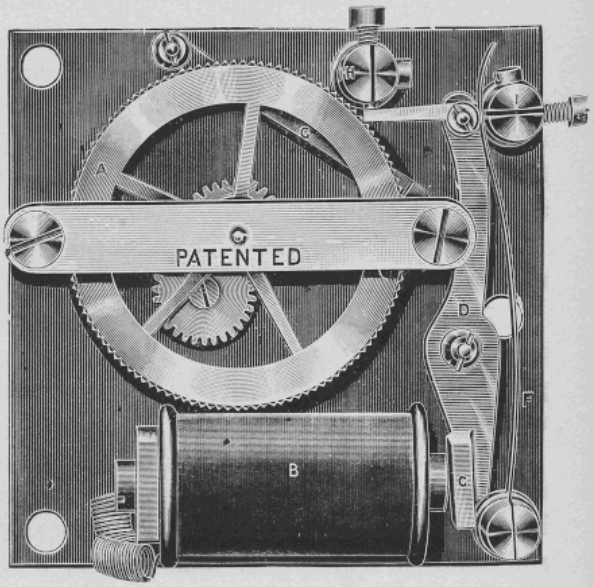
On voit que, dans ce système, tout le travail mécanique nécessaire pour entretenir le mouvement du pendule est emprunté à la source d'électricité et transmis par les électro-aimants.

Le mécanisme des cadrans-indicateurs ou récepteurs est le suivant :

Une roue à 120 dents A est rigidement fixée au bras de la minuterie; un électro-aimant B attire une armature C, montée sur un arbre D, et porte un doigt E à son extrémité. Un ressort F comprime cette armature; un encliquetage G empêche la roue de se déplacer de plus d'une dent; H et I sont des contacts fixes.



Poste transmetteur.



Poste récepteur.

L'électro-aimant reçoit une impulsion de l'horloge toutes les demi-minutes et fait avancer la roue d'une dent.

L'instrument est très précis et très sensible, et il peut fonctionner avec un contact durant seulement 1/100 de seconde.

La durée du contact est exactement de 1/50 à 1/60 de seconde.

Le courant nécessaire pour faire fonctionner les cadrans est fourni par une bobine d'induction. La canalisation est formée d'un fil de 1 millimètre. Il faut deux piles sèches pour trois cadrans.

La consommation du courant est de 0,3 ampère, le circuit restant fermé 6 heures par an et la consommation est de 1,7 ampère-heure par an.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Groupe 71

APPLICATIONS DIVERSES DE L'ÉLECTRICITÉ

Cette partie de l'Exposition est surtout remarquable par les différents appareils de mesure qui y sont présentés.

Ces appareils peuvent être divisés en 2 classes, suivant qu'ils sont destinés à des mesures purement scientifiques ou qu'ils sont établis pour un service courant.

Ces derniers sont extrêmement nombreux, étant appropriés aux applications si diverses de l'électricité.

Parmi ceux-ci, citons les appareils Siemens et Halske, Chauvin et Arnoux, Hartmann et Braun, Richard et de la « Compagnie pour la fabrication des compteurs ».

Presque tous ces appareils, ampèremètres et voltmètres, sont basés sur le principe de Deprez-d'Arsonval.

Il en est de même des appareils Weston portatifs ou pour tableau.

A côté de ces appareils destinés aux courants continus, nous trouvons les appareils thermiques Withney, Chauvin et Arnoux, et les appareils thermiques de la « Compagnie pour la fabrication des Compteurs ».

Ces divers appareils diffèrent entre eux par des dispositions spéciales de transmission et d'indication de l'extension du fil chaud.

Les appareils enregistreurs, de plus en plus employés dans les stations centrales, sont largement représentés par les enregistreurs d'Elliot Brothers, Siemens et Halske, et de Jules Richard, le créateur de ce genre d'appareils.

Les wattmètres exposés par les différentes maisons ont des principes très variables, suivant leur destination ; les uns sont destinés aux tableaux, d'autres au contrôle des compteurs.

Les compteurs sont largement représentés. Notons, parmi les plus connus, le compteur Aron, les compteurs Thomson et enfin les compteurs Westinghouse. A côté de ces appareils bien connus, nous trouvons des appareils plus nouveaux qui ont trouvé leur utilisation dans les stations centrales, tels sont les indicateurs de phase, ou de facteur de puissance, les fréquencemètres et les résonateurs.

La classe des appareils de laboratoire offre une remarquable exposition dans le laboratoire du Bureau des Étalons. Les galvanomètres d'une extrême sensibilité, les électromètres de la plus haute précision y sont représentés.

Les oscillographes et les ondographes, ces appareils de création récente et qui ont rendu de si grands services dans l'étude des machines électromagnétiques sont représentés par l'oscillographe Duddell, celui si connu de Blondel, et enfin par le remarquable ondographe Hospitalier.

Notons les nombreuses dispositions de ponts de Wheatstone et des ohmmètres à lecture directe, exposés par divers constructeurs ;

Des appareils de mesure des self-inductions et de la perméabilité magnétique ;

Enfin divers appareils de sécurité pour préserver le personnel contre les contacts accidentels avec les câbles en charge.

L'exposition allemande d'instruments de mesure a été réunie sous le patronage du Ministre de l'Instruction avec l'assistance de la Société d'optique et de mécanique. La section des instruments fut organisée par les soins du Prof. Dr Lindek, de Berlin, celle d'électrochimie par le Prof. Dr Harriès, de Charlottenburg et le Prof. Dr Nernst, de Gottingen. Ceux qui étaient chargés de l'Exposition de Saint-Louis sont : Dr H. A. Kreuss, Dr Zwingenberger et M. A. Wirth.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CLASSE 449

APPAREILS ÉLECTROMAGNÉTIQUES ET ÉLECTRODYNAMIQUES

Instruments de précision Westinghouse.

Ces appareils sont destinés aux mesures de haute précision ; ils sont du type électrodynamique.

Le mécanisme est monté dans une boîte portée par la plaque d'ardoise entaillée servant de couvercle à une boîte d'acajou. Ces appareils sont basés sur l'attraction de deux systèmes de bobines qui sont disposées de façon à annuler l'influence des champs extérieurs.

Les lectures sont donc également précises avec les courants continus et alternatifs, et il n'est pas nécessaire de faire deux lectures en inversant le courant pour les mesures de courant continu.

Le couple-directeur est puissant, de telle sorte que l'on peut négliger les effets dus aux frottements et aux causes extérieures.

Le voltmètre a une échelle circulaire de 125 mm de diamètre ; les divisions sont uniformes ; un vernier au 10e permet d'évaluer le 1/2 000 de l'échelle, ce qui donne une grande sensibilité pour l'appareil.

Le fil de repérage du vernier est tendu dans un cadre rectangulaire dont le déplacement s'obtient au moyen d'un bouton molleté, puis d'une petite vis pour le réglage final. Les cadrans des voltmètres et des ampèremètres sont identiques ; ils portent une graduation intérieure indiquant la valeur de la racine carrée de l'angle de déviation, ce qui permet de faire des lectures directes. Mais lorsqu'on doit lire des fractions de division, on se reporte à la graduation extérieure et on prend la racine carrée sur une table spéciale fournie avec chaque appareil.

Les wattmètres n'ont qu'une seule graduation.

Pour la mesure des tensions élevées, on emploie des résistances ou multiplicateurs, formés d'une résistance totale de 1 000 ohms ou de ses multiples et subdivisés uniformément en bobines de 100 ohms.

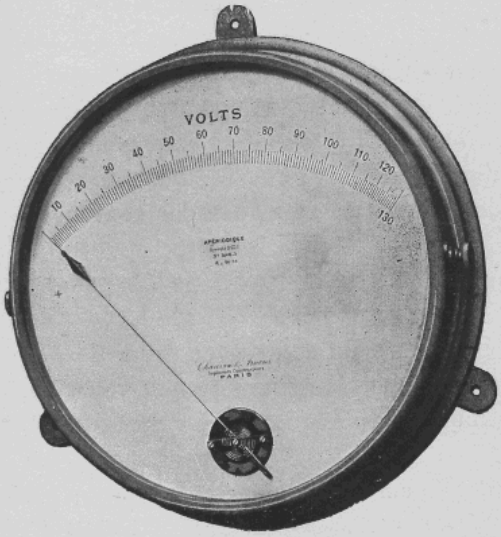
Appareils apériodiques Chauvin et Arnoux.

Voltmètres. — Dans les voltmètres, le circuit du cadre mobile a une résistance moyenne de 75 ohms, et il suffit d'un courant moyen de 6 milliampères pour donner à l'aiguille une déviation égale à la totalité de l'échelle. A la suite du cadre mobile sont placées, en série avec lui, des bobines dont la résistance ne varie pas d'une

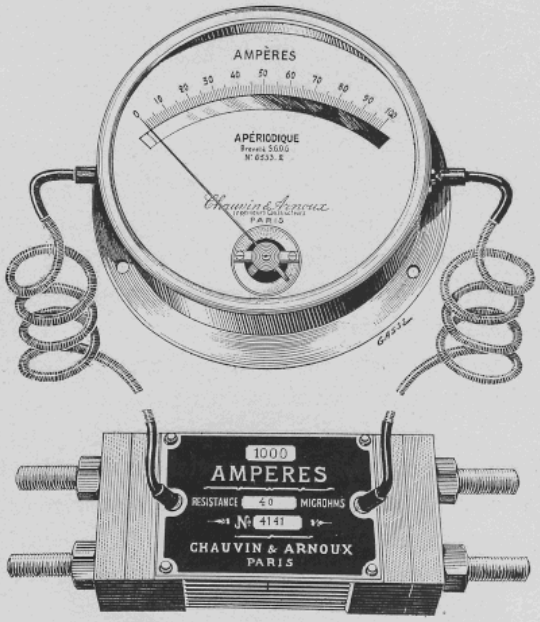
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

façon appréciable avec la température et dont la valeur est proportionnelle à la f. é. m. maxima à mesurer.

Ainsi, par exemple, la résistance d'un appareil destiné à mesurer 150 volts est de 150 : 0,006 = 25 000 ohms comprenant 75 ohms cuivre et 24925 ohms en fil dont la résistance est pratiquement indépendante de la température. L'appareil-type de contrôle est muni de sensibilités très différentes et est disposé pour donner une déviation égale à la totalité de l'échelle pour 3, 15, 150, 300, 600 volts.



Voltmètre apériodique Chauvin-Arnoux.



Ampèremètre apériodique Chauvin-Arnoux.

Ampèremètres. — Dans les ampèremètres, le circuit du cadre mobile a une résistance moyenne de 5/10 d'ohm, et il suffit d'un courant de 50 milliampères pour donner à l'aiguille une déviation égale à la totalité de l'échelle. Une résistance en maillechort est ajoutée pour le tarage de l'appareil.

Voltmètres et ampèremètres électromagnétiques amortis Chauvin et Arnoux.

Ces appareils, représentés ci-contre, sont constitués par une bobine fixe en fil fin pour les voltmètres, en gros fil pour les ampèremètres, parcouru par le courant total à mesurer; cette bobine agit par attraction sur un petit noyau de fer doux solidaire de l'aiguille indicatrice. Un volet métallique fixé sur l'axe se déplace à l'intérieur d'une boîte d'une hauteur très peu supérieure à celle du volet et constitue ainsi un amortisseur puissant. La force antagoniste est un poids, de sorte qu'il est nécessaire de placer ces appareils verticalement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voltmètres et ampèremètres de la série demi-précision Chauvin et Arnoux

Ces appareils robustes et bien étalonnés conviennent pour les installations dans lesquelles on cherche une plus grande précision, alliée à un aspect plus décoratif. Construits pour le courant continu ils peuvent être cependant utilisés pour les courants alternatifs, lorsque la fréquence de ceux-ci ne dépasse pas 45 périodes p : s. Au-dessus de cette valeur, il est nécessaire d'indiquer la fréquence du courant auquel ils sont spécialement destinés pour pouvoir en tenir compte dans le tarage.

Ils sont fondés sur un système électromagnétique indéréglable dans lequel le dispositif adopté et les qualités magnétiques du métal employé ont permis de réduire à une valeur très faible les pertes dues à l'hystérésis. L'importance des influences extérieures a été réduite au minimum possible ; on recommande cependant de leur éviter le voisinage immédiat de câbles parcourus par des courants de plus de 50 ampères.

Ces instruments fonctionnent dans toutes les positions et leur déviation est indépendante du sens du courant.

Ils ont leur échelle placée à la partie inférieure du cadran, cette partie étant généralement la mieux éclairée dans les installations. Ampèremètres et voltmètres peuvent rester constamment en circuit, leur échauffement étant pratiquement négligeable.

Ils se font avec des cadrans de 5, 10, 15 et 25 cm de diamètre.

Appareils Jules Richard.

La Maison *Jules Richard* avait exposé des voltmètres et des wattmètres construits d'après le même principe.

Voltmètres et ampèremètres apériodiques. — Le système magnétique de ces galvanomètres est formé par deux aimants conjugués, ayant même section et même développement, et par suite même poids.

Ces aimants ont leurs épanouissements polaires cylindriques convexes pour l'un d'eux, et concaves pour l'autre. Ces deux surfaces cylindriques ont même centre et leur intervalle constitue deux champs magnétiques uniformes très intenses, dans lesquels se déplacent les deux côtés actifs de la bobine galvanométrique portée par un cadre-amortisseur.

L'équipage mobile est constitué par un cadre comportant deux parties cylindriques réunies par des pièces en forme de V, et portant la bobine galvanométrique enroulée sur les parties cylindriques en passant sur les bases du cylindre suivant des cordes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tout ce système est excentré par rapport à l'axe de rotation qui coïncide avec l'axe du cylindre, c'est-à-dire que le plan de l'enroulement ne passe pas par l'axe. Cet axe de rotation de large section sert en même temps à entrecroiser les plans du cadre et à diminuer sa résistance électrique, de manière à augmenter son action amortissante.

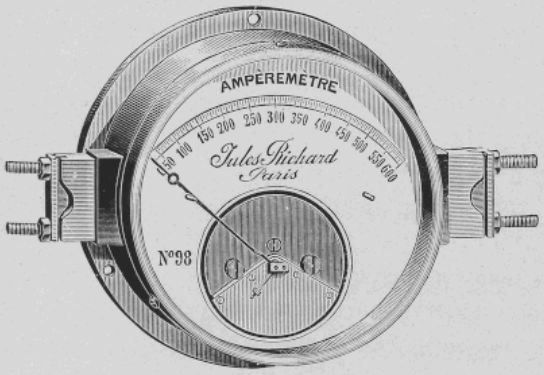
L'axe est terminé par deux pivots, roulant dans des crapaudines montées à ressorts pour éviter les ruptures des pivots pendant le transport et le montage.

Les deux extrémités de la bobine galvanométrique sont reliées respectivement à deux ressorts spiraux, qui servent à amener le courant et à équilibrer l'action électromagnétique du courant.

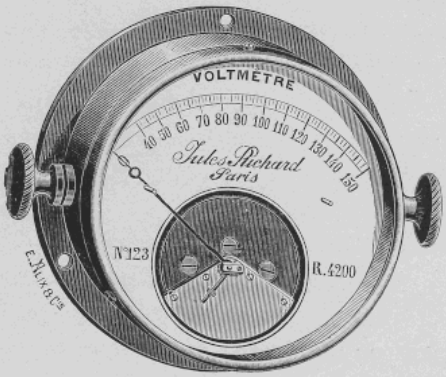
L'axe de l'équipage porte un style terminé par une plume enregistrante du modèle ordinaire, qui inscrit la courbe sans provoquer de frottement appréciable.

Voltmètre de poche.

Le fil du cadre galvanométrique possède des constantes différentes suivant que c'est un voltmètre ou un ampèremètre. Dans le premier cas, une résistance est ajoutée au circuit, appropriée au voltage maximum à mesurer; dans le second cas,



Ampèremètre électromagnétique Richard.



Voltmètre électromagnétique Richard.

il est combiné avec des shunts dont les dimensions varient avec l'intensité maxima à mesurer.

Tout le système mobile est parfaitement équilibré, de telle sorte que l'appareil fonctionne aussi bien horizontalement que verticalement.

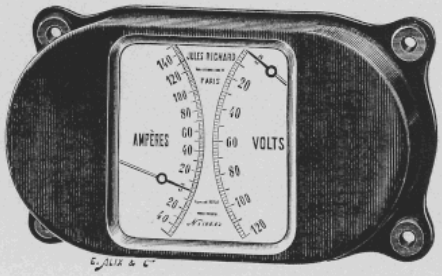
Les voltmètres et les ampèremètres électromagnétiques à apériodicité réglable Richard possèdent des aimants permanents, et ont le grand avantage de pouvoir servir aussi bien pour les courants continus que pour les courants alternatifs. L'apériodicité en est parfaite et réglable.

Galvanomètres apériodiques à cadre mobile, système d'Arsonval et à aimant armé. — Le cavalier de fer fixé entre les pôles de l'aimant constitue un aimant armé, dont la permanence est mieux assurée que dans les aimants ordinaires et a pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

effet de compenser les irrégularités qui peuvent subsister dans le champ magnétique. La force magnétomotrice qui est en jeu dans ces appareils n'atteint pas 1 ampèretour. L'angle de déviation maximum, pour la course totale de l'aiguille, est de 75°, quel que soit le diamètre de l'appareil.

Voltmètres. — Ces nouveaux voltmètres se distinguent de ceux du même genre employés jusqu'à ce jour par une consommation beaucoup moindre. L'équipage mobile comporte un circuit de cuivre ayant une résistance de 30 ohms et obtient sa déviation maxima pour une intensité de 5 milliampères.



Ampère et voltmètre conjugués.

Pour approprier cet appareil à la mesure des différents voltages, on y adapte en série des résistances additionnelles à raison de 200 ohms par volt.

Ces résistances sont constituées par un fil d'un alliage dont la résistivité est pratiquement indépendante de la température, de sorte que, pour les voltages courants, la portion du cuivre du circuit est négligeable devant les résistances invariables et les indications de l'instrument ne sont aucunement influencées par les changements de température. Ainsi, pour les modèles de 150 volts, il y a un circuit de 30000 ohms de métal invariable contre 30 ohms de cuivre.

En raison de la grande résistance du circuit, les fils de secours, reliant le voltmètre au point où l'on veut mesurer le voltage, peuvent avoir une grande longueur sans que la précision des lectures s'en ressente.

La grande résistivité de l'alliage employé pour les bobines additionnelles permet de donner à celles-ci un volume réduit.

Ampèremètres. — L'équipage mobile des ampèremètres possède un circuit de 0,5 ohm de résistance, composé partie en cuivre et partie en métal de faible coefficient de température. Il fait sa déviation complète de 75°, sous l'action d'un courant de 0,05 d'ampère, intensité qui est atteinte lorsqu'on applique aux bornes une différence de potentiel de 0,025 volt.

Les shunts sont constitués par une lame de maillechort et comportent des surfaces largement calculées pour dissiper la chaleur produite par le passage du courant. Ils ont environ 38 cm carrés de surface par watt dépensé, de sorte que leur température est d'environ 10° C au-dessus de la température ambiante pour le régime maximum.

Voltmètres et ampèremètres système électromagnétique amorti pour courant alternatif de la Compagnie des Compteurs.

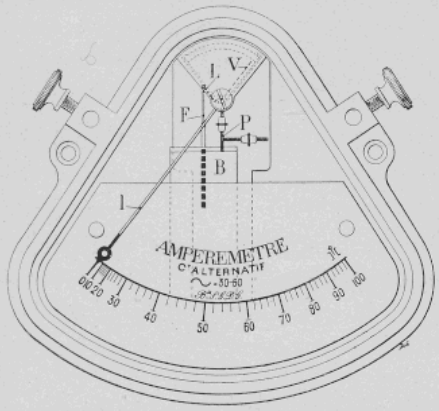
Ces appareils sont établis spécialement pour courant alternatif et sont basés sur l'action d'une bobine fixe sur un petit noyau de fer doux; ils sont construits de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

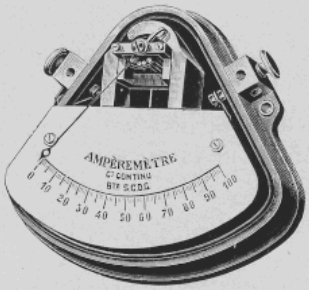
façon à éliminer l'influence de la forme du courant et de la fréquence dans les ampèremètres et dans les voltmètres, la self-induction est assez faible pour que les indications soient correctes pour les fréquences comprises entre 30 et 60 p : s.

Appareils industriels de mesure système Meylan-d'Arsonval à courant continu.

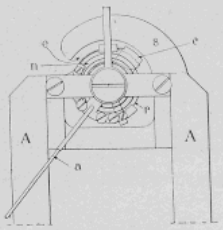
1. *Voltmètres et ampèremètres à aimant et à cadre mobile.* — Tous les appareils magnétiques du système Meylan-d'Arsonval comportent un cadre-amortisseur excentrique bobiné et dont un côté seulement, le côté extérieur, opposé à l'aiguille indicatrice, se déplace dans le champ circulaire d'un aimant puissant. Cet aimant a l'avantage de n'avoir qu'un seul entrefer, très étroit (2 mm environ). Les champs réalisés ainsi sont très forts (1 200 à 1 400 unités), de sorte que les influences extérieures dues à des courants, même intenses, sont pratiquement négligeables.



Ampèremètre électromagnétique amorti.



Ampèremètre Meylan-d'Arsonval.



Système électromagnétique des appareils Meylan-d'Arsonval.

Le cadre mobile est complété par une résistance ayant un coefficient de température nul, de sorte que les indications sont rigoureusement indépendantes de la température extérieure ou de l'échauffement de l'instrument.

Les ampèremètres sont en quelque sorte des voltmètres branchés sur un shunt traversé par le courant à mesurer. Ces shunts sont en métal indépendant de la température; ils sont établis de façon que, pour l'intensité maxima, la différence de potentiel atteigne la valeur de 1 dixième de volt. Cette valeur élevée a été choisie de façon à éliminer l'influence des forces thermo-électriques et des résistances de contact. Les cordons reliant le shunt au galvanomètre ont 1,50 m de longueur et représentent environ 1 % de la résistance totale du galvanomètre.

Les shunts sont établis de manière à n'avoir que deux trous à écartement invariable à percer dans le tableau de mesure pour les y fixer; ceci permet la substitution d'un shunt à un autre quelconque. Enfin ces shunts se distinguent par ce fait, que les pièces de contact sont fondues à l'extrémité des lames, constituant la résistance; il en résulte que ces shunts peuvent supporter des intensités doubles ou triples de leur valeur normale sans amener le dessoudage des pièces de contact.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Appareils de mesure, système Caron, de la Société industrielle des Téléphones.

Ces appareils, aussi précis que les appareils thermiques, sont pourtant d'un prix inférieur à ceux-ci. Ils sont particulièrement robustes, indérégables, indépendants des effets extérieurs, apériodiques; voici d'ailleurs leur principe : un pendule portant un cadre plan sans fer, traversé par le courant à mesurer et oscillant dans un champs magnétique, transmet son mouvement à l'aiguille de l'appareil.

Le plan de ce cadre étant perpendiculaire à l'axe d'oscillation, les effets d'orientation des champs extérieurs sont nuls; quant aux attractions, elles sont négligeables vue la proximité des deux branches du cadre, traversées par des courants en sens contraires. La pesanteur étant le seul effet antagoniste de l'action du champ magnétique et du courant, les appareils ne peuvent pas se désétalonner, comme il peut arriver pour ceux qui comportent des ressorts.

L'apériodicité est obtenue par un amortisseur à air.

Ces appareils présentent encore les avantages suivants :

Leurs indications sont très rapides; ils peuvent supporter pendant quelques instants une surcharge sans se détériorer; le passage prolongé du courant ne modifie pas leurs indications; enfin les transformateurs d'intensité à courant alternatif sont complètement emprisonnés dans un bloc en matière isolante, qui permet d'utiliser ces appareils pour la mesure des courants à haute tension sans précautions spéciales.

Instruments de mesure de la Société Gramme, système Javaux.

Les voltmètres et ampèremètres à indications invariables sont du type industriel et se composent d'une bobine, au centre de laquelle se meut une palette de fer doux tournant avec son axe, un segment également en fer doux est fixé sur un côté intérieur de la bobine. Sous l'influence du courant et par suite de leurs positions respectives, la palette et le segment intérieur de la bobine prennent les mêmes polarités et se repoussent; un contrepoids fixé intérieurement sert d'antagonisme. Il n'y a donc ni aimant permanent, ni ressort pouvant amener des erreurs au bout d'un certain temps de fonctionnement.

Ces appareils sont construits en 4 grandeurs : 100, 155, 205 et 300 mm de diamètre et pour 0 à 3000 ampères ou 0 à 400 volts.

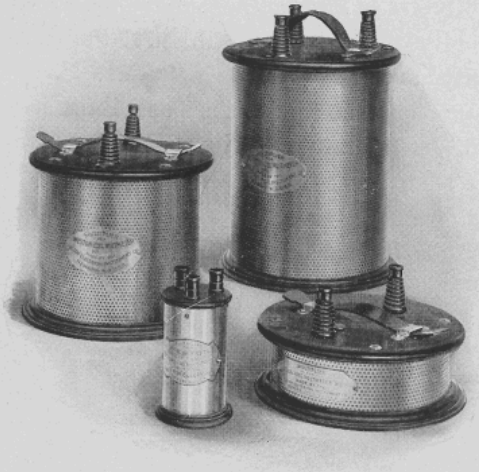
Appareils portatifs Weston.

Voltmètre transportable pour courant continu. — Cet appareil du type « Inspecteurs » est placé dans une boîte d'acajou; des cordons souples portant des fiches aux extrémités permettent d'établir rapidement les connexions.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

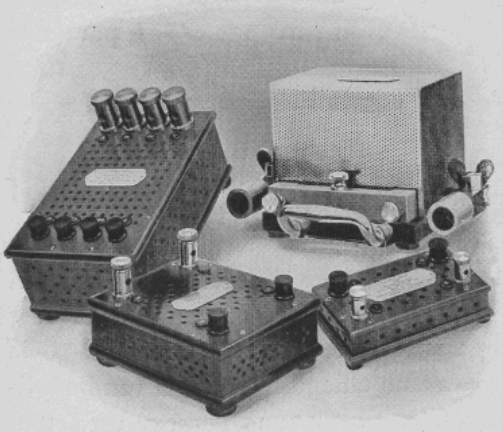
L'appareil peut aussi se monter rapidement sur un circuit d'éclairage. Il suffit pour cela d'enlever une lampe et d'y substituer une douille convenable portant les cordons souples de connexions.

Voltmètre Weston, type Inspecteur avec supports pour l'essai des lampes



Résistances additionnelles pour le voltmètre portatif type Inspecteur.

Résistances de réduction. — Ces résistances s'emploient avec les voltmètres sous 150 et 120 volts; ils permettent d'accroître la limite d'emploi de l'appareil. Ces résistances sont telles que le facteur par lequel il faut multiplier le chiffre lu est décimal.



Shunts portatifs Weston en alliage spécial.

Voltmètre Weston portatif pour courant continu et alternatif.

Shunts pour ampèremètres. — Ces shunts s'emploient avec un millivoltmètre et permettent de mesurer des courants de 1 à 2000 ampères avec la même précision;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les coefficients de température du shunt et du voltmètre se compensent de telle sorte que l'appareil est exact à 0,2 %.

Instruments doubles portatifs, modèle G. — Ces instruments se composent d'un voltmètre et d'un ampèremètre placés dans une même caisse; le voltmètre peut être établi avec deux sensibilités, l'ampèremètre n'a qu'une sensibilité jusqu'à 100 ampères avec un shunt intérieur. Les ampèremètres à plusieurs sensibilités ont des shunts extérieurs.

Appareil duplex Weston modèle G, pour courant continu.

Voltampèremètre Weston avec cordons pour l'essai des lampes.

Voltmètre Weston à courant alternatif. — Ces appareils ont une précision de 0,2 %, mais ils ne peuvent être laissés en circuit que pendant une courte période, de sorte qu'une clef ou un interrupteur a été placé dans le but de couper le circuit. Un thermomètre donne la température, et un dispositif de réglage permet de compenser l'effet de la dilatation. Il n'y a aucune erreur appréciable du fait de l'hystérésis ou de la self-induction (sauf pour les faibles sensibilités), puisque pour un instrument de 120 volts l'erreur due à la self-induction s'élève au plus à 0,045 % pour une fréquence de 300 p : s.

Trois échelles, correspondant aux différentes sensibilités, permettent des lectures précises.

Appareils de tableau Weston.

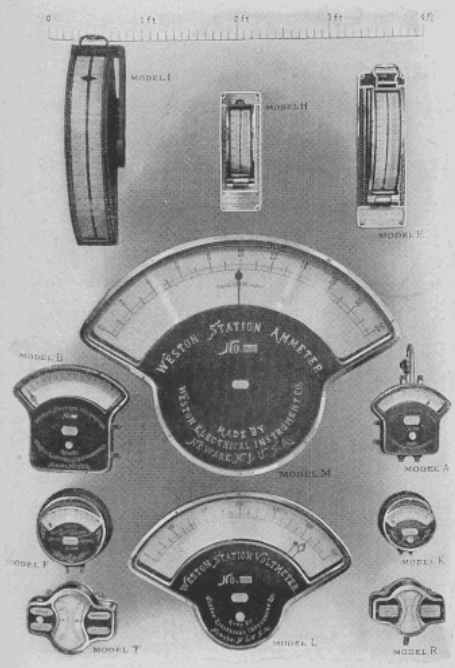
Les divers ampèremètres fonctionnent sur shunt. Une différence de potentiel de 0,05 volt suffit pour donner la déviation maxima; l'intensité du courant est alors de 0,07 ampère, de telle sorte que l'énergie absorbée est seulement de 0,05 % de l'énergie totale du circuit. Les shunts sont faits d'un alliage spécial qui rend négligeable le coefficient de température de tout l'appareil, puisque l'erreur est seulement de 2 % pour un écart de 10° C au-dessus ou au-dessous de la température pour laquelle l'appareil a été étalonné.

Ces appareils sont munis d'un index indiquant le voltage normal adopté pour la distribution. L'aiguille porte à son extrémité un disque d'aluminium perforé à

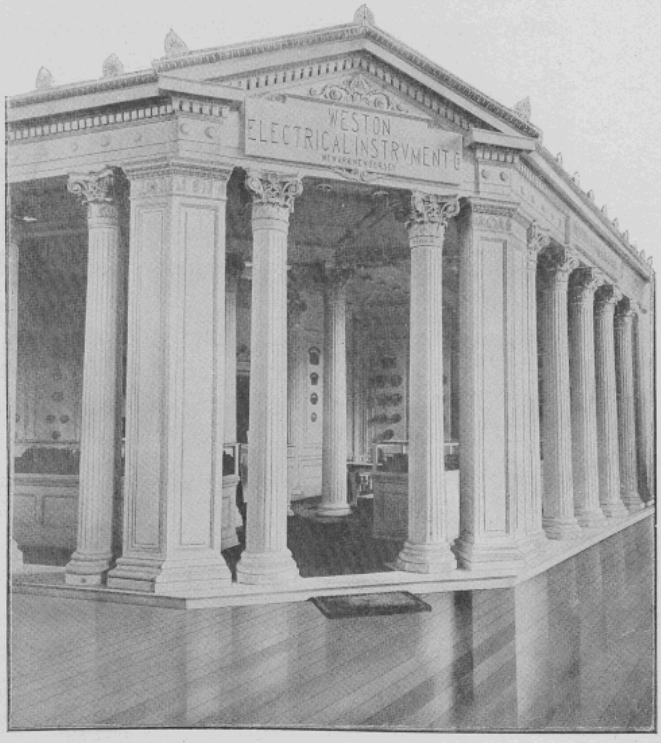
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

travers lequel on peut apercevoir la tête de l'index lorsque l'aiguille est exactement au voltage normal.

Les instruments jusqu'à 750 volts ont des résistances intérieures; mais pour les tensions supérieures on emploie des multiplicateurs séparés que l'on place derrière le tableau. Ils sont formés par un fil d'un alliage spécial ayant un coefficient de température négligeable.



Appareils de tableau Weston.



Stand de la Weston Electrical Instrument C°.

Ces instruments sont contenus dans des boîtes en fer tout à fait étanches à la poussière et les soustrayant aux influences magnétiques extérieures.

Dans le but de diminuer l'encombrement sur les tableaux, la Société Weston a réalisé des appareils dits de profil : seule l'échelle, en arc de cercle, fait saillie sur le tableau. Ces appareils sont fixés dans un cadre métallique au moyen d'une charnière et d'un taquet à ressort. Il sont munis d'une poignée pour rendre leur maniement facile.

Ampèremètres et voltmètres universels à fer mobile Everett-Edgcumbe.

Ces instruments sont pratiquement indépendants de la fréquence et de la forme de l'onde, à tel point que des instruments étalonnés pour une fréquence de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

50 périodes donnent une erreur de moins de 1 % lorsqu'ils sont employés pour le courant continu.

L'induction dans le fer est très basse, de telle sorte que la force agissant sur le fer mobile est pratiquement proportionnelle au carré de l'intensité du courant.

L'influence de la fréquence est aussi négligeable pour les voltmètres, par suite de l'emploi d'une bobine plate permettant d'avoir une self-induction faible, avec un couple relativement considérable.

Un amortisseur à air rend ces instruments apériodiques.

Instruments de mesure Westinghouse.

Appareils de mesure à longue échelle. — Ces divers appareils sont établis avec une échelle divisée très large, de telle sorte que les lectures pourront se faire avec une grande précision et que les appareils pourront être facilement comparés entre eux.

Voltmètre portatif. — Avec ce voltmètre, on fait les lectures en ramenant l'aiguille mobile au zéro, au moyen d'un bouton mobile ; les instruments ont deux sensibilités ; ils sont astatiques et, par suite, ne sont pas influencés par les champs extérieurs et peuvent être utilisés en courant continu ou alternatif ; ils se font pour des tensions jusqu'à 600 volts ; au delà, on fera usage de multiplicateurs. Ils sont remarquablement apériodiques.

Ampèremètre portatif. — Cet appareil est à lecture directe et il est pourvu d'un miroir afin d'éviter les erreurs de parallaxe.

Les bobines sont séparées en deux parties qui peuvent être réunies en série ou en parallèle au moyen d'un petit commutateur.

Ces instruments s'emploient seulement en courant alternatif, mais ils sont exacts pour des fréquences très variables, même pour des fréquences de 25 à 66 p : s, sans erreur appréciable.

Ils ne sont pas influencés par la forme des courbes du courant. Les parties mobiles sont extrêmement légères et leurs oscillations sont amorties de telle sorte qu'ils suivront exactement les variations du courant.

Transformateurs de tension et d'intensité Westinghouse. — Ces appareils s'emploient avec les appareils de mesure usuels.

Leur isolation est particulièrement soignée et la quantité de fer est considérable afin de réduire au minimum les erreurs de transformation. Ils donnent des rapports de transformation exacts pour la charge fixe au secondaire. La consommation du transformateur de tension est de 0,15 ampère seulement et celle du transformateur d'intensité de 3 volts environ.

Le transformateur d'intensité se fait suivant deux types : dans le premier, construit pour des intensités au primaire de 100 ampères, le rapport de transformation est changé au moyen de chevilles, comme dans les boîtes à pont ; dans l'autre type destiné à des intensités plus fortes, une ouverture est ménagée dans le trans-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

formateur, et par cette ouverture on passe un conducteur formant le primaire ; le rapport de transformation varie avec le nombre de tours faits par le conducteur ; s'il fait un seul tour, le rapport sera de 400 à 5 ; avec deux, de 200 à 5 et avec cinq tours, le rapport sera de 100 à 5.

Les transformateurs de tension se font pour des tensions minima de 750 volts primaires. Le voltage secondaire du type courant est de 150 volts pour la tension primaire maxima, mais un certain nombre de bornes permet de faire varier ce voltage secondaire, quoique cela soit moins utile qu'avec le transformateur d'intensité.

Instruments de tableau Westinghouse.

Ces appareils sont très précis; ils s'emploient pour les tableaux pour lesquels on a besoin d'appareils très exacts; ils se font suivant plusieurs types.

Le type « D » est disposé dans une boîte ronde.

Le type « B » a un cadran illuminé au moyen de deux petites lampes tubulaires placées dans un espace ventilé à la partie supérieure de la boîte.

Les appareils du type « H » sont de profil; ils sont employés pour réduire l'emplacement occupé; c'est ainsi qu'ils n'ont que 133 mm de large.

Tous ces instruments ont une construction intérieure identique.

Le système magnétique est formé de deux puissants aimants en fer à cheval boulonnés sur une paire de pièces polaires en acier doux, les lignes de force magnétique passant entre les pièces polaires supérieure et inférieure.

Une bobine oblongue à fils fins entoure la pièce polaire supérieure et peut être facilement enlevée sans déranger les aimants. Le poids de la bobine équilibre exactement le poids de l'aiguille mobile.

Les pièces polaires sont fixées sur les aimants avant qu'ils ne soient aimantés et vieillis, et les aimants ainsi constitués sont gardés longtemps en magasin avant d'être livrés; ceux présentant une perte trop grande sont rejetés.

L'équipage mobile pivote entre deux chapes de saphir portées par des tiges filetées réglables et supportés par des ressorts. Cette partie mobile est complètement en aluminium.

L'ampèremètre fonctionne sur shunt en métal ayant un très faible coefficient de température.

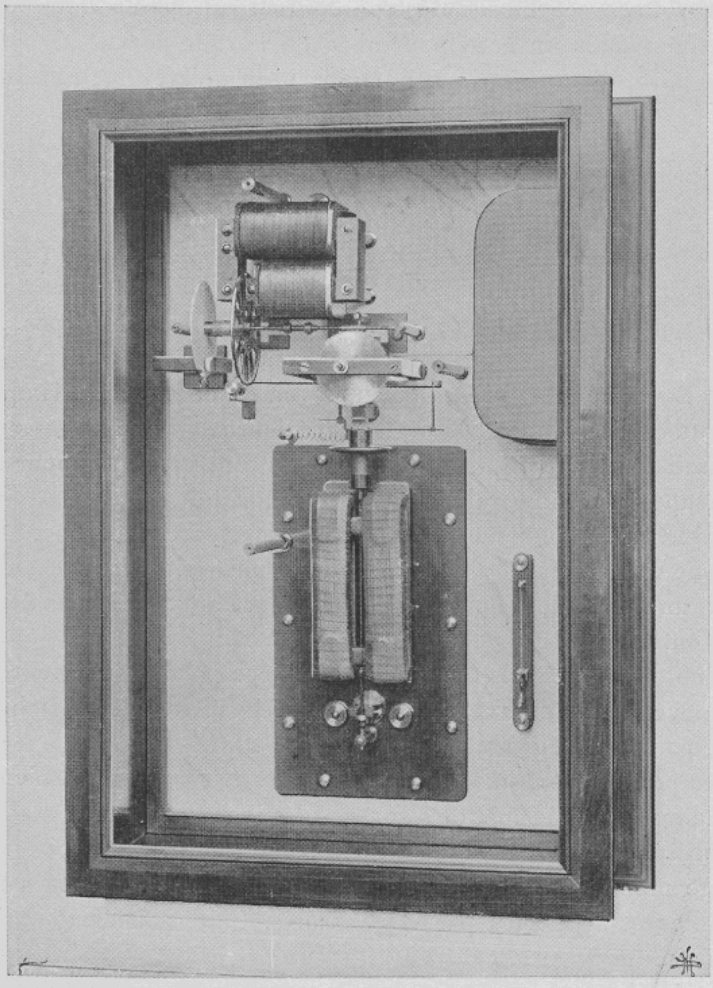
Ampèremètres et voltmètres Olivetti.

Ampèremètres et voltmètres, mod. H.W.Z., H.W.Y. — Ces ampèremètres et voltmètres sont des appareils à cadre mobile pour courant continu ; ils ressemblent extérieurement aux types H.A.Z , H.A.Y., à fil chaud, qui sont décrits plus loin, mais ils ont une graduation uniforme.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces instruments diffèrent des autres du même type par la disposition mécanique de la bobine et du noyau de fer, qui sont supportés par une même pièce de laiton qui les centre vis-à-vis de l'aimant.

Ampèremètres et voltmètres H. S. Z., H. S. B., H. S. Y. — Ceux-ci sont des appa-



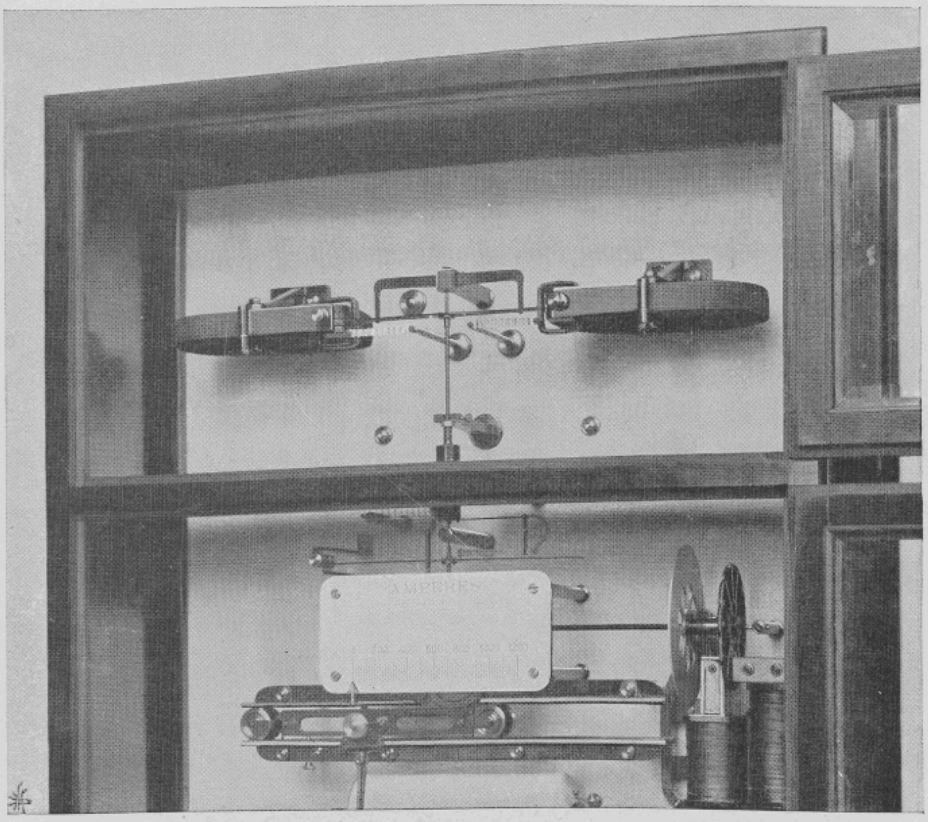
Voltmètre électrodynamique à relais Olivetti.

reils électromagnétiques de tableau. Ils sont constitués par une palette de fer doux, aimantée par une bobine et repoussée par une autre palette de fer aimantée par la même bobine. L'instrument est rendu parfaitement apériodique par un petit amortisseur comportant une petite boîte ronde hermétiquement fermée qui tourne avec l'équipage. Cette petite boîte est divisée selon son diamètre vertical par deux cloisons qui portent un petit trou. La boîte est remplie partiellement d'un liquide qui amortit les oscillations.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le voltmètre à lecture directe est un électrodynamomètre à relais de grandes dimensions, spécial pour laboratoires. Ce voltmètre se construit suivant trois modèles dont le premier sert pour les lectures jusqu'à 100 et 200 volts ; le second pour des lectures jusqu'à 300, 400, 500, 600, 800, 1 000 volts ; le dernier pour des lectures de 1 000, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000, 10000, 12000 volts.

Les appareils sont pourvus de résistances additionnelles divisées, et, selon que



Ampèremètre électromagnétique à relais Olivetti.

l'on emploie l'une ou l'autre de ces résistances, on doit multiplier par 1, 2, 3, etc., les lectures.

Les appareils sont pratiquement dénués de self-induction et de coefficient de température et sont également étalonnés pour courants continu et alternatif.

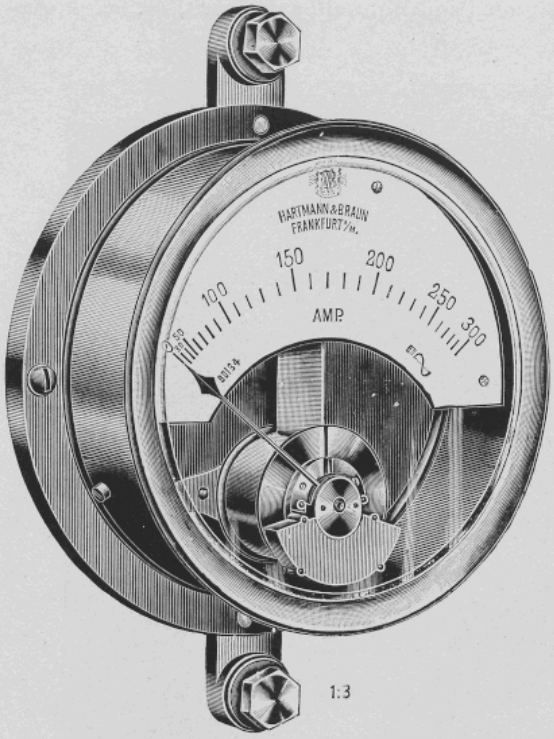
L'échelle de 40 centimètres de diamètre est très étendue et peut être vue à quelques mètres de distance.

Ces instruments sont exacts à 1/500^{me} près.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Appareils Hartmann et Braun.

Ampèremètres et voltmètres électromagnétiques. — Ces instruments consistent en une bobine fixe à plan d'enroulement vertical, au centre de laquelle est disposé un segment de cylindre en fer doux fixé à un axe pivotant entre des chapes d'agate.



Ampèremètre électromagnétique Hartmann-Braun.

Cette portion de cylindre de fer mobile est entourée presque complètement par un autre segment cylindrique analogue et fixe, disposé avec le moins de jeu possible, qui, aimanté par le solénoïde, exerce un effet répulsif sur le premier et produit, sur le segment de fer mobile, un couple dont la valeur dépend de l'intensité du courant et dont l'action est contre-balancée par la pesanteur.

Au lieu d'un seul segment fixe à effet répulsif, il peut y en avoir deux, et enfin on peut obtenir, à l'aide de trois segments fixes, un effet combiné attractif ou répulsif sur le quatrième segment mobile. La palette, en forme de « Z » de l'armotisseur, fixée à un fléau très court, se meut avec un jeu excessivement réduit dans une chambre demi-circulaire fermée complètement, sauf la fente étroite pour le passage de la tige de la palette, et réalise un mouvement apériodique presque parfait. Les bobines sont entourées par des anneaux protecteurs en fer doux.

La consommation propre de ces appareils est de 1,5 watt. Les bobines des voltmètres sont en série avec des résistances fixes en constantan.

Galvanomètres apériodiques jumelés pour automobiles électriques Chauvin et Arnoux.

Une boîte en aluminium ayant comme dimensions $245 \times 135 \times 63$ mm parfaitement étanche renferme, à l'abri de la pluie et de la poussière, un voltmètre et un ampèremètre placés sous vitre.

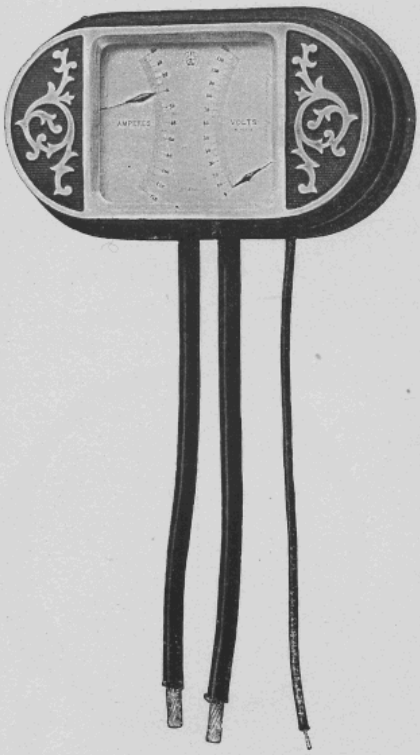
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De cette boîte émergent trois câbles (2 pour l'ampèremètre et 1 pour le voltmètre) qu'il suffit de connecter dans le circuit aux points convenables.

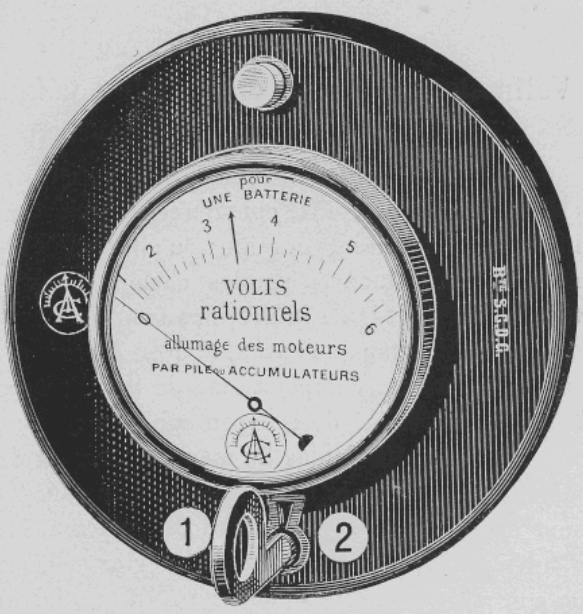
L'apériodicité de ces instruments est une qualité qui les rend précieux pour cet usage particulier.

Voltmètre rationnel. — Ce voltmètre installé à poste fixe sur les voitures automobiles permet la vérification des batteries sans avoir à pointer sur les piles ou les accumulateurs toujours placés dans un endroit peu accessible.

Il est utilisé indistinctement pour les piles ou les accumulateurs. Étant apériodique, il rend les vérifications très rapides.



Ampèremètre et voltmètre jumelés Chauvin-Arnoux.



Voltmètre pour automobiles Chauvin-Arnoux.

Les socles sont établis de deux façons différentes :

1° Avec simple bouton-pressoir ;

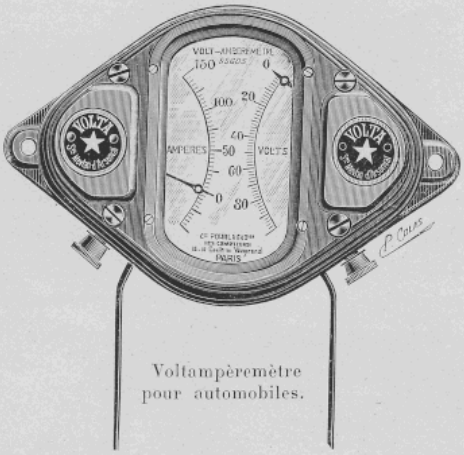
2° Pour deux batteries avec commutateur servant d'interrupteur général et bouton-poussoir avec trois positions pour la clef.

Ce modèle peut d'ailleurs être employé avec une seule batterie ; dans ce cas, la position de la clef vers la batterie absente est la position « arrêt ».

Cette clef retirée rend impossible toute mise en marche intempestive de la voiture.

La vérification s'effectue par une simple pression sur le bouton-poussoir, lorsque la clef a été préalablement tournée vers 1 ou 2.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Voltampèremètre pour automobiles.

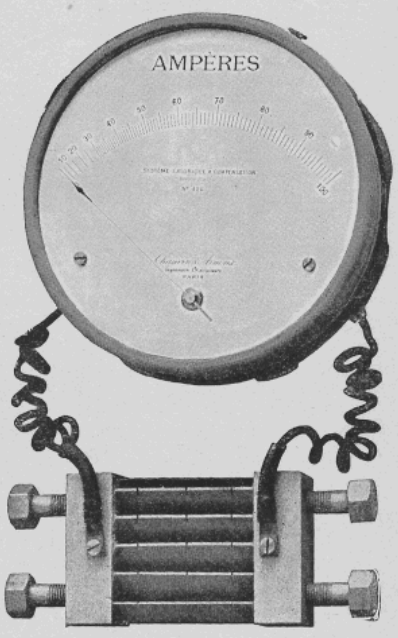
Voltampèremètre de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs.

La figure ci-contre représente un voltampèremètre à courant continu pour automobiles; cet appareil a été étudié de façon à pouvoir résister à tous les chocs et trépidations et à obtenir une étanchéité parfaite à l'air et à la poussière.

APPAREILS THERMIQUES

Voltmètres et ampèremètres calorifiques de contrôle à sensibilité variable pour courants alternatifs Chauvin et Arnoux.

Ces instruments, basés sur la dilatation d'un fil métallique échauffé par le courant qui le parcourt, conviennent également bien pour les courants continus ou alternatifs. Ils ne sont pas influencés par les champs magnétiques voisins et leurs indications sont indépendantes de la forme du courant et de sa fréquence. Ils possèdent un compensateur de température très précis, réalisé de la façon suivante :



Ampèremètre calorique Chauvin-Arnoux.

Plusieurs fils isolés de même nature et de même section que le fil traversé par le courant sont fixés, d'une part, au bâti du système, et, d'autre part, à une extrémité d'un levier articulé en son milieu, l'autre extrémité étant sollicitée par un ressort à boudin qui tend fortement le faisceau de fils. Parallèlement au faisceau est tendu le fil traversé par le courant, ce fil est lui-même fixé au levier d'une part et, d'autre part, à l'extrémité d'un système amplificateur commandant l'axe de l'index au moyen d'un cocon toujours bandé par un ressort additionnel.

On conçoit que si la température ambiante modifie la longueur des fils, le ressort maintient toujours ces fils à une tension respective uniforme et que si le fil traversé par le courant s'allonge seul, l'effet de cet allongement se traduira par un déplacement de l'aiguille sur le cadran.

Les fils compensateurs ayant la même masse et le même coefficient de tempé-

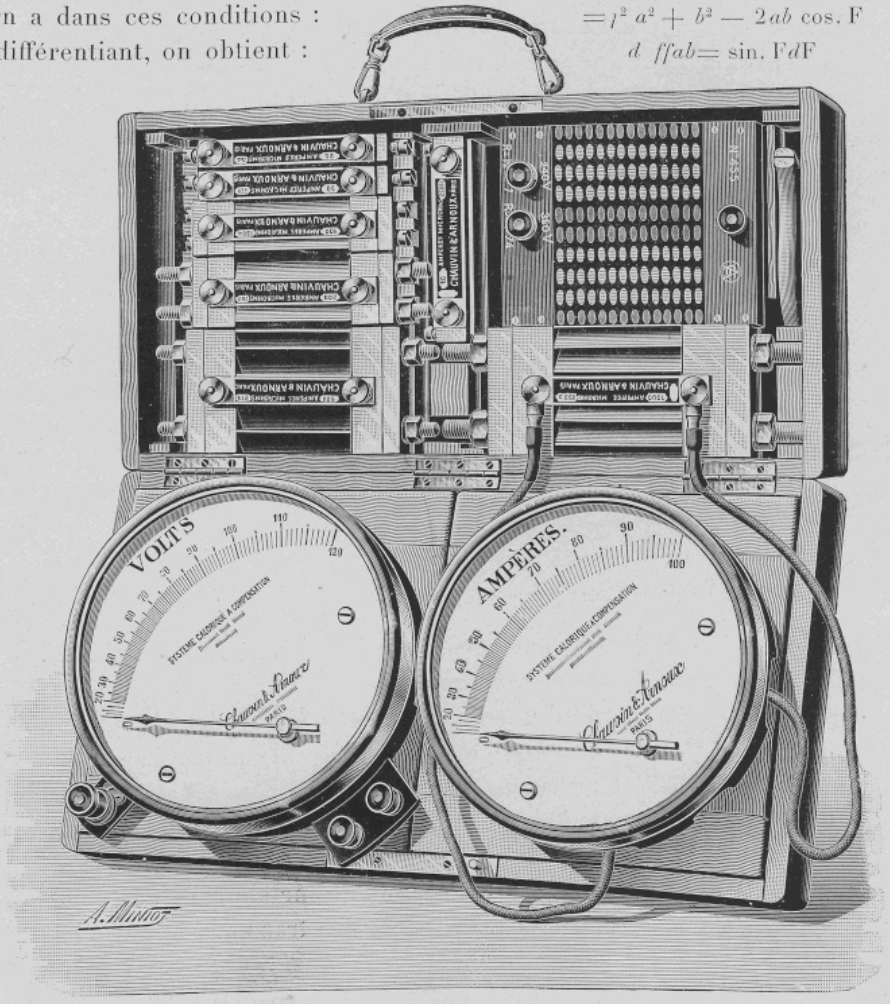
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rature que le fil traversé par le courant, l'équilibre thermique est toujours instantané et la fixité du zéro assurée.

Pour amplifier le déplacement produit par la dilatation du fil chauffé par le courant, on a utilisé la propriété suivante des triangles : soit un triangle A B F dont l'angle F est sensiblement égal à π.

On a dans ces conditions : $= f^2\ a^2 + b^2 - 2ab \cos. F$

d'où différentiant, on obtient : $d\ ffab = \sin. F dF$



Boite de contrôle pour courants alternatifs Chauvin-Arnoux.

c'est-à-dire $$\frac{dF}{df} = \frac{1}{ab \sin. F}$$

relation qui montre que la variation dF de l'angle F pour un allongement df du côté f est maximum en faisant F très voisin de 180° et le plus petit possible.

La caisse de contrôle pour les mesures électriques sur courants alternatifs de toute forme et fréquence se compose de ces appareils caloriques à compensation.

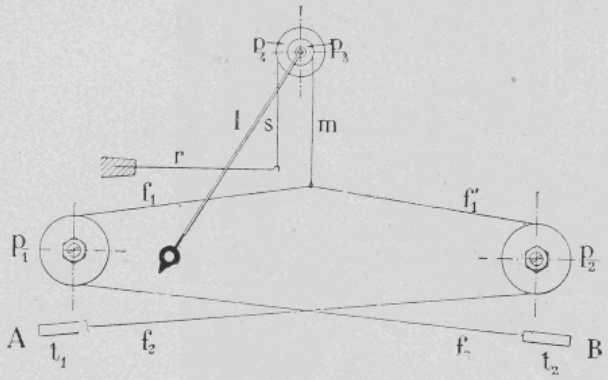
Elle permet de faire avec deux seuls instruments des mesures d'un nombre de watts pouvant varier de 25 watts à 600 000 watts.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

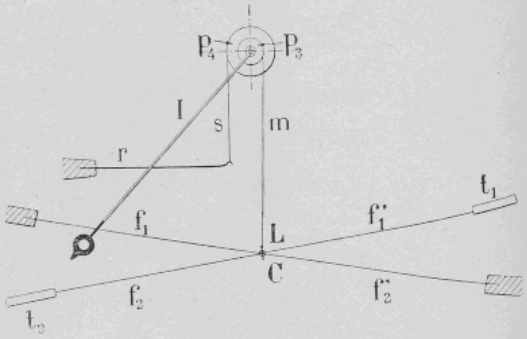
Voltmètres et ampèremètres thermiques de la Compagnie des Compteurs.

Voltmètres. — On mesure la différence de flèche que prend un fil spécial très résistant fixé en deux points. Les mouvements du fil sont transmis à l'axe de l'aiguille par un brin s'enroulant sur une poulie calée sur l'axe de l'aiguille; l'invariabilité du zéro est assurée par le fait que le coefficient de dilatation du bâti qui porte tout l'appareil est sensiblement le même que celui du fil.

La dépense de courant est d'environ 1 dixième d'ampère pour les appareils



Ampèremètre thermique.



Voltmètre thermique.

portatifs, et de 1,5 à 2 dixièmes d'ampère pour les voltmètres de tableau, et de 3 dixièmes d'ampère pour les enregistreurs.

Ampèremètres. — Pour réduire au minimum la différence de potentiel on a employé 2 fils f^1 f'^1, f^2 f'^2 reliés en parallèle, le courant entrant par le milieu du fil au moyen d'une lame flexible C; chacun des fils forme un système à flèche dont les mouvements inverses se transmettent à un levier L relié par une transmission m à une poulie, comme dans les voltmètres.

Les ampèremètres à basse tension se montent sur shunts à 0,3 volt. Pour les hautes tensions en courant alternatif on emploie des transformateurs d'intensité.

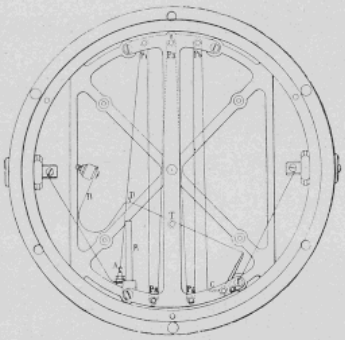
Voltmètres thermiques Richard.

Le fil traversé par le courant est un fil métallique d'un alliage dont la résistance électrique est pratiquement constante, malgré les variations de température. Il est fixé, par l'une de ses extrémités A, à un compensateur B qui a pour effet de rendre les indications de l'appareil indépendantes de la température ambiante.

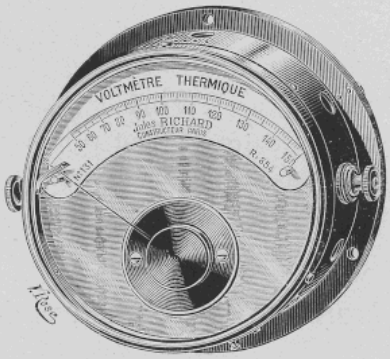
Après avoir passé dans les gorges de poulies isolées P_1 P_2 P_3 P_4 P_5, le fil aboutit à l'extrémité C du petit bras d'un levier dont le grand bras commande un fil qui, après avoir fait un tour sur le tambour T portant l'aiguille indicatrice E, est attaché à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'extrémité D d'un ressort de tension R. Le fil actif est monté en série de façon à ne présenter aucune self-induction ; l'importance de ce rhéostat varie avec le voltage maximum pour lequel est construit l'appareil. Dans le cas de très haut voltage, les



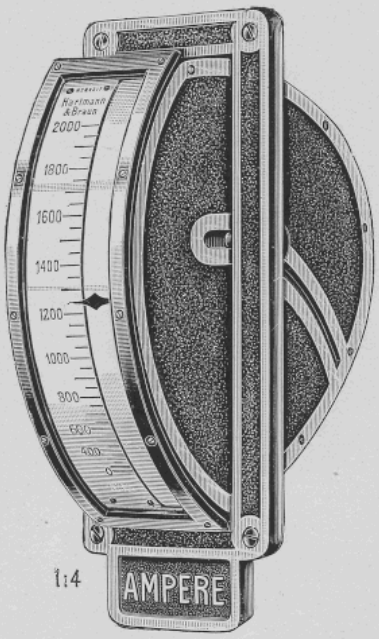
Voltmètre thermique Richard.



Voltmètre thermique Richard.

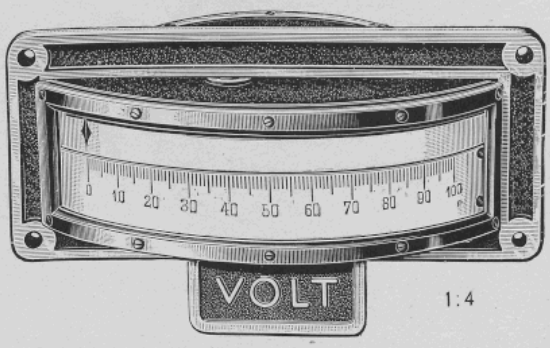
résistances en série sont remplacées par de petits transformateurs, réduisant la tension dans un rapport déterminé.

Le *compensateur* est constitué par un système de deux métaux de dilatations très différentes : le zinc et l'acier au nickel connu sous le nom d'acier Guillaume. Son réglage se fait au moyen d'une vis V qui sert en même temps pour la mise à zéro, si, par suite d'un à-coup ou d'un choc, celui-ci se trouve déplacé.



Ampèremètre de profil.

Ampèremètres et voltmètres de profil, caloriques apériodiques, Hartmann et Braun.



Voltmètre de profil.

La dilatation d'un fil court de platine-argent sous l'influence de la chaleur produite par le courant électrique qui le traverse est utilisée pour la mesure de l'intensité, par l'évaluation de la variation de la courbure résultante.

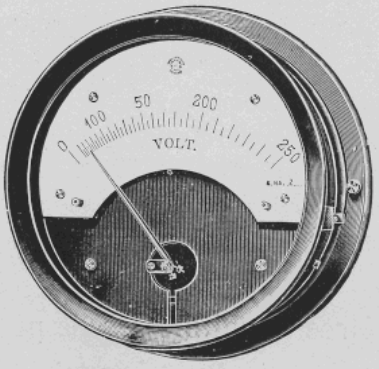
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'influence de la température ambiante est compensée par la dilatation d'une plaque d'alliage spécial sur laquelle est monté le système. Un aimant amortisseur rend le système tournant apériodique. Les instruments, construits d'après ce principe et du modèle le plus nouveau, sont de profil. Ils sont susceptibles d'être fixés dans le sens vertical ou horizontal et présentent différents avantages sur les appareils cylindriques.

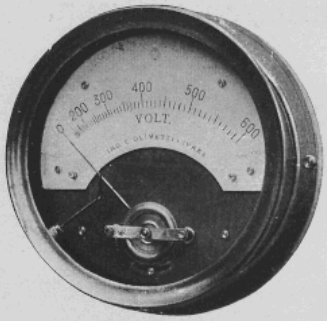
Malgré l'encombrement relativement réduit de ce type, l'échelle gagne en longueur, en outre on peut faire varier l'inclinaison de la boîte contenant l'instrument proprement dit, de façon à rendre faciles les lectures et éliminer les erreurs de parallaxe.

Ampèremètres et voltmètres thermiques, mod. H.A.Z., H.A.Z.I. Olivetti.

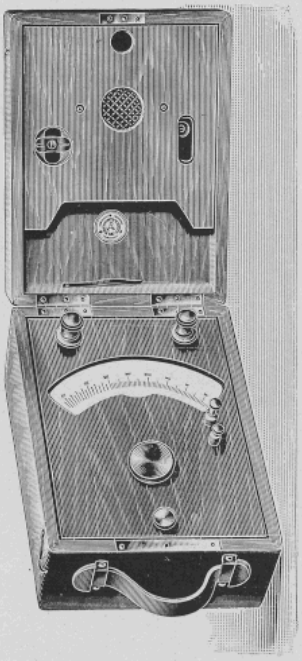
Ces ampèremètres et voltmètres sont des appareils de tableau à fil chaud, pour



Voltmètre thermique H.A.Z. Olivetti.



Voltmètre électrodynamique Olivetti.



Ampèremètre et voltmètre thermique H.A.Z.I. Olivetti.

courants continu et alternatif. La disposition cinématique pour amplifier l'élongation du fil est originale.

Le fil BD, qui s'échauffe sous l'action du courant, est soudé à l'une des extrémités à un point fixe D, à l'autre à un crochet B d'un levier NC qui peut tourner autour du point N. L'extrémité C de ce levier est tendue par un fil flexible CM tiré

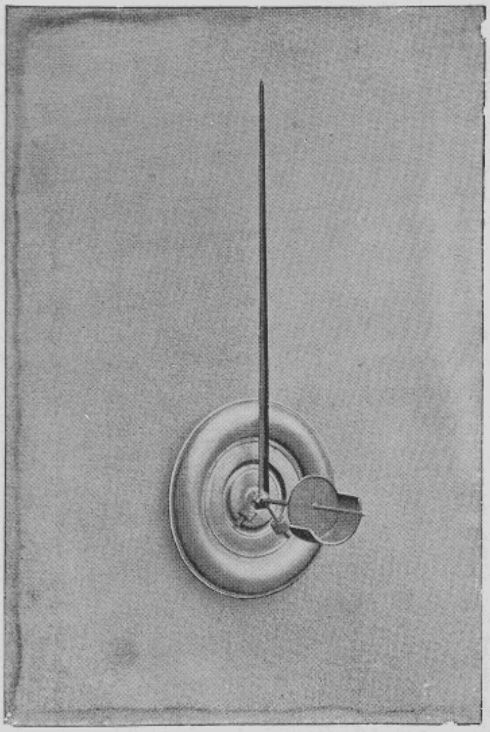
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par un ressort *m*. Le fil MC est enroulé autour de la gorge d'une poulie P qui peut tourner sur son axe, entraînant l'aiguille I de l'appareil.

A la moindre dilatation du fil DB, le levier NC, qui est soumis à la résultante des tensions du fil BD et du ressort *m*, tourne autour du point N et, dans son mouvement, entraîne la poulie P et l'aiguille I.

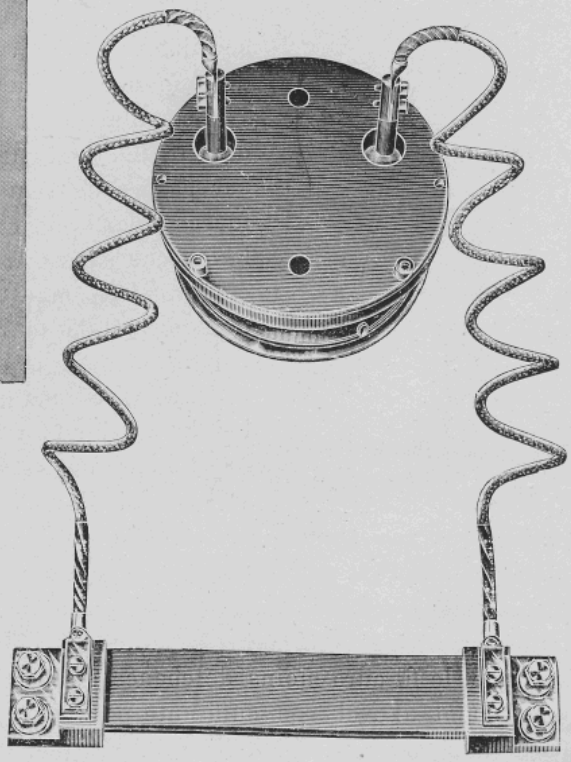
Le fil BD, en alliage platine-argent, est remplacé dans les voltmètres par plu-

Diagramme du montage du fil dilatable dans les appareils thermiques Olivetii.



Équipage mobile et amortisseur à liquide de l'ampèremètre.

Voltmètre thermique H. A. Z. I. Olivetti.



Ampèremètre thermique Olivetti avec shunt.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sieurs brins de fil très mince enroulés sur deux poulies isolantes. La déviation n'est pas augmentée par ces poulies qui, d'ailleurs, ne tournent pas ; mais on peut ainsi employer pour les voltmètres un fil très mince (0,03 mm) dont un seul brin n'aurait pu supporter la tension mécanique à laquelle il est soumis. Ces brins, mécaniquement en parallèle, sont électriquement en série, et le courant nécessaire pour les échauffer est très petit.

L'appareil est bien compensé pour les variations de la température extérieure.

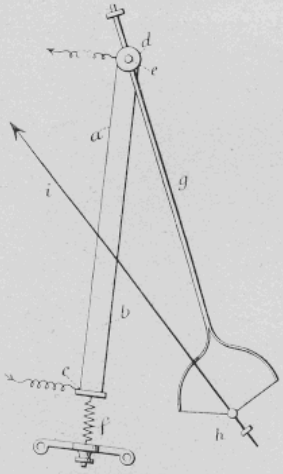
Les ampèremètres sont pourvus de shunts reliés par des cordons souples.

Les voltmètres sont munis de résistances additionnelles séparées.

Les appareils de laboratoire sont construits sur le même principe.

Appareils de mesure à fil chaud Withney.

La *Withney Electrical Instrument C°* expose des appareils de mesure à fil chaud basés sur un principe tout à fait nouveau. Ces appareils comportent un fil résistant passant sur une poulie et venant se fixer sur une petite plaque isolante rappelée en son milieu par un ressort, de manière que les deux brins soient toujours égaux. Un des brins seul est traversé par le courant qui est amené par de petits fils enroulés en spirale à une des extrémités de la plaque et à la poulie, de telle sorte que l'un des fils se dilatant la poulie devra tourner pour rétablir l'égalité de longueur des deux brins.



Appareil de mesure à fil chaud Withney.

La poulie transmet son mouvement à l'aiguille au moyen d'un système très ingénieux, comportant une tige calée sur l'arbre de la poulie et portant à son extrémité une fourche élastique. Un fil de soie tendu entre les dents de la fourche s'enroule sur une poulie fixée à l'aiguille. On comprend aisément que la rotation de la poulie et de la tige portant la fourche fera tourner la poulie portant l'aiguille.

Les variations de température agiront également sur les deux brins et n'auront pas d'influence.

Les avantages réclamés par les constructeurs sont : 1° l'emploi d'un fil de compensation pour les influences extérieures non seulement de même nature que le fil dilatable, mais formé par le même fil, assurant par suite une compensation parfaite ; 2° la tension exercée sur le fil est seulement celle d'un petit ressort ; elle est donc faible et, par suite, le fil ne tendra pas à se déformer par suite des efforts subits ; 3° l'appareil, étant plus sensible, le fil aura moins de chance de brûler, et l'appareil peut supporter continuellement une charge suffisante pour faire dévier l'aiguille de 120° au delà de l'échelle sans que l'exactitude soit changée.

Pour ramener l'aiguille au zéro, on n'agit plus, comme avec les appareils anciens,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur la tension du fil, mais on déplace, au moyen d'une vis, l'ensemble de la plaque portant le ressort de tension du fil et tournant autour de l'axe de la poulie.

Ces appareils sont naturellement amortis, mais on a en outre ajouté un petit amortisseur formé par un disque d'aluminium fixé à l'aiguille et se déplaçant entre les pièces polaires d'un aimant.

Les ampèremètres fonctionnent sur shunt placé dans l'intérieur de la boîte.

Pour donner une idée de la sensibilité de ces appareils, il suffit de dire qu'un ampèremètre fonctionnant sur shunt donne une chute de potentiel de 200 millivolts seulement, valeur bien inférieure à celle des autres appareils en général.

Ampère-manomètre Franz Hugershoff, Leipzig, d'après G. Bredig et O. Hahn.

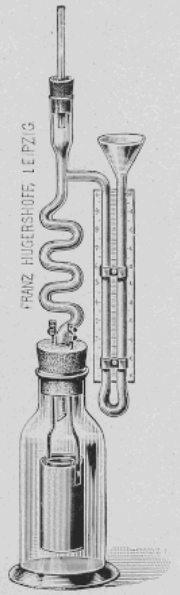
L'emploi d'un voltamètre comme ampèremètre serait assez peu pratique, car pour chaque lecture, il faudrait mesurer le temps et le volume du gaz dégagé, mais on peut mesurer la vitesse du dégagement du gaz au moyen d'un manomètre.

Les gaz se dégageant d'un vase clos peuvent s'échapper par un tube capillaire. La pression à l'intérieur du voltamètre que l'on peut mesurer au moyen d'un manomètre, est, d'après la formule de Poiseuille, sensiblement proportionnelle à la vitesse du dégagement du gaz, pour une longueur et un diamètre donnés de tube capillaire. M. Hahn a établi la formule suivante admissible pour les gaz humides et une température moyenne.

$$P = \frac{8{,}4 \cdot 10^4 \cdot l \cdot i}{r^4}$$

où P représente la pression en centimètres d'eau, i, l'intensité du courant en ampères, l, la longueur du tube capillaire en centimètres, r, le rayon du tube capillaire en millimètres.

Cet instrument ne prétend pas à une grande précision; mais comme l'erreur ne dépasse jamais 5 % il pourra suffire pour la plupart des mesures pour lesquelles l'on a besoin d'un instrument résistant.



Ampère-manomètre.

Appareils Ferraris de Siemens et Halske.

Parmi ces appareils, on peut citer :

1° **Indicateur universel**. — Cet appareil comporte dans une seule boîte, un voltmètre, un ampèremètre et un wattmètre. Cette disposition est admissible puisque les champs ne s'influencent pas mutuellement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° **Appareil de contrôle.** — Basé sur le principe des champs tournants Ferraris, cet appareil maintient constante la tension, en agissant sur les rhéostats de régulation du voltage par l'intermédiaire d'un dispositif électrique ou mécanique.

3° **Appareil à champ tournant pour mesure des courants alternatifs.** — Ces appareils sont établis sur le principe des appareils à champ tournant Ferraris. Ils comprennent :

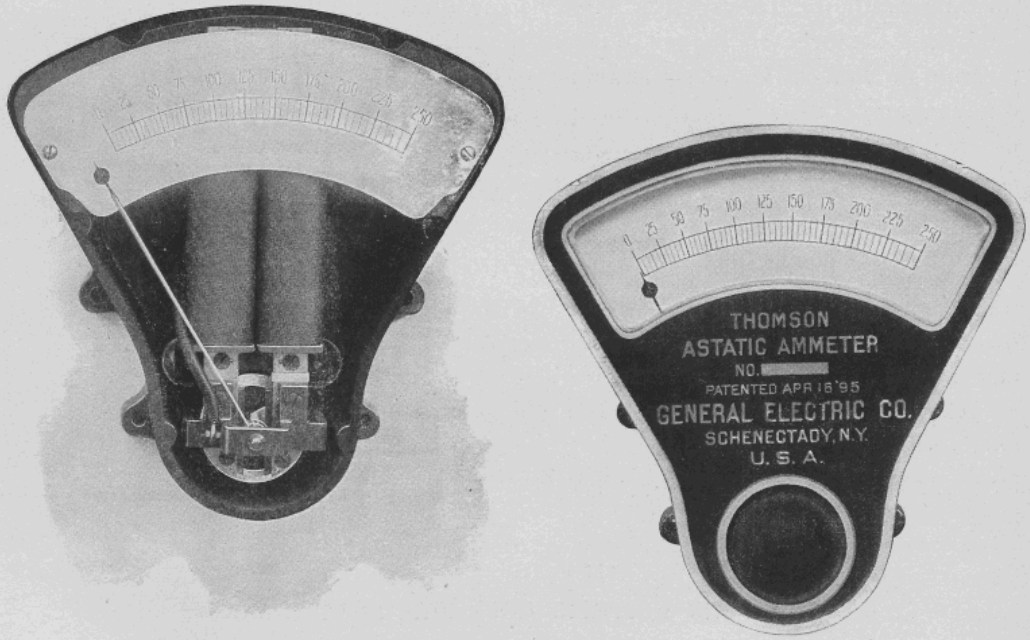
Un wattmètre, un ampèremètre et un voltmètre portatifs.

Appareils à miroir. — On remarquait une collection de galvanomètres, d'électrodynanomètres et électromètres à miroirs.

Les bobines mobiles de ces appareils sont facilement interchangeables, ce qui permet d'adapter l'équipage mobile à la mesure à faire ; on peut faire varier la sensibilité de 35 %.

Ampèremètre astatique Thomson.

Le système magnétique est constitué par un électro-aimant puissant monté en dérivation sur une distribution à 110 volts, de telle sorte que les noyaux de fer sont



Ampèremètres astatique Thomson.

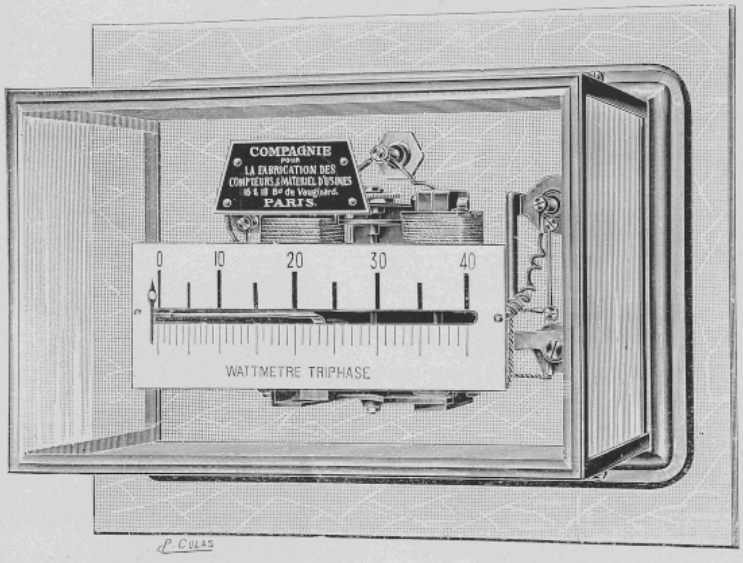
saturés ; par suite le champ magnétique est pratiquement indépendant des variations de voltage. Le couple étant très énergique, on peut donner de très grandes dimensions à ces appareils.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

WATTMÈTRES

Compagnie pour la fabrication des Compteurs.

Wattmètre Étalon Universel. — Cet appareil est constitué par une bobine mobile extrêmement légère dont le circuit est complété par des résistances sans coefficient de température et sans self-induction, en sorte que les mesures sont exactes à 1/2 % à partir du courant continu jusqu'à la fréquence 80, et par un circuit fixe constitué par un toron de fil fin isolé et câblé.



Wattmètre pour courants alternatifs triphasés.

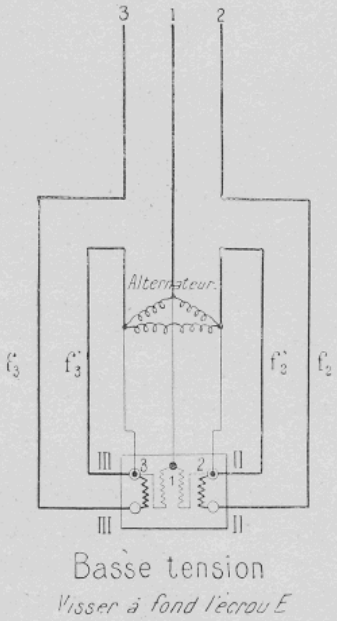


Schéma du wattmètre à basse tension

Cet appareil est construit suivant 2 types :

1. — Avec une seule sensibilité d'ampères et variation de la sensibilité dans le rapport de 1 à 2 par la réduction de la résistance du circuit dérivé au moyen d'un poussoir à baïonnette.

2. — Avec 2 sensibilités d'ampères, la résistance dérivée restant constante, le rapport étant choisi de manière à faire les mesures dans les meilleures conditions, par exemple, 5 ampères et 20 ampères.

Wattmètres indicateurs d'induction. — Ces appareils sont basés sur l'emploi des champs tournants ou sur les inter-actions de deux flux diphasés et des courants induits par eux dans un disque mobile qui porte l'aiguille indicatrice.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Afin de pouvoir appliquer le même modèle au courant mono, di ou triphasé, on emploie 2 systèmes inducteurs agissant sur un même disque et, suivant les cas, on les relie sur une phase ou sur deux phases (méthode des deux watt-mètres).

Chaque système comprend 3 circuits : un circuit excité par les volts; un circuit

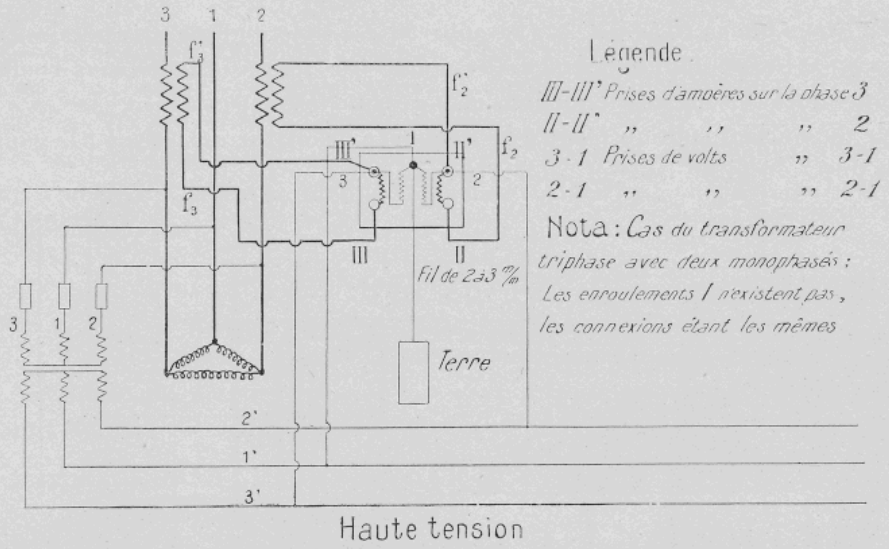


Schéma du wattmètre à haute tension.

excité par les ampères et un circuit correcteur, parcouru par une fraction de ceux-ci et destiné à rendre la mesure exacte pour les watts diphasés.

Un aimant amortisseur ajoute son action à celle des flux de volts; un ressort constitue la force antagoniste, de sorte que les échelles sont proportionnelles.

Wattmètre portatif Westinghouse.

Les bobines d'intensité et de tension de cet appareil sont également subdivisées en deux parties, ce qui permet d'avoir quatre sensibilités; en outre les divisions sont approximativement égales, de telle sorte que les lectures se feront partout avec la même sensibilité.

Ces appareils ne peuvent être employés qu'en courant alternatif, comme les ampèremètres.

Les wattmètres polyphasés sont constitués par deux appareils identiques, réunis sur un seul arbre et une seule aiguille se déplaçant devant un cadran.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ils ne sont pas affectés par les champs extérieurs et, par suite, peuvent être utilisés pour les essais des grosses machines polyphasées.

Wattmètres pour circuits triphasés non équilibrés Elliott Brothers.

Les appareils de mesure pour circuits triphasés comprennent un wattmètre indicateur ou enregistreur, deux transformateurs d'intensité dont l'enroulement primaire est monté en série sur deux des phases.

L'appareil de mesure est donc complètement isolé du circuit principal à haute tension.

Wattmètre portatif pour circuits triphasés non équilibrés. — Cet appareil se

Wattmètre portatif Elliott Brothers.

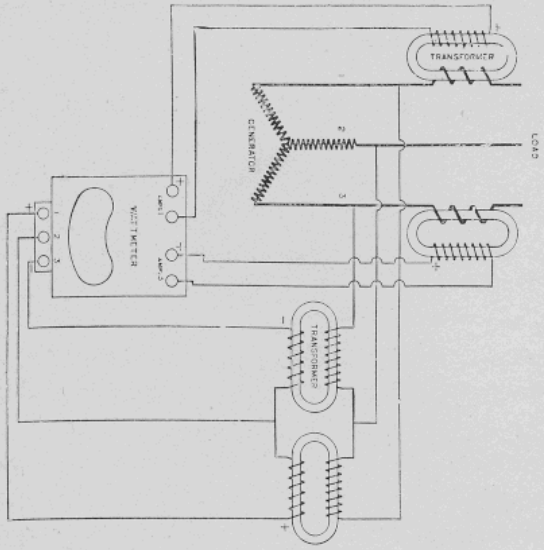


Diagramme du wattmètre triphasé Elliott Brothers.

compose de deux wattmètres reliés mécaniquement, portant une seule aiguille indicatrice. Le tout est placé dans une boîte de dimension réduite; le poids de l'appareil étant seulement de 5,700 kg. Les dimensions principales sont les suivantes : longueur 23 cm, largeur 20 cm, hauteur 23,5 cm, longueur de l'aiguille 12 cm, longueur de l'échelle 11,4 cm.

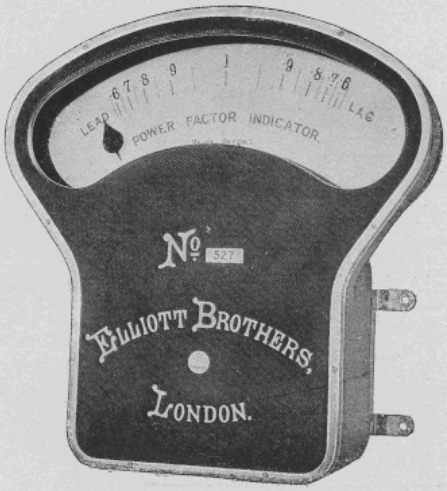
Appareils de mesure du facteur de puissance. — Le wattmètre servant pour la mesure des puissances en circuits triphasés peut servir à mesurer le facteur de puissance si la charge est équilibrée.

On fait deux lectures : l'une en supprimant l'un des transformateurs d'intensité

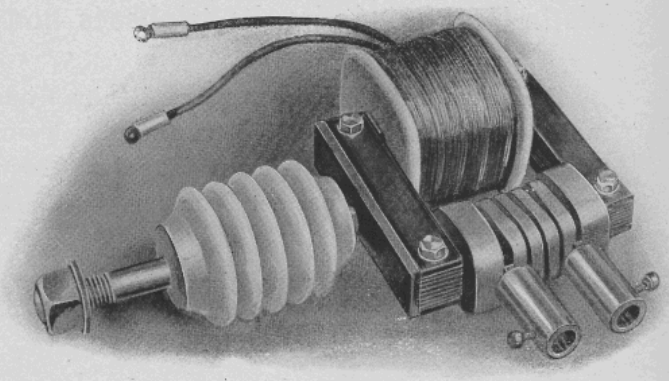
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et un transformateur dévolteur ayant une extrémité à la ligne dans laquelle le transformateur d'intensité était placé; on obtient ainsi une valeur w_1.

Dans une seconde lecture, on obtient une

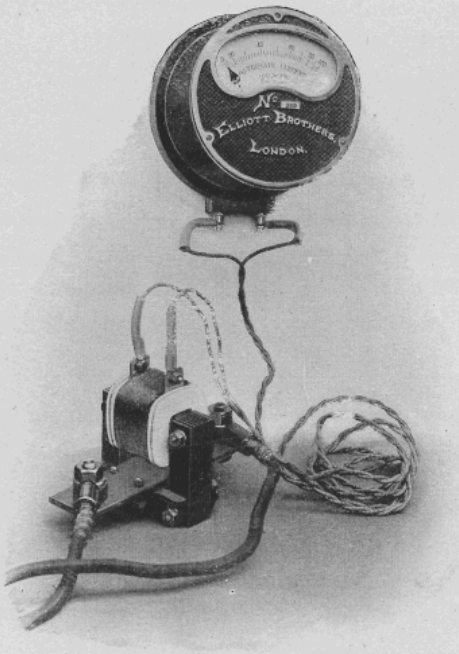


Indicateur de facteur de puissance.



Transformateur Elliott Brothers.

valeur w_2, en connectant les autres transformateurs au circuit, les premiers transformateurs étant déconnectés.



Ampèremètre avec transformateur d'intensité Elliott Brothers.

Le facteur de puissance est donné par la formule :

$$2 \text{ an. } q = \sqrt{3}\,\frac{w_1 - w_2}{w_1 + w_2}$$

où q est l'angle de retard.

Transformateurs employés avec les appareils de mesure. — Les ampèremètres sont montés sur des transformateurs d'intensité. Ceux de grande intensité ont un primaire formé d'une simple barre de cuivre, le secondaire étant constitué par une petite bobine.

Pour les circuits à haute tension, le primaire est formé d'une bobine de barre de cuivre nu; le tout est monté sur un isolateur en porcelaine; ce transformateur ne peut alors être traversé par plus de 75 ampères.

Lorsque le transformateur doit servir pour des courants supérieurs à 500 ampères, les sorties sont suffisantes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour porter le poids de l'appareil. Des transformateurs d'intensité à rapport variable s'emploient avec les ampèremètres portatifs permettant d'avoir plusieurs sensibilités.

Wattmètre Everett-Edgcumbe.

Ces instruments sont construits en deux types suivant qu'ils doivent être fixés sur les tableaux ou être transportables.

Les diverses causes d'erreur que l'on peut rencontrer dans un wattmètre sont :

1° la self-induction dans la bobine mobile qui décale l'intensité en arrière du voltage ;

2° la capacité dans le circuit mobile qui décale l'intensité en avant;

3° les courants de Foucault dans les parties métalliques à proximité, comme, par exemple, les conducteurs ou leurs supports.

Toutes ces erreurs ont été évitées dans l'instrument en question, car la bobine mobile ne présente, non seulement pas de self-induction, mais elle est enroulée par sections, ce qui rend la capacité presque négligeable. La résistance en série forme une très grande partie de la résistance totale du circuit mobile de telle sorte que la self-induction du circuit mobile et son coefficient de température sont annulés.

Afin d'éviter les courants de Foucault, la bobine en série présente le moins possible de parties métalliques et on a d'ailleurs employé un métal à grande résistance spécifique, le maillechort, en général.

Les wattmètres sont munis de l'amortisseur à air Everett-Edgcumbe, de façon à être complètement apériodiques.

Les instruments de tableau qui mesurent environ 25 cm à la base ont des échelles de 16,5 cm de long et les boîtes sont faites complètement de matières isolante, de façon à éviter les courants de Foucault et à assurer la sécurité de leur emploi sur les circuits à tension élevée.

On monte généralement maintenant les wattmètres sur de petits transformateurs, de telle sorte que la haute tension ne pénètre pas dans les appareils mêmes. Il y a peu de difficultés pour la construction des transformateurs de tension; il suffit de veiller à l'isolation; mais les transformateurs d'intensité doivent être très soigneusement établis pour supprimer les erreurs dues aux changements de fréquence, et à cet effet, la résistance ohmique du circuit secondaire (y compris le transformateur et l'enroulement) doit être réduite au minimum, tandis que la self-induction doit être considérable.

Wattmètre pour l'essai des lampes Everett-Edgcumbe

Il est assez simple de construire un instrument pour la mesure des courants alternatifs lorsque le facteur de puissance est l'unité : une telle charge est d'ailleurs représentée par une lampe. Étant donné que les courants de Foucault, dans les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

parties métalliques, seront pratiquement en phase avec la f. é. m. qui les produit, et par conséquent à près de 90° du courant dans la bobine mobile, leur effet sur cette bobine sera pratiquement nul, ce qui permet de ne pas éliminer toutes les parties métalliques, quoiqu'on doive autant que possible les réduire au minimum.

Une seule bobine est traversée par le courant et à l'intérieur se trouve la bobine mobile montée sur pivot portant l'aiguille. Un ressort antagoniste règle les déviations, et les oscillations sont amorties par un ressort très léger qui frotte sur un disque d'aluminium porté par le pivot de la bobine mobile. L'action du ressort peut être supprimée à volonté. Il permet en outre de caler l'appareil pour le transport.

Les types courants ont une échelle graduée pour 130 watts. Ils peuvent servir d'ailleurs aussi bien pour le courant continu et le courant alternatif. Ils donnent des indications suffisamment précises lorsque le facteur de puissance descend jusqu'à 0,3, ce qui permet de les employer pour l'essai des petits moteurs analogues à ceux qui servent pour la commande des ventilateurs.

La bobine de tension est adaptée de façon à mesurer les watts absorbés par la bobine en série comme par la lampe.

ÉLECTROMÈTRES

Électromètres apériodiques pour hautes tensions Chauvin et Arnoux.

Ces voltmètres électrostatiques sont basés sur le principe de l'électromètre à quadrants de Thomson. Les différents organes sont groupés sur un plateau d'ébonite qui leur assure une isolation parfaite. Ils sont recouverts d'une boîte métallique isolée, les préservant des influences électriques extérieures et pouvant être au besoin reliée à la terre.

Électromètre apériodique Chauvin-Arnoux.

Les bornes sont placées derrière le plateau isolant, hors de la portée de la main, et le couvercle étant parfaitement isolé, on peut toucher ces instruments sans danger. Un fusible placé à l'extérieur et constitué par un trait de crayon sur verre dépoli facile à remplacer préserve les organes intérieurs en cas d'effluve ou de contact insolite.

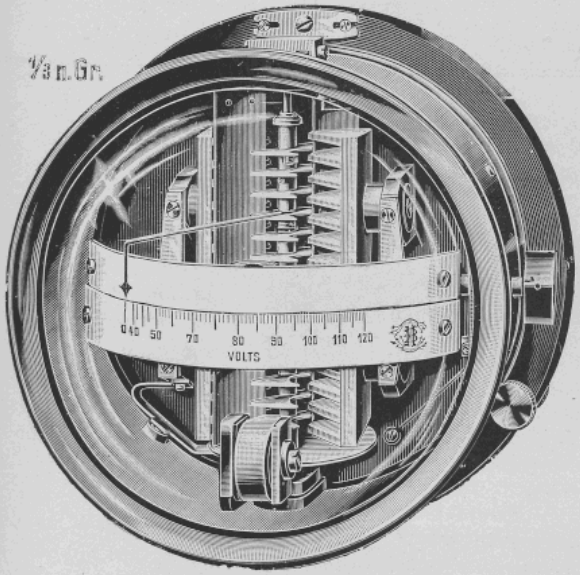
Ces appareils ne sont influencés ni par les courants, ni par les champs électriques ou magnétiques voisins. Ils conviennent également pour les courants continus ou alternatifs, leur déviation étant indépendante de la fréquence de ces derniers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

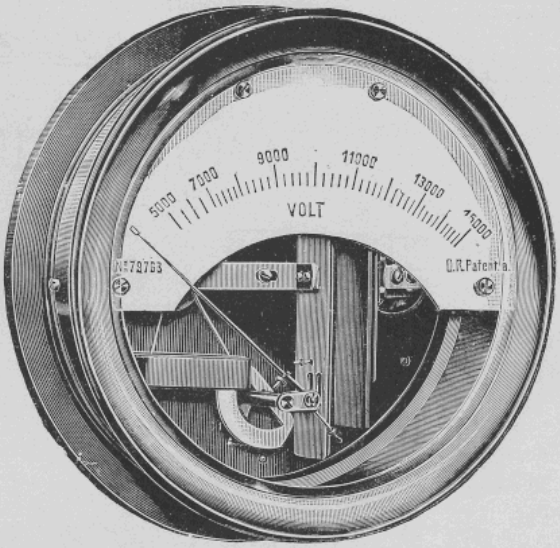
Voltmètres électrostatiques Hartmann et Braun.

Ces voltmètres sont basés sur le principe du condensateur à air. Leurs indications sont également exactes pour le courant continu ou alternatif ; ils ne sont pas influencés par la forme des courbes ou les variations de fréquence. L'apériodicité absolue est obtenue par un freinage magnétique.

1° *Voltmètres multicellulaires pour basses tensions, d'après Lord Kelvin.* — Dans ce voltmètre, deux files verticales et parallèles de cellules métalliques exercent un couple sur un système consistant en un nombre correspondant de lames d'alumi-



Voltmètre électrostatique multicellulaire Hartmann et Braun.



Voltmètre électrostatique Hartmann et Braun.

nium, suspendu à une tige métallique. Une paire de plaques en métal fixées diamétralement, mais électriquement isolées des corps cellulaires, servent d'écran au système mobile en équilibre, avec lequel elles sont en communication électrique, ce qui augmente considérablement la sensibilité initiale.

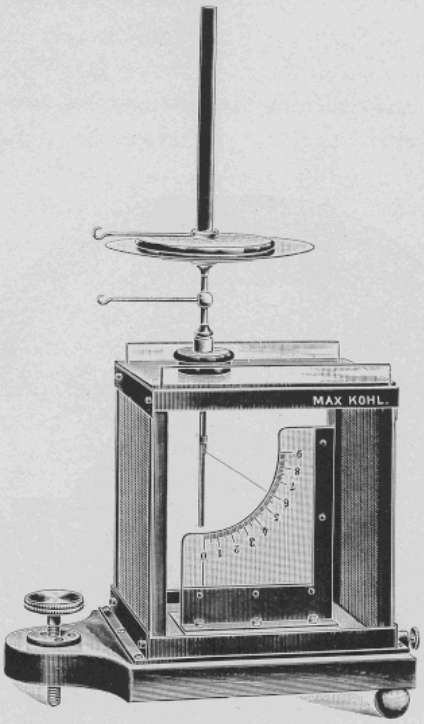
L'instrument est assez précis pour la mesure des voltages des réseaux ordinaires d'éclairage, mais il est employé de préférence pour déterminer à distance la tension aux feeders, parce qu'on peut se passer des résistances auxiliaires destinées à compenser la résistance inégale des conducteurs de secours.

2° *Voltmètre électrostatique pour haute tension.* — Dans ce voltmètre, trois plaques rectangulaires relativement grandes sont disposées en parallèle ; les deux plaques extérieures fixes ont des charges électriques de polarité contraire ; la troisième plaque médiane, soumise à l'action répulsive des autres est montée sur un axe portant d'autre part l'index. Par suite de la proximité des plaques fixes et mobiles, on obtient, en même temps qu'un effet intensif, un écran protecteur des influences perturbatrices.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Électromètre d'après Bruno Kolbe (Max Kohl).

L'électromètre possède un cercle en mica gradué en degrés qu'on peut changer contre un autre gradué en volts. La boîte est en métal et peut être mise à la terre. Les parois antérieure et postérieure sont en verre pour que l'instrument puisse être employé pour des projections. L'électromètre possède une grande sensibilité grâce à la suspension toute particulière de la feuille d'aluminium. Le condensateur peut être remplacé par une sphère creuse. Le bouchon d'ébonite avec la feuille d'aluminium peut être changé contre un autre avec une feuille de papier. L'isolation de l'électromètre est très bonne.



Électromètre d'après Kolbe (Max Kohl).

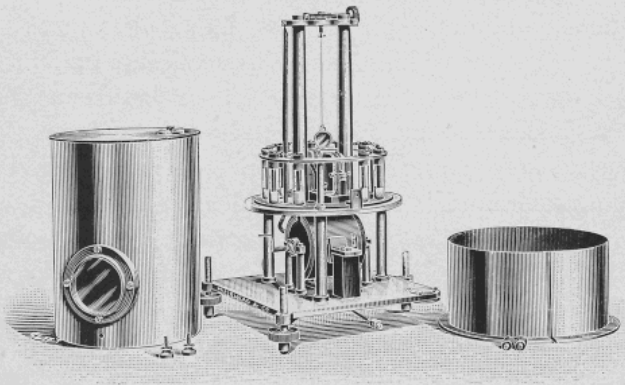
M. Georg. Bartels, de Goettingen, expose un électromètre à quadrans très sensible construit d'après F. Dolezalek.

Électromètre de Beggeron (Siemens et Halske).

Il se compose de deux électrodes ajustables, d'une aiguille mobile formée d'une bande métallique mince de faible capacité. Un microscope et un micromètre permettent de faire les lectures. Le tout est placé dans une boîte métallique ; les matières isolantes employées sont l'ambre et le quartz. L'instrument a une échelle de 0,1 à 50 volts et utilise un transformateur auxiliairede 300 volts.

Électromètre Muirhead et C°.

Cet instrument a été établi pour mesurer des différences de potentiel électrostatiques par la méthode du zéro.



Électromètre J.-H. Thomson-Muirhead and C°.

C'est en effet un électroscope très sensible, capable d'indiquer des charges

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

positives ou négatives de très faible valeur. Il a l'avantage sur les appareils à cadran ordinaire d'être beaucoup plus sensible et de ne pas porter l'aiguille à une haute charge électrostatique.

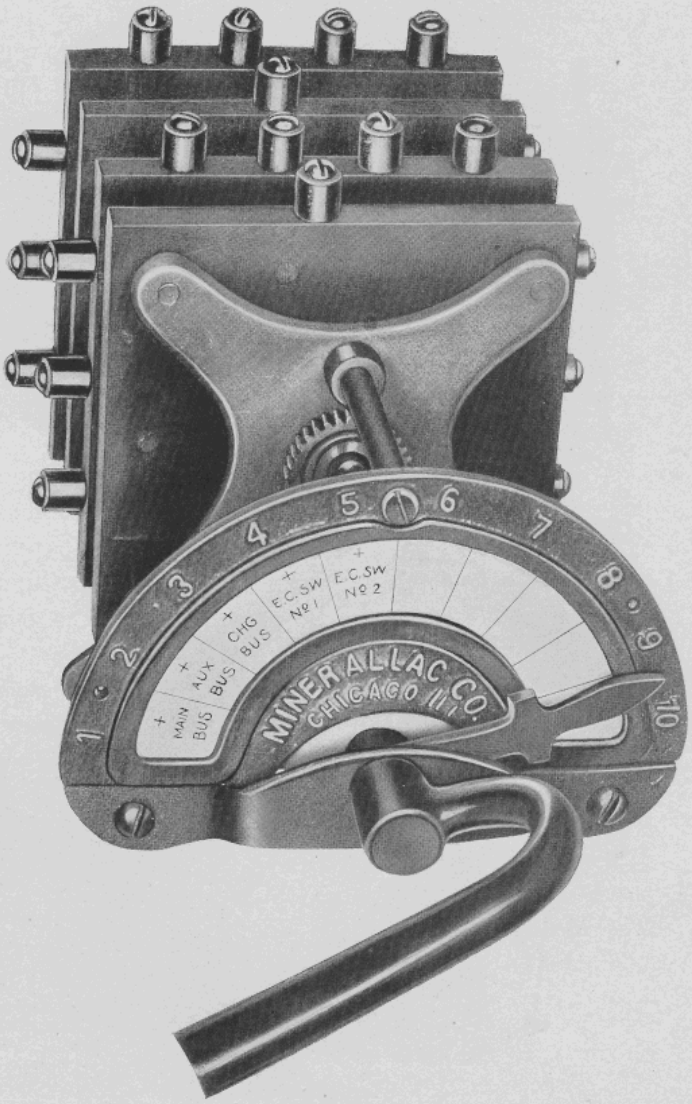
Commutateur de voltmètre de la Minerallac Cº.

Ce commutateur, représenté par la figure ci-contre, se compose d'une poignée commandant l'arbre de contact au moyen d'un pignon et d'un ressort, de telle façon que les passages d'un plot à l'autre se font brusquement.

L'avantage de ce dispositif est que l'aiguille du voltmètre n'a pas le temps de revenir à o entre deux passages successifs. Par conséquent, les lectures peuvent se faire très rapidement.

La poignée ne décrit qu'un demi-cercle tandis que l'arbre de contact parcourt un cercle entier; ceci a l'avantage que la main de l'opérateur ne cache jamais les indications du cadran.

L'appareil est de construction très robuste et peut être facilement installé sur un tableau au moyen de 3 boulons; le cadran seul est sur le tableau tandis que tout le mécanisme est derrière.



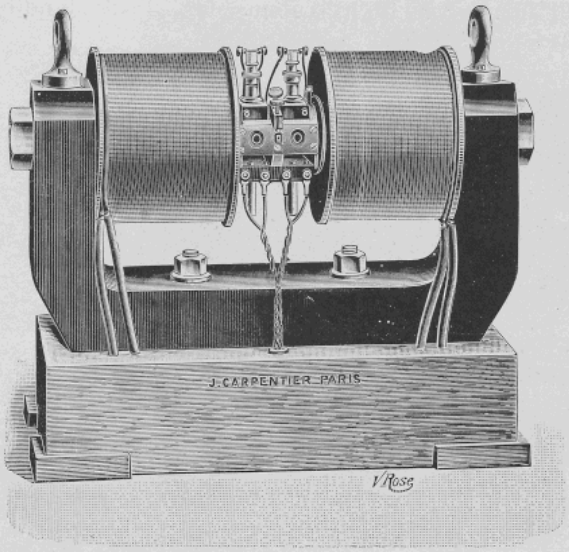
Commutateur de voltmètre de la Minerallac Cº.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

OSCILLOGRAPHES ET ONDOGRAPHES

Oscillographes Blondel.

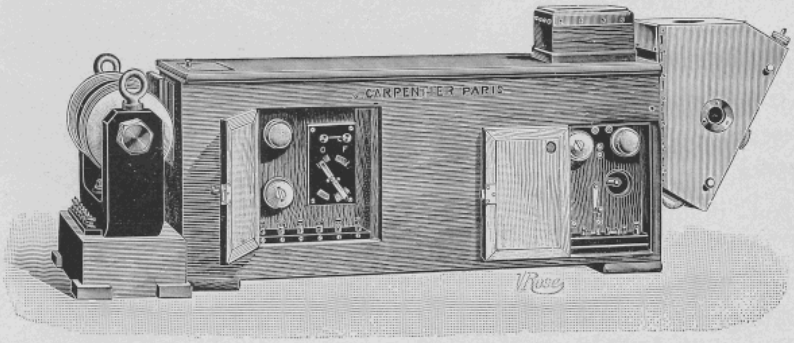
Les oscillographes Blondel constituent chacun un ensemble complet et portatif qui permet d'observer et de relever les courbes des courants étudiés, sans qu'il y ait lieu de faire aucune installation ni aucun montage. Les organes qui les composent sont contenus dans une boîte de 90 cm de longueur, 26 cm de largeur et 36 cm de hauteur.



Électro-aimant de l'oscillographe Blondel.

Deux modèles d'oscillographes sont réalisés, qui ne diffèrent que par le système de galvanomètre employé : le modèle à fer doux et le modèle bifilaire. Le galvanomètre à fer doux et le galvanomètre bifilaire sont construits de telle sorte qu'on peut les substituer l'un à l'autre dans le même oscillographe.

Le galvanomètre à *fer doux* se compose de deux équipages placés chacun au centre d'une paire de bobines parcourues par le courant étudié.



Oscillographe Blondel à électro-aimant.

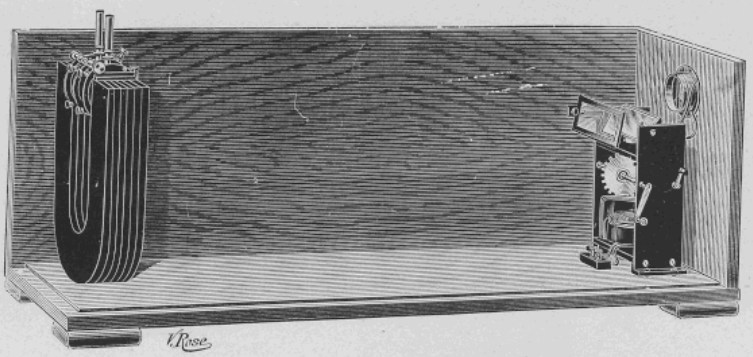
L'appareil permet ainsi d'obtenir simultanément, et avec leurs phases respectives, deux courbes : différence de potentiel et intensité, différences de potentiel primaire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et secondaire d'un transformateur, etc. Les bobines sont appropriées à l'intensité du courant mesuré ; généralement une des paires de bobines est en fil fin, pour la mesure des voltages, et l'autre paire est en gros fil, ou en lame, pour la mesure des intensités. Le galvanomètre se place entre les pôles d'un fort aimant, en U.

Chaque équipage à fer doux est formé par une lame de fer, mince et étroite, tendue sur un chevalet et portant, en son milieu, un petit miroir. Le tout est placé dans un tube de verre rempli d'huile pour amortir les oscillations.

Le galvanomètre *bifilaire* se compose de deux équipages bifilaires, réunis dans une armature qui se meut entre les pôles de l'aimant, à la place du galvanomètre à fer doux. Les équipages bifilaires sont formés par deux rubans de bronze, tendus



Oscillographe Blondel à aimant permanent.

l'un à côté de l'autre, sur des chevalets isolés ; un miroir est fixé au milieu des deux fils. Le courant étudié traverse les deux rubans et produit une torsion du système ; le miroir permet d'observer cette torsion.

Les courants mesurés avec le galvanomètre bifilaire sont très faibles, 0,1 ampère environ ; pour les intensités supérieures, il faut shunter le bifilaire.

Tous les autres organes sont communs aux deux systèmes. La boîte porte, dans un encastrement latéral, les commutateurs coupe-circuits et bornes des galvanomètres. Dans un second encastrement sont les organes de manœuvre du synchronoscope.

Le *synchronoscope* se compose d'un miroir oscillant autour d'un axe horizontal ; le miroir est actionné par une came montée sur l'axe d'un moteur synchrone ; l'inducteur est un aimant tournant ; l'induit est fixe, il est à 6 pôles. Le profil de la came est tracé de telle sorte que, pendant les deux tiers de sa course, elle imprime au miroir un mouvement proportionnel au temps, et, pendant l'autre tiers, elle le ramène rapidement à sa position initiale.

Un obturateur électrique, en relation avec la came, supprime l'image correspondant à la course de retour au zéro du miroir.

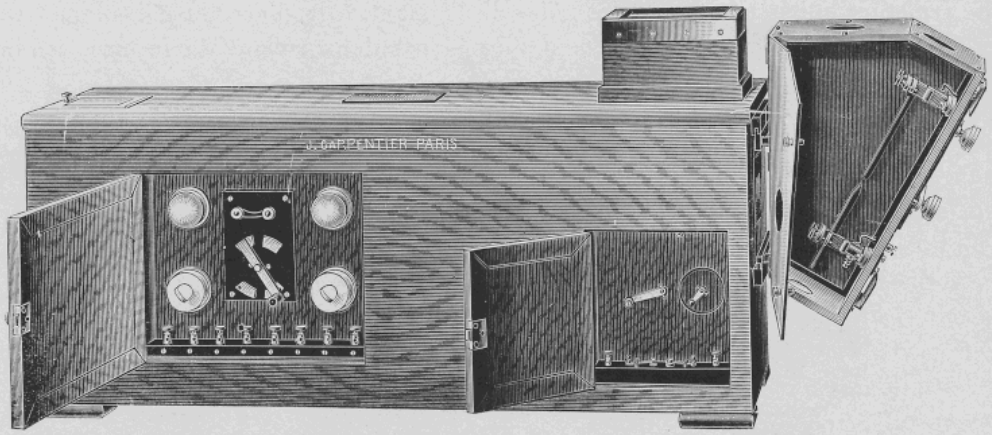
L'appareil est complété par une lampe à arc, à main, qui s'accroche sur des glissières fixées à l'extérieur de la caisse.

Ces appareils sont disposés de façon à permettre la photographie instantanée de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la courbe du courant. Un châssis photographique se monte, à coulisse, à la place de la glace dépolie recevant l'image ; dans ce cas, l'obturateur reste fermé, il ne découvre le rayon lumineux que pendant le temps correspondant à une seule oscillation du miroir du synchronoscope.

Lorsqu'on veut obtenir la plus grande sensibilité possible, on peut remplacer l'aimant permanent par un électro-aimant excité par la source du courant continu qui alimente l'arc. L'électro-aimant se place au bout de la caisse, la porte arrière



Oscillographe Blondel.

de celle-ci étant ouverte, et le galvanomètre bifilaire est mis entre les pôles de l'électro. Par ce moyen on obtient 3 ou 4 fois plus de sensibilité.

Avec l'oscillographe à fer doux, bobines volts, la déviation du point lumineux sur le verre dépoli est de 30 à 40 mm pour 1 ampère, lorsque la vibration propre de la lame atteint 10 000 oscillations simples par seconde.

L'oscillographe à fer doux est très simple et très maniable, il doit être préféré chaque fois que la sensibilité ci-dessus est suffisante.

Lorsqu'une plus grande sensibilité est nécessaire, il faut avoir recours au bifilaire qui, pour la même rapidité de vibrations, donne environ 300 mm par ampère. Enfin, on obtient avec le bifilaire et l'électro-aimant, dans les mêmes conditions, 1 000 mm par ampère.

Indépendamment de l'observation directe et de la photographie des courbes de courant, les oscillographes se prêtent très bien à l'analyse des courants périodiques, par la méthode de résonance. En combinant l'emploi d'un oscillographe, d'une bobine de self-induction réglable et de condensateurs industriels, on peut déterminer l'équation complète de la courbe du courant : rang, amplitude et phase de tous les harmoniques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

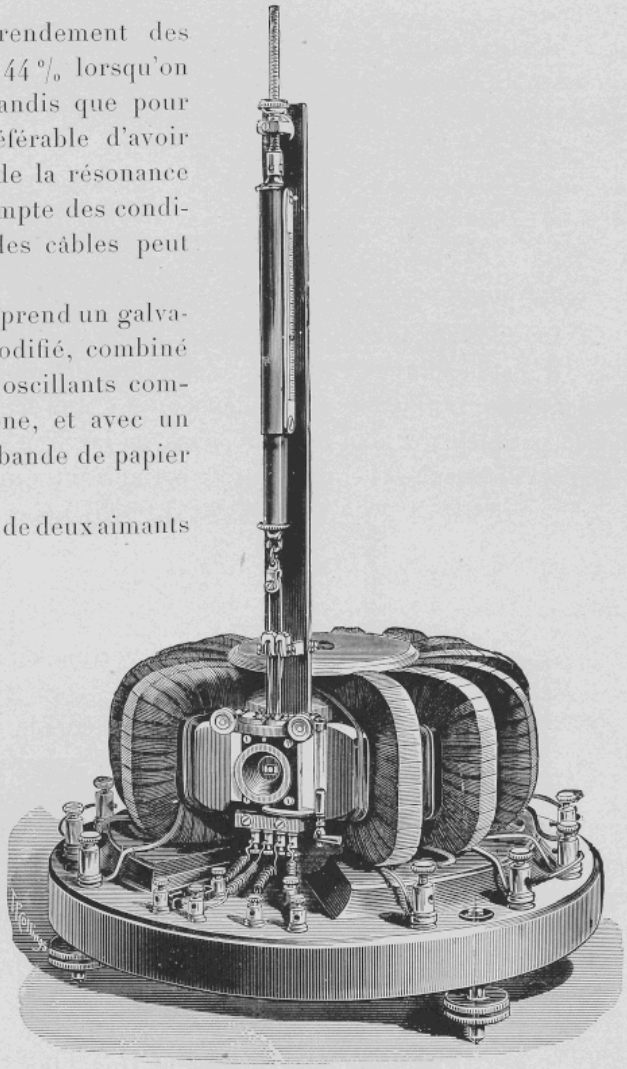
Oscillographe Duddell.

L'emploi de plus en plus répandu du courant alternatif a conduit à rechercher des appareils précis pour l'étude de la forme des courbes. Cette forme a une très grande importance.

On sait, en effet, que le rendement des lampes à arc est augmenté de 44 % lorsqu'on emploie des courbes aplaties, tandis que pour les transformateurs il sera préférable d'avoir des courbes pointues; l'étude de la résonance permettra aussi de se rendre compte des conditions dans lesquelles l'isolant des câbles peut être rompu.

L'oscillographe Duddell comprend un galvanomètre du type d'Arsonval modifié, combiné avec des miroirs tournants ou oscillants commandés par un moteur synchrone, et avec un dispositif de déroulement d'une bande de papier photographique.

Le galvanomètre se compose de deux aimants puissants en fer à cheval laissant un très petit entrefer de 0,038 mm. Deux bandes de bronze phosphoreux passant sur une poulie et fixées à la partie inférieure aux bornes servant à amener le courant portent le miroir du galvanomètre. Les conducteurs oscillentau mi lieu d'un bain d'huile maintenu entre deux plaques de verre très rapprochées, de façon à donner un grand amortissement au système.



Oscillographe Duddell
(Cambridge Scientific Instrument C° L^ted).

La période d'oscillation de l'appareil à haute fréquence est de 1/10 000 de seconde, et la sensibilité de l'instrument permet d'enregistrer un courant ayant une fréquence de 300 p : s. Des fils fusibles placés dans des tubes de verre et fixés au moyen de ressorts servent à protéger l'appareil.

Oscillographe double à grande fréquence. — Cet appareil, très précis et très sensible, a une période d'oscillation de 1/8000 à 1/10 000 de seconde.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le champ inducteur est produit par un électro-aimant très puissant formé de 8 bobines réunies en série et alimentées par un courant à 100 volts. L'inducteur est saturé de telle sorte qu'il n'y a pas besoin de régler le courant d'excitation.

Ces appareils peuvent être adaptés pour les projections et un système de

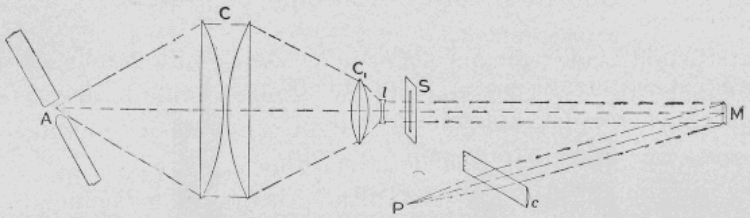


Diagramme du système optique de l'oscillographe Duddell.

miroirs permet de renvoyer sur un écran, une courbe d'une amplitude totale de 1 m.

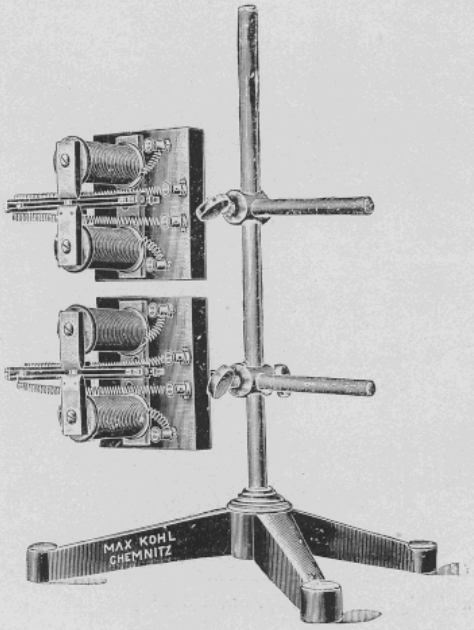
Le diagramme ci-dessus montre le jeu des divers miroirs.

A, est la source de lumière, de préférence une lampe à arc ; C, le condenseur de la lanterne ; C', un second condenseur et l, une lentille divergente donnant un faisceau parallèle ; S, une fente de 1 cm de large et de 15 mm. de long ; M, le miroir de l'oscillographe et c, une lentille cylindrique qui fait converger les rayons en un petit point P ; m et P sont les foyers conjugués de la lentille cylindrique et l'image de la source A.

Pour les appareils de projections, l'ouverture du diaphragme est circulaire.

On peut projeter les courbes sur une plaque de verre dépoli ou sur un écran ; et des appareils portatifs sont construits sur ce principe.

On les enregistre sur une plaque sensible ou sur une pellicule.



Oscillographe d'après Wehnelt (Max Kohl).

Oscillographe double Wenhelt (Max Kohl).

Le fonctionnement de l'appareil est le suivant :

Une bande métallique parcourue par le courant à étudier éprouve une déviation entre les pôles d'un aimant puissant.

Ses oscillations sont projetées sur un écran au moyen d'un petit miroir fixé sur la bande vibrante et recevant un rayon lumineux. L'oscillographe étant un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

appareil double, on peut observer deux phénomènes à la fois et les comparer, par exemple : les décalages de courants alternatifs de différentes périodes et différentes formes de courbes.

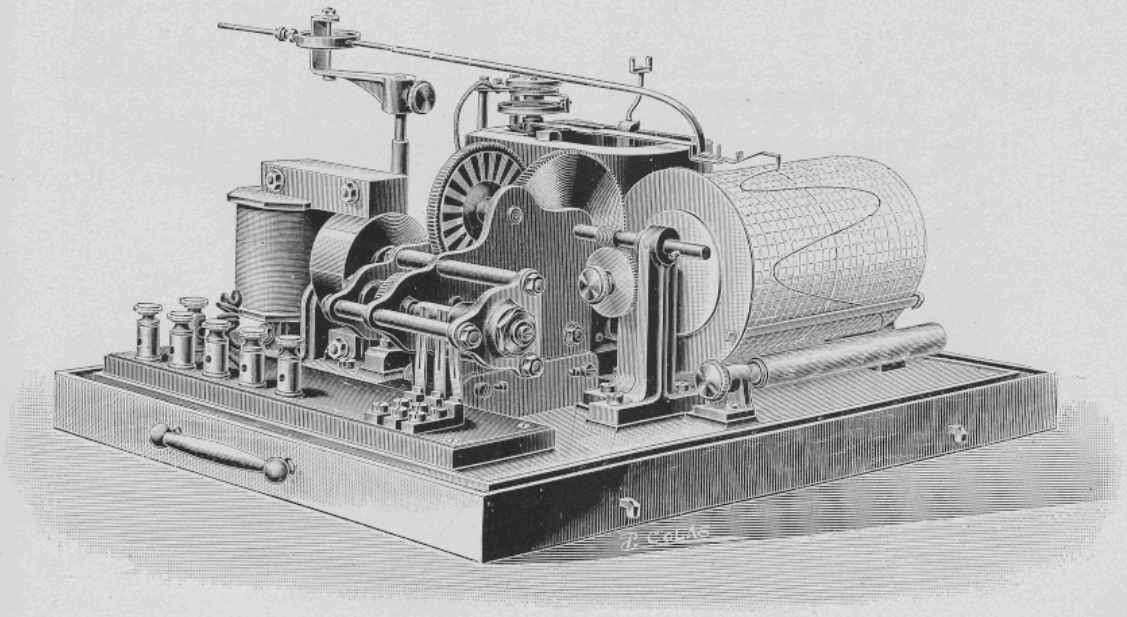
Oscillographe Siemens et Halske.

Cet instrument, construit sur le principe de l'oscillographe de Blondel, est pourvu d'un dispositif spécial permettant de rendre visible le diagramme avant de le photographier, de telle sorte que l'opérateur peut choisir le moment convenable pour enregistrer le fonctionnement de la machine.

L'oscillographe qui consiste, en principe, en un galvanomètre d'Arsonval réduit à une forme simple, suivant Blondel, trace la courbe sur un tambour entouré d'un papier sensible au moyen d'un rayon lumineux réfléchi par le miroir. Un moteur synchrone commande le tambour ainsi que le dispositif servant à rendre la courbe visible. Un miroir placé entre l'oscillographe et le tambour photographique renvoie les rayons lumineux sur un appareil tournant, sur lequel se dessine la courbe. En pressant un bouton, le miroir est écarté et la courbe s'enregistre sur le tambour.

Ondographe Hospitalier, Compagnie des Compteurs.

L'ondographe a pour objet d'inscrire sur une bande de papier les courbes représentatives d'un phénomène électrique périodiquement et rapidement variable.



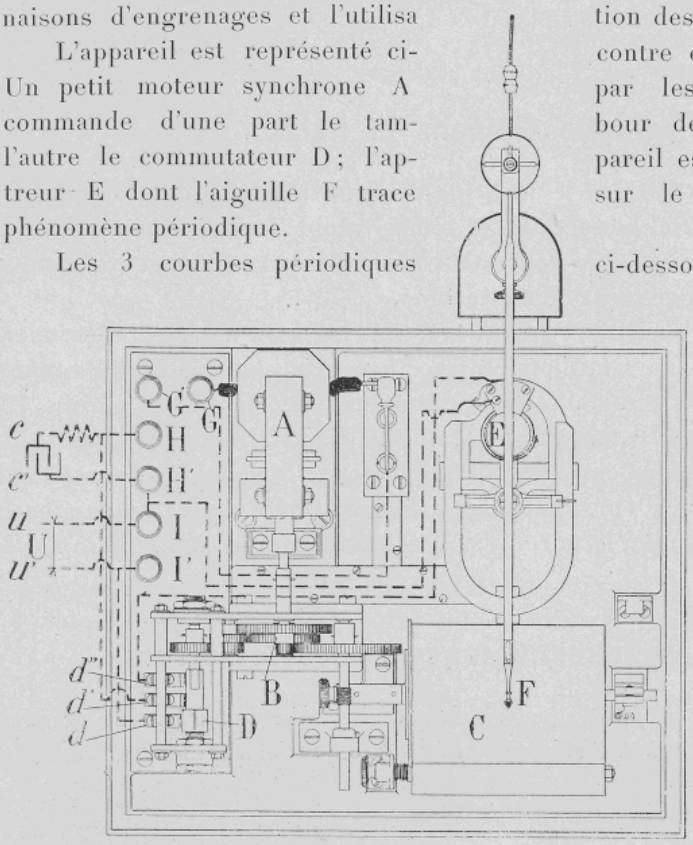
Ondographe Hospitalier (perspective).

Il est basé, en principe, sur une combinaison de la méthode par points succes-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sifs de M. Joubert, dont l'emploi est rendu continu et automatique par des combinaisons d'engrenages et l'utilisation des enregistreurs électriques.

L'appareil est représenté ci-contre en perspective et en plan. Un petit moteur synchrone A par les trains d'engrenage B commande d'une part le tambour de l'enregisteur C et de l'autre le commutateur D ; l'appareil est complété par l'enregistreur E dont l'aiguille F trace sur le tambour la courbe du phénomène périodique.



Ondographe Hospitalier (plan).

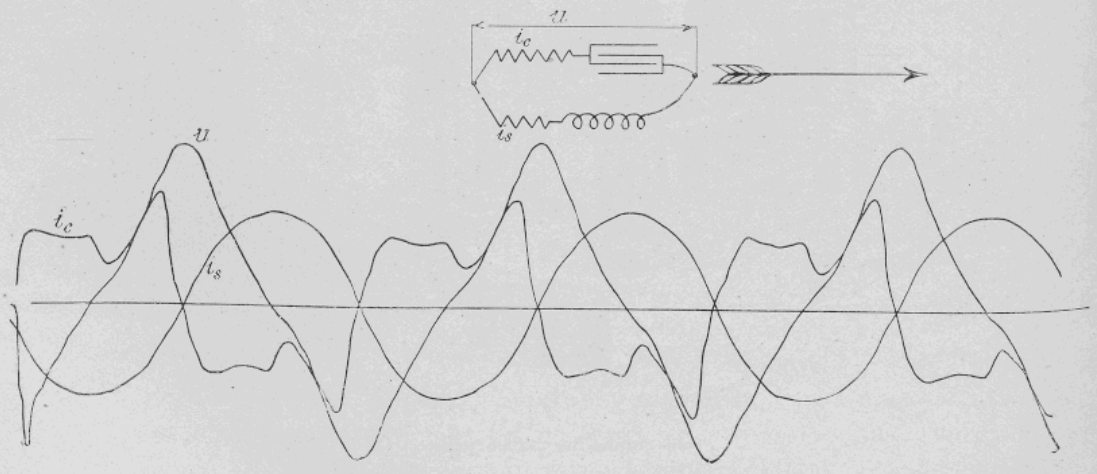
Les 3 courbes périodiques ci-dessous représentent :

1. — La différence de potentiel U fournie sur le Secteur de la rive gauche, à Paris, par un transformateur à 110 volts à la fréquence de 42 périodes p: s.

2. — Le courant i dans une bobine de self-induction sans fer montée en dérivation sur le transformateur et en tension avec une résistance ohmique de 10 ohms aux extrémités de laquelle étaient reliées les bornes U de l'ondographe.

Capacité de mesure : 4 microfarads.

On remarque sur cette courbe l'effet d'amortissement des harmoniques produit



Courbe tracée par l'ondographe Hospitalier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par la self-induction ainsi que le déphasage en retard d'un quart de période du courant sur la différence du potentiel.

3. — Le courant 1, dans une capacité de 10 microfarads montée en dérivation sur le transformateur et en tension avec une résistance ohmique de 10 ohms aux extrémités de laquelle étaient reliées les bornes U de l'ondographe.

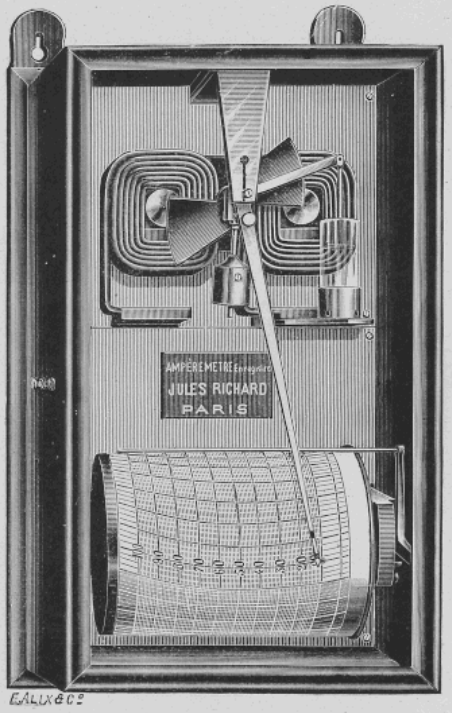
Capacité de mesure : 4 microfarads.

On remarque sur cette courbe les déformations produites par les harmoniques 3 et 5 amplifiées par l'effet de la capacité, ainsi que le déphasage en avance d'un quart de période du courant sur la différence de potentiel.

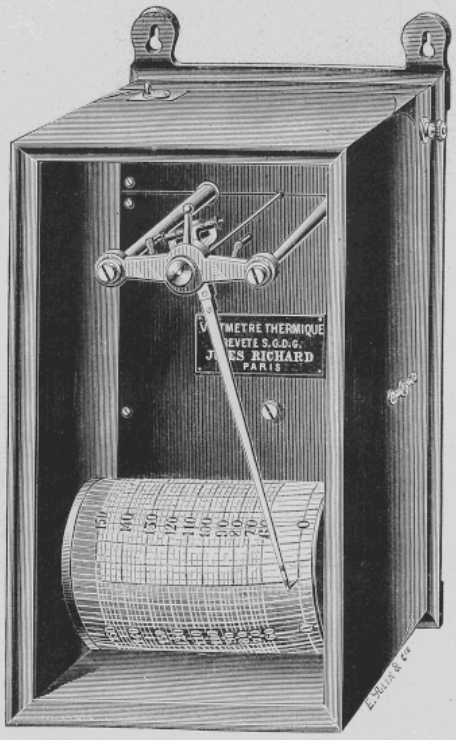
APPAREILS ENREGISTREURS

Enregistreurs Jules Richard.

Le système-enregistreur Jules Richard est assez connu pour nous éviter de le



Ampèremètre-enregistreur Richard.



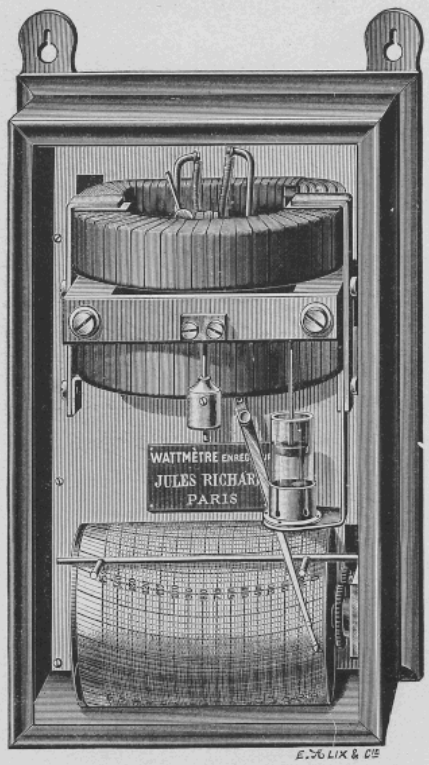
Voltmètre-enregistreur thermique Richard

décrire ; il est appliqué aux appareils de mesures électriques servant dans les laboratoires et les stations centrales. Ces instruments donnent ainsi le diagramme à l'encre, ininterrompu, soit de la tension, soit de l'intensité du courant fourni

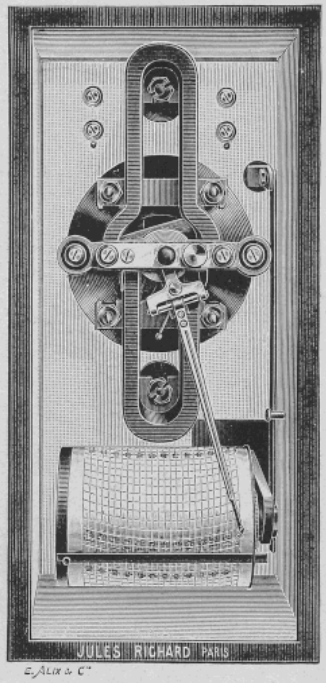
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par les générateurs d'électricité et ils avertissent du moment où la tension et l'intensité du courant deviennent compromettants pour la sécurité de l'installation.

L'ampèremètre-enregistreur peut servir de compteur d'électricité. Il suffit d'in-



Wattmètre-enregistreur Richard.



Enregistreur apériodique Richard.

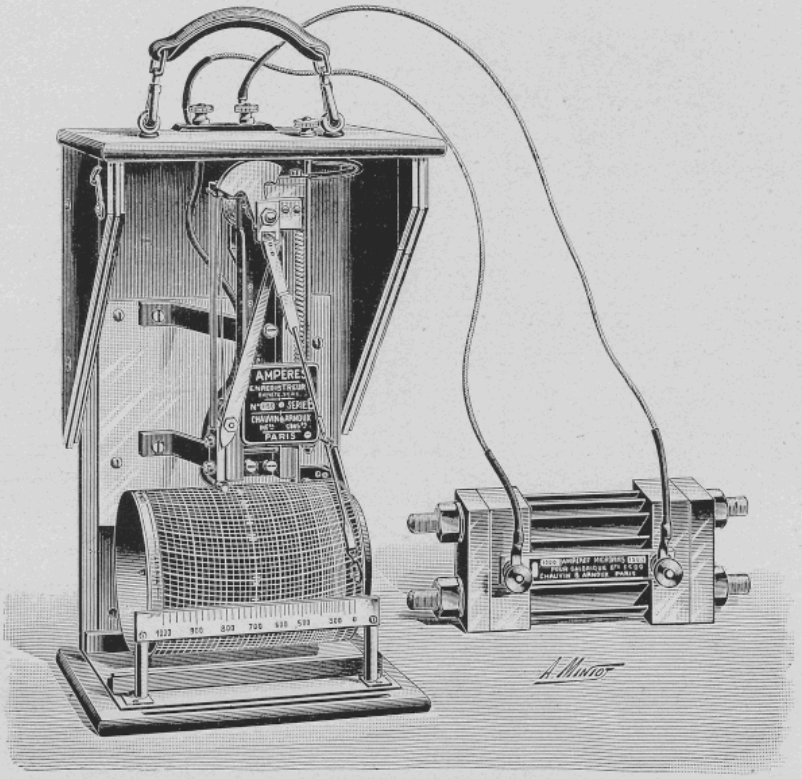
tégrer le diagramme obtenu, opération, qui, à l'aide d'un planimètre, est assez facile et ne demande pas beaucoup de temps. Les enregistreurs sont normalement pourvus de cylindres faisant un tour en 26 heures et sur lesquels on place un papier portant des divisions imprimées.

Enregistreurs Chauvin et Arnoux.

Ces instruments se composent d'un cadre galvanométrique mobile constitué par un conducteur enroulé sur un cadre de cuivre pur servant d'amortisseur. Ce cadre, étant pivoté entre deux pointes engagées entre deux crapaudines en pierres fausses, peut osciller autour d'un cylindre en fer doux fermant le circuit magnétique d'un aimant permanent très puissant, dont le champ possède l'homogénéité nécessaire pour assurer la proportionnalité rigoureuse des déviations du cadre, avec l'intensité du courant qui le traverse. Par leur principe même, ces

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

appareils sont à l'abri des erreurs dues à l'hystérésis magnétique. Le courant est amené au cadre par deux ressorts spiraux en métal diamagnétique armé l'un contre l'autre, ce qui assure la fixité du zéro. L'aiguille de l'appareil est constituée par un tube d'aluminium. Ce tube peut être, par une de ses extrémités, emmanché dans une pince flexible perpendiculairement à l'axe de rotation du cadre mobile.



Ampèremètre-enregistreur calorique Chauvin-Arnoux.

L'autre extrémité porte la plume-molette qui trace par roulement et non par frottement un trait suivant son propre plan.

Voltmètres et ampèremètres-enregistreurs, système calorique. — Le principe sur lequel ils sont construits est le même que celui déjà décrit des instruments à cadran de la même maison.

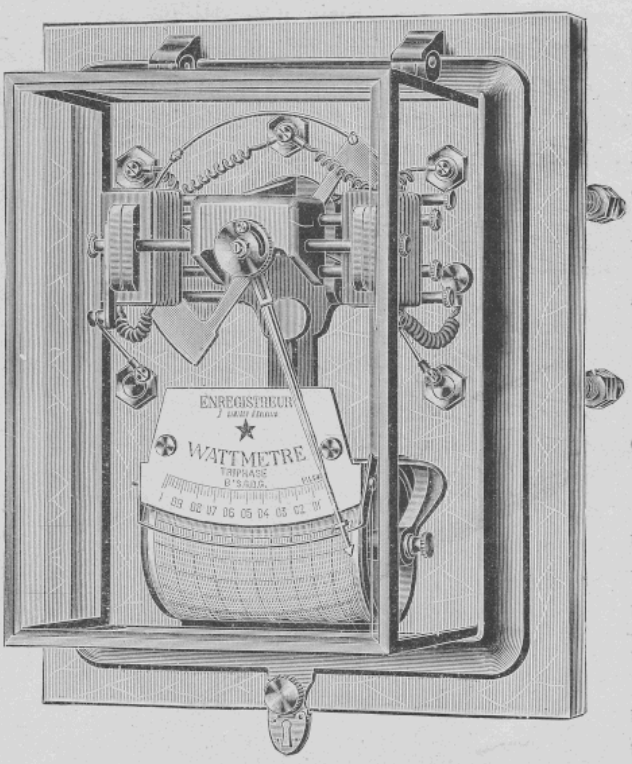
Le système-enregistreur est analogue à celui des instruments-enregistreurs dont nous venons de faire la description.

Pour la déviation maxima, la consommation des voltmètres-enregistreurs est d'environ 0,3 ampère.

Dans les ampèremètres-enregistreurs, la différence de potentiel nécessaire à la déviation totale est toujours exactement de 0,2 volt.

Jusqu'à 6 ampères (intensité nécessaire au système déviant), ils peuvent être employés directement, mais pour des intensités supérieures à cette valeur, ils doi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

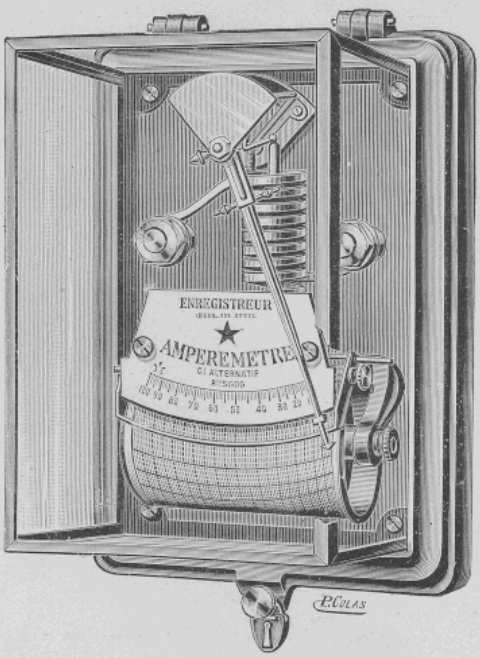


Wattmètre triphasé enregistreur.

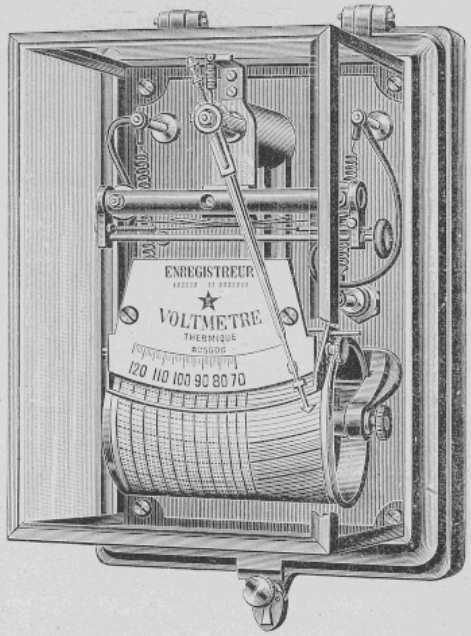
vent toujours être employés en dérivation de shunts produisant 0,2 volt de différence de potentiel sous le courant maximum pour lequel ils sont construits.

Appareils enregistreurs de tableaux de la Compagnie des Compteurs.

Les appareils enregistreurs de tableaux ont un mouvement fortement amorti et un très grand couple-directeur. L'aiguille porte à son extrémité une plume articulée qui appuie très légèrement par une fraction de son poids sur un papier divisé, enroulé sur un cylindre



Ampèremètre-enregistreur à courants alternatifs.



Voltmètre-enregistreur thermique.

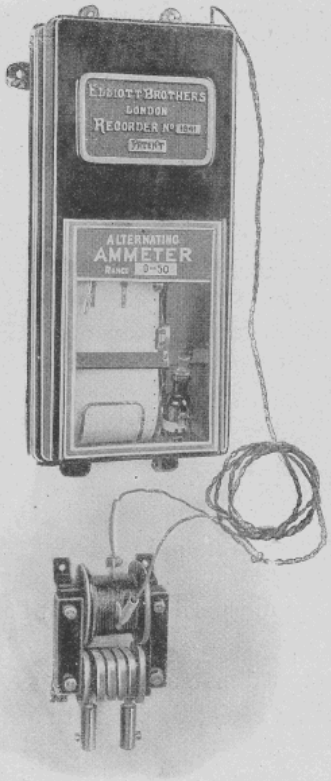
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

commandé par un mouvement d'horlogerie. Ce principe a été appliqué aux appareils magnétiques, électromagnétiques, thermiques et d'induction. Les figures ci-contre représentent ces diverses applications.

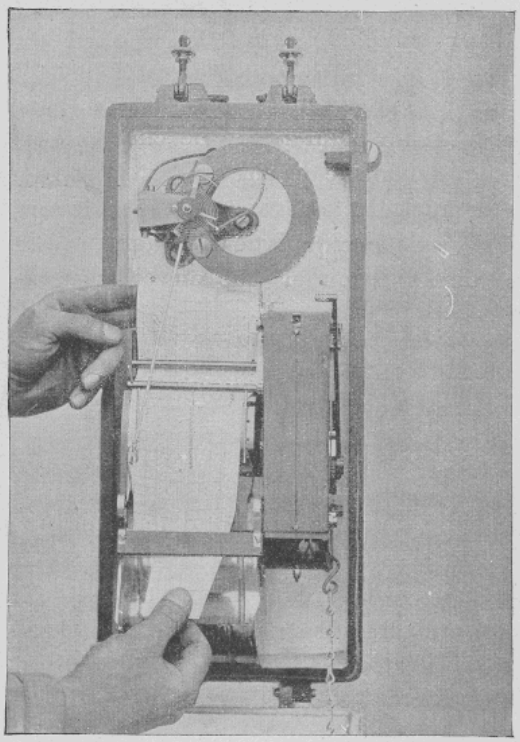
Appareils enregistreurs Elliott Brothers.

Ces appareils sont construits de façon à enregistrer les indications d'une aiguille sur de longues bandes de papier qui se déroulent au moyen d'un mouvement d'horlogerie. Ces bandes de papier ont une longueur de 20 mètres et portent de chaque côté tous les 25 mm des trous dans lesquels s'engagent les roues dentées de commande. Le tableau suivant donne la vitesse d'avancement du papier et la durée du rouleau :

Voltmètre portatif Elliott Brothers.



Ampèremètre-enregistreur avec transformateur d'intensité.



Introduction du rouleau de papier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Type.	Vitesse de déplacement.	Durée du rouleau.
Vitesse type	25 mm par heure.	1 mois.
Vitesse moyenne	75 mm par heure.	10 jours.
Vitesse rapide	150 mm par heure.	5 jours.
Vitesse très rapide	150 mm par minute.	2 heures.

Le premier type sert pour l'enregistrement du fonctionnement d'une usine; le troisième pour les essais des lampes et le plus rapide servant pour l'essai des régulateurs de groupes électrogènes et de moteurs générateurs à charge variable, comme ceux des tramways.

Le papier déroulé vient se placer dans un petit panier, mais on doit le déchirer tous les 120 cm pour qu'il ne déborde pas du panier et ne vienne gêner le déplacement de l'aiguille indicatrice. Une partie de la courbe tracée est visible à travers une glace placée dans le couvercle de la boîte.

La plume est fixée sur une tige montée sur un pivot horizontal et peut être facilement retirée pour le nettoyage.

Enregistreur synchronisé sans articulation Everett-Edgcumbe.

Cet enregistreur présente l'avantage de supprimer les inconvénients du frottement de la plume contre le papier, et de mauvaise inscription.

Une pointe d'acier glisse à quelque distance et, périodiquement (ordinairement toutes les cinq secondes), un marteau vient appuyer un ruban-encreur sur le papier marquant un point rond. Le choc intermittent est produit par une pendule électrique qui ferme le circuit d'un électro-aimant dans l'enregistreur même, tandis qu'un autre électro avance en même temps le support du papier.

Ce système, quoique compliqué, présente néanmoins de grands avantages et peut très bien fonctionner sans surveillance.

Enregistreurs Siemens et Halske.

Dans ces appareils, l'enregistrement se fait d'une façon intermittente sur une longue bande de papier de 45 m de long, se déroulant avec une vitesse constante par suite d'un mouvement d'horlogerie. Un levier appuie périodiquement l'aiguille indicatrice sur le papier.

Les enregistreurs à courant continu sont pourvus d'instruments Deprez-d'Arsonval, fonctionnant sur shunt, ou avec résistances en série, de manière à pouvoir servir dans tous les cas.

Les enregistreurs à courant alternatif sont pourvus d'appareils électromagnétiques et d'indicateurs de tension aussi amortis et apériodiques que possible.

Dans les appareils du type le plus récent, le tracé de la courbe résulte de la per-

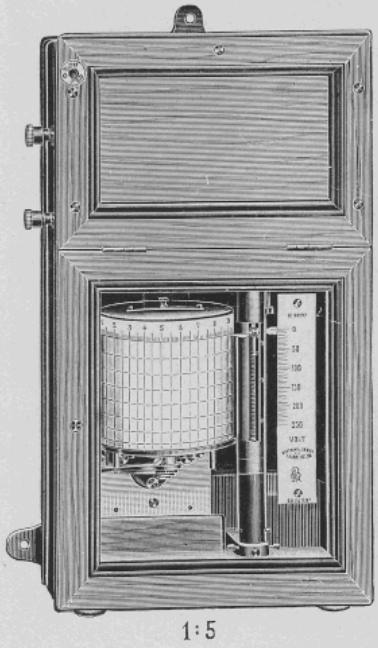
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

foration du papier obtenue d'une façon continue au moyen d'étincelles. Ce dernier type d'appareil est très avantageux pour l'étude des phénomènes électriques rapidement variables, par exemple, le courant ou l'énergie nécessaire pour le démarrage d'un moteur de traction.

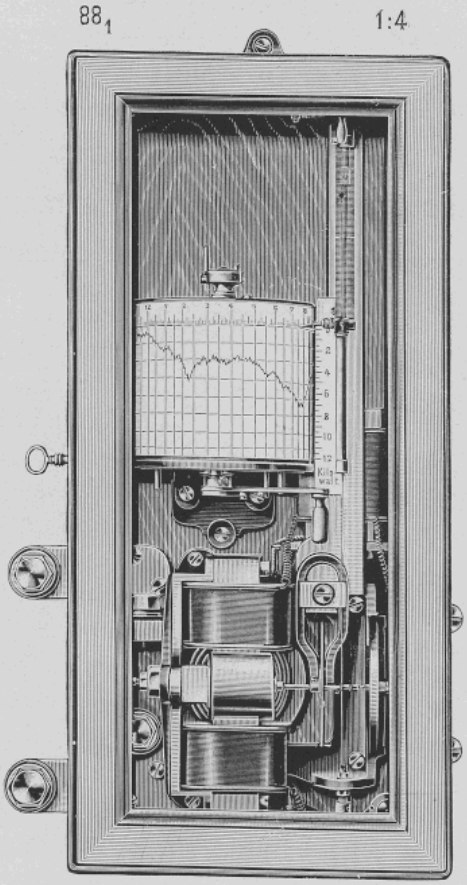
Enregistreurs Hartmann et Braun.

Les ampèremètres du type R. H., à cadre mobile, se font seulement pour courant continu. Le type R. K., électromagnétique, s'emploie indifféremment ainsi que le type R. A. du système calorique. L'index pouvant dévier dans les deux sens, on peut enregistrer des courants de charge et de décharge.

Les enregistreurs du type F. K. sont construits sur le type du galvanomètre à ressort de Kolhraush, c'est-à-dire consistent simplement en un solénoïde parcouru par le courant et dont le noyau, porté par un ressort à boudin, est attiré plus ou moins suivant l'intensité.



Ampèremètre-enregistreur calorique Hartmann-Braun.



Wattmètre apériodique Hartmann-Braun.

Les enregistreurs caloriques R. A. ont un système analogue à celui des appareils caloriques à indications directes.

L'enregistreur à cadre mobile R. H. est un multivoltmètre qui, suppléé par des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

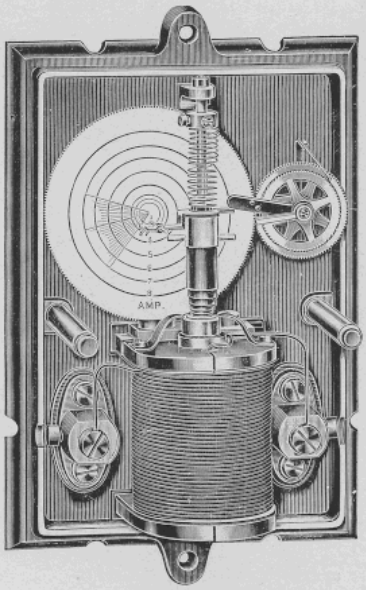
résistances de dérivation ou additionnelles, peut servir aux mesures d'intensité et de tension de toute valeur pour courant jusque 5 ampères et 300 volts; ces résistances sont placées à l'intérieur de la boîte.

Le mouvement d'horlogerie est généralement réglé pour effectuer une révolution en 24 heures. Les diagrammes ont une amplitude maxima de 70 mm; ils se font sur des papiers de 90 mm de haut et de 15 m de long.

Wattmètre-enregistreur apériodique. — Ce wattmètre est formé d'un tambour léger en aluminium mis en mouvement par la rotation d'un champ tournant engendré par une bobine principale et deux bobines dérivées. Le mouvement du couple est proportionné à la consommation d'énergie; il ne sert pas directement à commander le mécanisme enregistreur, mais il est transformé par un dispositif convenable de leviers donnant une force plus grande et un déplacement plus faible, de telle sorte que l'on obtient, en même temps que des diagrammes plus nets sur des coordonnées rectilignes, des graduations très claires et étendues.

Indicateur-enregistreur des maxima de débit et des court-circuits Hartmann et Braun.

Cet indicateur se fait pour courant continu ou courant alternatif.



1:3

Indicateur des maxima de débit et des court-circuits Hartmann-Braun.

L'instrument consiste en un ampèremètre électromagnétique à mouvements très amortis, dont l'aiguille indicatrice est reliée à un mécanisme qui enregistre, sur un disque, l'intensité débitée pendant un certain laps de temps, l'inscription se faisant sous forme d'une ligne droite radiale. L'aiguille revient au zéro lorsque le circuit est interrompu ou lorsque le débit diminue jusqu'à une certaine limite, dans les distributions où le courant n'est jamais nul. Le disque exécute automatiquement un certain mouvement tournant en avant, de sorte que si le courant se rétablit et atteint une nouvelle valeur, une nouvelle ligne radiale se trouvera inscrite. De cette manière, on obtient sur le disque des rayons peu divergents dont la longueur correspond au maximum d'intensité qu'il y avait pendant un intervalle de temps, et dont les points extrêmes représentent la courbe des maxima successifs d'une période de contrôle.

Pour des surcharges subites très élevées, par exemple, des court-circuits, le crayon de l'appareil marque une ligne radiale dépassant la limite de graduation du disque, caractérisant ainsi de tels excès instantanés.

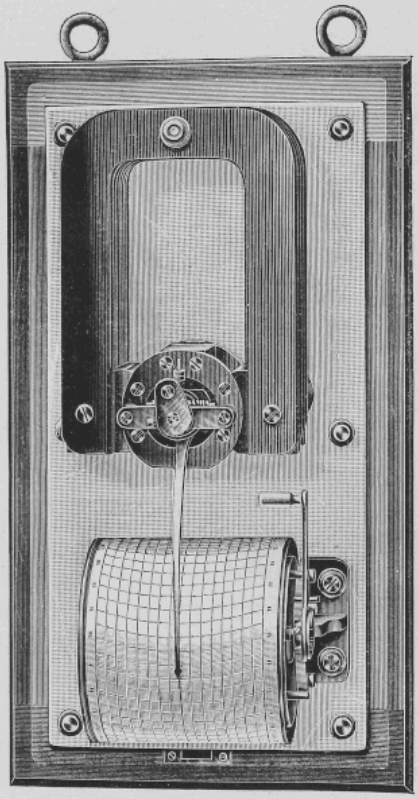
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le déplacement du disque, par suite du retour en arrière de l'aiguille, est tellement petit que, à moins de circonstances anormales de débit, une révolution complète ne s'accomplit qu'en un mois ou six semaines environ.

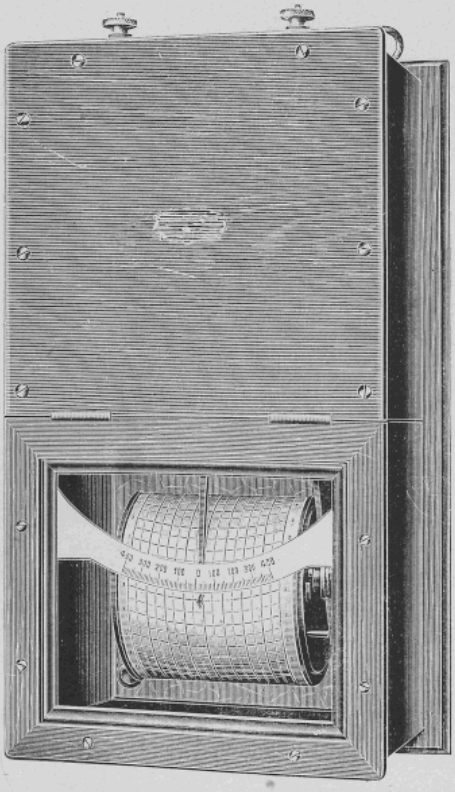
Enregistreur R. R. T. — Cet appareil sert à indiquer la fréquence et la durée des excès de débit et repose sur le même principe que l'appareil précédent; il est complété par un mouvement d'horlogerie simple qui est arrêté tant que le courant reste au-dessous d'une valeur donnée, mais qui se met en marche au moment où cette limite est dépassée et qui fait alors tourner le disque qui porte le carton de diagramme. De cette manière, la durée et la valeur des excès de courant sont enregistrées sous forme d'une courbe continue. Aussitôt que le courant tombe au-dessous de la limite admise, la marche de l'horloge est enrayée automatiquement.

Enregistreurs à relais Olivetti.

Les ampèremètres et les voltmètres-enregistreurs et indicateurs de tension



Enregistreur à cadre mobile Olivetti, ouvert.



Enregistreur à cadre mobile Olivetti, fermé.

sont basés également sur le même principe que le wattmètre à relais.

L'ampèremètre-enregistreur à relais, à cadran mobile pour courant continu, a une construction analogue à celle du wattmètre-enregistreur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Toute la partie inférieure de l'instrument, comprenant le petit chariot à crémaillère, le système portant la plume, le moteur, le mouvement d'horlogerie qui développe le rouleau de papier d'un mouvement uniforme, etc., sont les mêmes.

Les spirales fixes sont remplacées par deux aimants permanents, entre les pièces polaires desquels peut osciller le cadran mobile. L'équipage n'étant assujetti qu'à de faibles déplacements, on a pu concentrer le champ magnétique de manière à rendre aussi grande que possible la force électromagnétique agissant sur cet équipage, bien que la différence de potentiel aux bornes de l'instrument et, par suite, la consommation d'énergie soient très faibles. C'est ainsi que dans un enregistreur pour 1 000 ampères, la différence de potentiel aux bornes de l'instrument n'est que de 0,13 volt. Le coefficient de température est inférieur à 0,0005 de degré, c'est-à-dire négligeable. Les ampèremètres sont pourvus de shunts en nikeline, les voltmètres de résistances additionnelles sans coefficient de température.

La graduation est uniforme.

Le voltmètre-enregistreur pour haute tension est en tout semblable au wattmètre. Dans cet appareil, les bobines fixes et mobiles et les résistances additionnelles sont en série entre elles et en dérivation sur la ligne.

Les divisions varient comme les carrés des nombres.

Wattmètre à relais Olivetti.

Le principe sur lequel repose ce nouvel appareil est le même que celui de l'électrodynamomètre à torsion.

L'appareil est constitué essentiellement par une bobine ampèremétrique en série fixe, et d'une bobine voltmétrique en dérivation, placée dans le champ produit par la première.

Lorsque le courant passe dans la bobine mobile, celle-ci est sollicitée par une force proportionnelle à la puissance. Cette force est contrebalancée par la torsion d'un ressort qui à chaque instant tend à repousser l'équipage mobile à la position du zéro. Ce résultat est obtenu par le fait que l'autre extrémité du ressort est sollicitée par l'action automatique d'un petit moteur électrique, qui est en repos toutes les fois que l'action du courant sur l'équipage mobile fera équilibre à la torsion du ressort, mais dès que cette action devient inégale au couple de torsion du ressort, l'armature du petit moteur tend à tourner dans un sens ou dans l'autre, de manière à ramener toujours l'équipage mobile à la position du zéro.

Comme on le voit, le principe est tout à fait général et peut être appliqué à n'importe quel instrument avec réduction à zéro de l'équipage mobile.

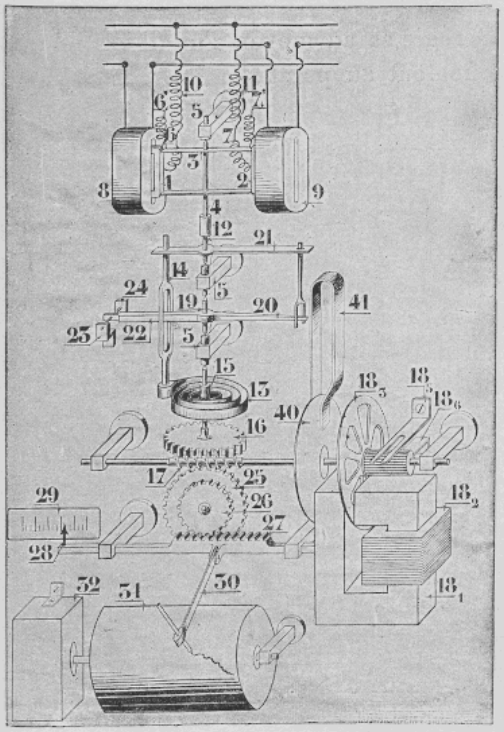
Afin de bien faire comprendre le fonctionnement, nous décrirons un wattmètre-indicateur et enregistreur pouvant fonctionner dans un circuit triphasé.

Les deux bobines voltmétriques identiques sont constituées par du fil en

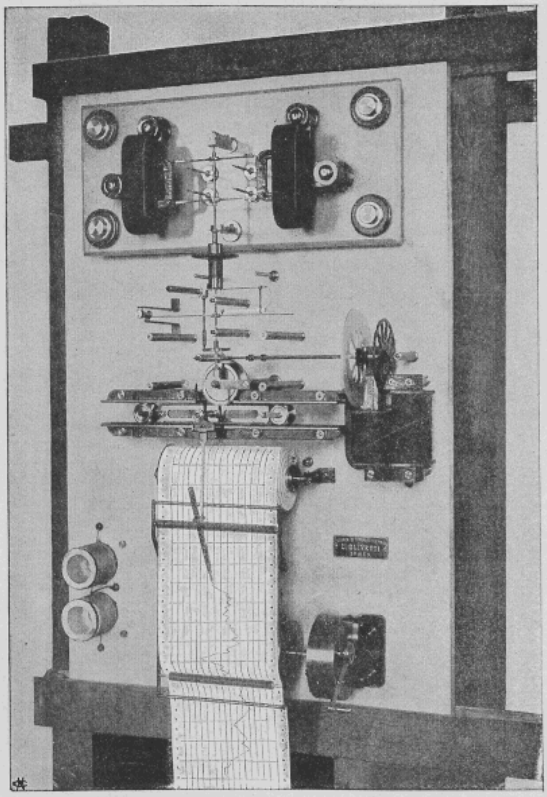
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cuivre très mince, isolé, et sont mises en dérivation sur la ligne par l'intermédiaire de deux fils conducteurs flexibles 6-7 et de deux grandes résistances additionnelles 10-11 dépourvues de self-induction et ayant un coefficient de température nul.

Les bobines 1 et 2 sont isolées, mais l'une est solidaire de l'autre par l'intermédiaire d'un cadre 3 qui les réunit au pivot. Ce pivot et, avec lui, les bobines 1 et 2 peuvent tourner d'un petit angle autour des deux supports 5 et 5.



Représentation schématique d'un wattmètre-enregistreur Olivetti.



Wattmètre-enregistreur à relais Olivetti, sans couvercle.

Les bobines voltmétriques sont à moitié comprises entre deux bobines ampèremétriques 8 et 9, en série sur la ligne.

Le petit axe 4 (et avec lui l'équipage mobile) peut recevoir un mouvement de rotation par l'intermédiaire d'un ressort à boudin 13, auquel il est relié par une extrémité, tandis que l'autre extrémité du ressort est rattachée à un autre petit axe 14. Sur ce dernier, placé sur le prolongement de l'axe 4, est calée une petite roue d'engrenage 16, laquelle peut recevoir un mouvement de rotation par l'intermédiaire d'une vis sans fin 17, mue par un petit moteur électrique 18. Un troisième

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

axe 19, dans le prolongement des précédents, est relié à l'axe 4 au moyen d'un petit ressort 20 et d'un bras 21 ; il porte une règle rigide 22, qui se termine sur une lame d'argent. Cette lame peut osciller entre deux pointes fixes en argent 23 et 24, très peu écartées l'une de l'autre, de façon à pouvoir établir un contact électrique entre la règle en question et l'une des deux pointes 23 et 24.

La vis sans fin 17 engrène avec une deuxième roue dentée 25 qui, à son tour, engrène avec une crémaillère 27 par l'intermédiaire de l'engrenage.

Cette crémaillère porte un index 28, qui donne des indications sur une échelle graduée 29 et une plume ou un crayon 30, grâce auquel on peut fixer les indications sur un papier enroulé sur un tambour 31, relié à un mouvement d'horlogerie 32.

Un des balais du moteur 18_5 est relié à la règle 22 au moyen d'un fil flexible, tandis que l'autre balai 18_6 est relié électriquement au point d'union des résis-

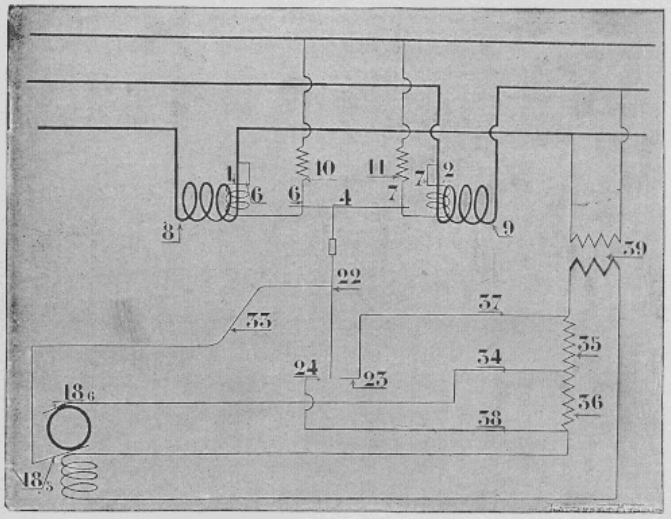


Diagramme des connexions pour un wattmètre Olivetti.

tances 35 et 36, par l'intermédiaire du conducteur 34. Ces résistances sont reliées en série avec la bobine inductrice 18_2 du petit moteur et elles sont placées en dérivation sur la ligne par l'intermédiaire d'un transformateur 39, lorsque l'emploi de ce transformateur est nécessaire.

La pointe de contact 23 communique, grâce au conducteur 37, avec une des bornes de la résistance 33 ; tandis que la pointe 34 est reliée par le conducteur 38 à l'une des bornes de la résistance 36.

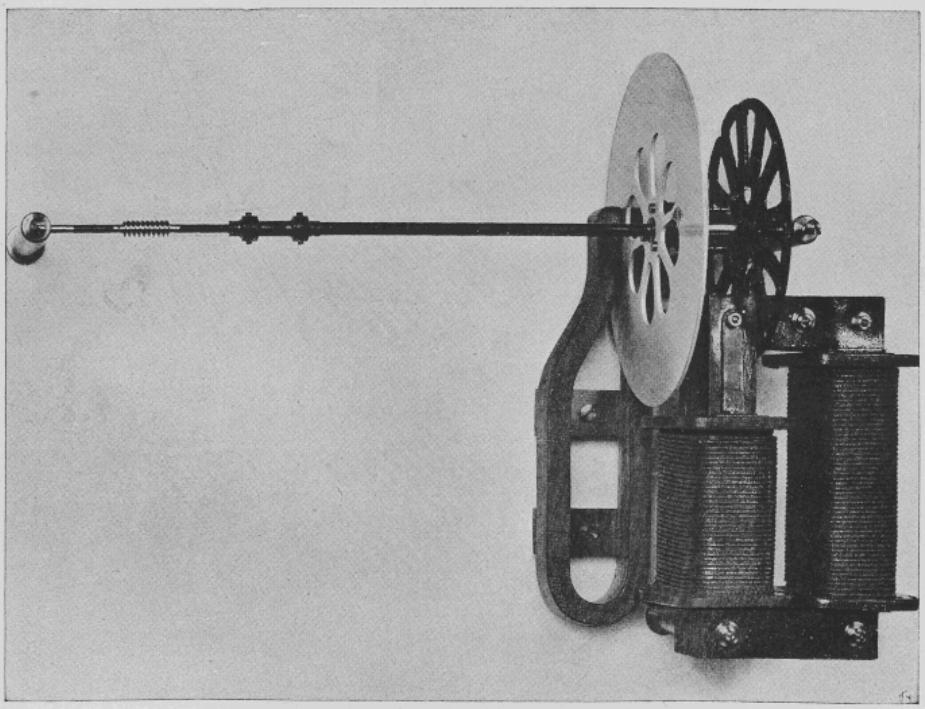
Ces deux résistances 33 et 36 sont parcourues par le courant de façon que leur extrémité aient une polarité opposée par rapport au point commun et, suivant que la règle 22 entre en contact avec les pointes 23 ou 24, le petit moteur tournera dans un sens ou dans l'autre. On comprend immédiatement qu'on puisse mettre à profit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le mouvement de rotation alterné pour tendre ou détendre le ressort 13 par l'intermédiaire de la vis sans fin 17 et de l'engrenage 16.

Supposons que la ligne sur laquelle l'instrument est branché soit parcourue par un courant; entre les enroulements 1-8 et 2-9 se développent des actions électrodynamiques dans le même sens qui tendront à faire tourner l'équipage mobile autour de son axe, avec une force proportionnelle à la puissance totale du circuit triphasé.

Cette rotation de l'équipage, quoique petite, est transmise par l'intermédiaire des pièces 4, 31, 20 à la règle 22, laquelle prendra contact avec l'une ou l'autre des



Moteur de relais à amortisseur Olivetti.

pointes 23 et 24. Supposons que ce contact ait lieu avec la pointe 23, le moteur se mettra en mouvement en faisant tourner l'extrémité du ressort 13, par l'intermédiaire des pièces 16 et 17. Les connexions sont faites de telle façon que la rotation du ressort ainsi produite tende à faire tourner l'équipage en sens contraire du mouvement qu'elle prendrait sous l'action du courant seul.

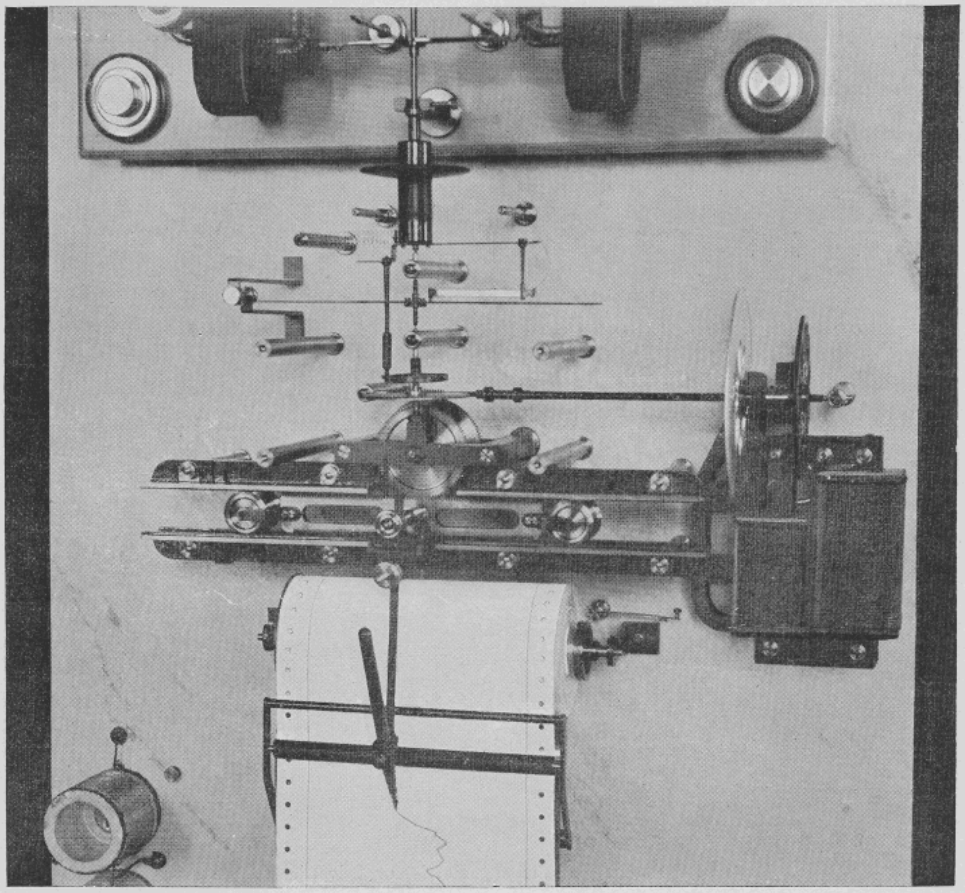
Lorsque la torsion du ressort 13 aura équilibré l'action du courant, l'équipage mobile et, par conséquent, la règle 22 seront ramenés dans la position primitive, et le moteur, par suite de la suppression des contacts entre la règle 22 et la pointe 23, sera arrêté. L'extrémité du ressort et par conséquent la roue dentée 16 se seront

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

déplacées d'un angle proportionnel à la puissance du courant; de même la crémaillère 27 se sera déplacée d'une longueur proportionnelle à cette puissance.

Le coefficient d'élasticité du ressort étant toujours constant, les divisions de l'échelle graduée seront égales.

L'équipage mobile est rendue apériodique à l'aide d'un disque de Faraday 40, qui agit en outre comme régulateur de la vitesse du moteur.



Transmission du mouvement au ressort de torsion à l'équipage mobile.

L'appareil que nous venons de décrire, à l'aide de connexions convenables, peut aussi servir à mesurer la puissance dans un circuit monophasé ou dans un circuit à courant continu. Avec deux connexions spéciales, on peut obtenir aussi la puissance de deux circuits séparés quelconques.

Les résistances additionnelles des bobines voltmétriques sont divisées en un nombre assez grand de bobines à double enroulement, parfaitement isolées les unes des autres, présentant une bonne ventilation et une grande surface de refroi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dissement et disposées de telle sorte qu'il n'y a pas entre elles une différence de potentiel supérieure à 100 volts. Leurs coefficients de température et de self-induction sont nuls.

Quoique les wattmètres puissent fonctionner directement à 12 000 volts, il est préférable d'employer des transformateurs d'intensité et de tension pour les voltages élevés.

Données relatives aux wattmètres du type normal :

Courant circulant dans les bobines voltmétriques de 0,03 à 0,02 A.

Puissance absorbée par les bobines ampèremétriques de 16 à 20 watts.

Puissance absorbée par le relais (cours alternatif) env. 35 watts.

Diamètre de la base (support) dans les appareils indicateurs triphasés, 75 cm.

Dimensions des appareils indicateurs-enregistreurs sans résistance additionnelles, $110 \times 74 \times 28$ cm.

Largeur utile du diagramme 150 mm.

Vitesse du papier, 50 mm, 150 mm ou 300 mm à l'heure.

Longueur de la bande de papier, env. 40 mètres.

Kilowattmètre Enregistreur Triphasé. Système Arconi.

Ce wattmètre enregistre d'une façon continue l'intensité de la charge quelle que soit la façon dont elle est répartie entre les phases et quels que soient le cos. φ et les oscillations de la tension de la ligne.

Considéré dans son ensemble, il est formé par la réunion de deux wattmètres monophasés en série chacun sur une phase. Le tracé s'effectue sur une feuille enroulée sur un tambour ou sur une bande de papier continue en rouleaux de 50 m.

La longueur de papier du tambour qui se développe normalement par jour est de 480 mm, soit 20 mm par heure.

Le diagramme sur papier continu se développe à raison de 40 mm à l'heure ou 960 mm par jour, c'est-à-dire une vitesse double de celle du tambour. Le déroulement régulier s'effectue à l'aide d'un mouvement d'horlogerie. La largeur du diagramme est invariablement de 150 mm.

L'appareil est pourvu d'un écran magnétique lamellaire. Cette disposition a pour but de rendre les deux couples wattmétriques parfaitement indépendants l'un de l'autre, afin d'éviter les perturbations réciproques.

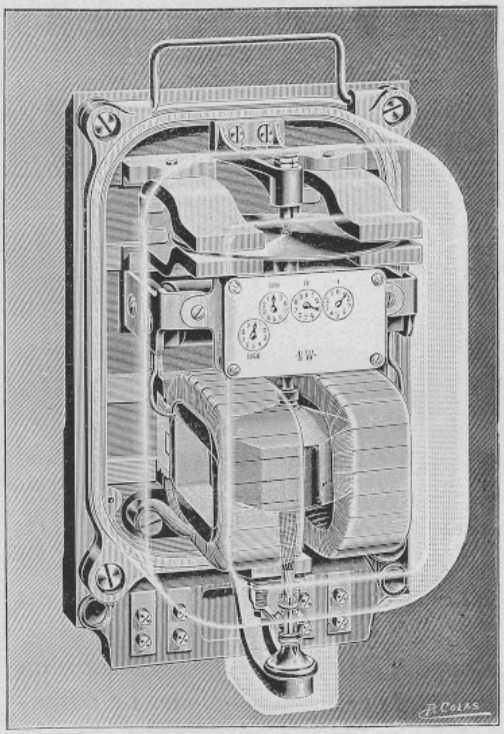
Le wattmètre est pourvu d'un amortisseur à disque de Faraday. Ce disque d'aluminium, oscillant entre les pièces polaires des deux aimants, effectue une révolution complète pour le déplacement de la pente équivalant à la longueur du diagramme, ce qui augmente considérablement l'effet du freinage et assure une périodicité parfaite de l'équipage mobile.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

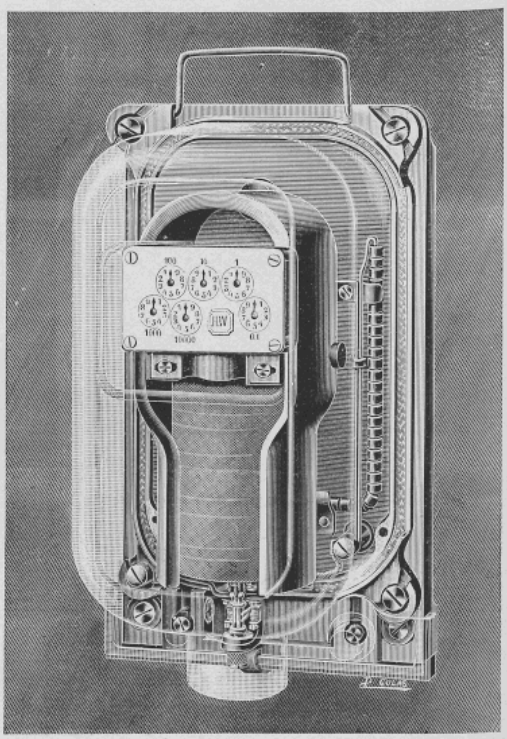
COMPTEURS

Exposition de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs et Matériel d'usines à gaz.

Compteur Thomson, modèle A. — Cet appareil, représenté par la figure ci-contre, a été modifié dans ses dispositions générales pour obtenir un encombrement



Compteur Thomson, modèle A.

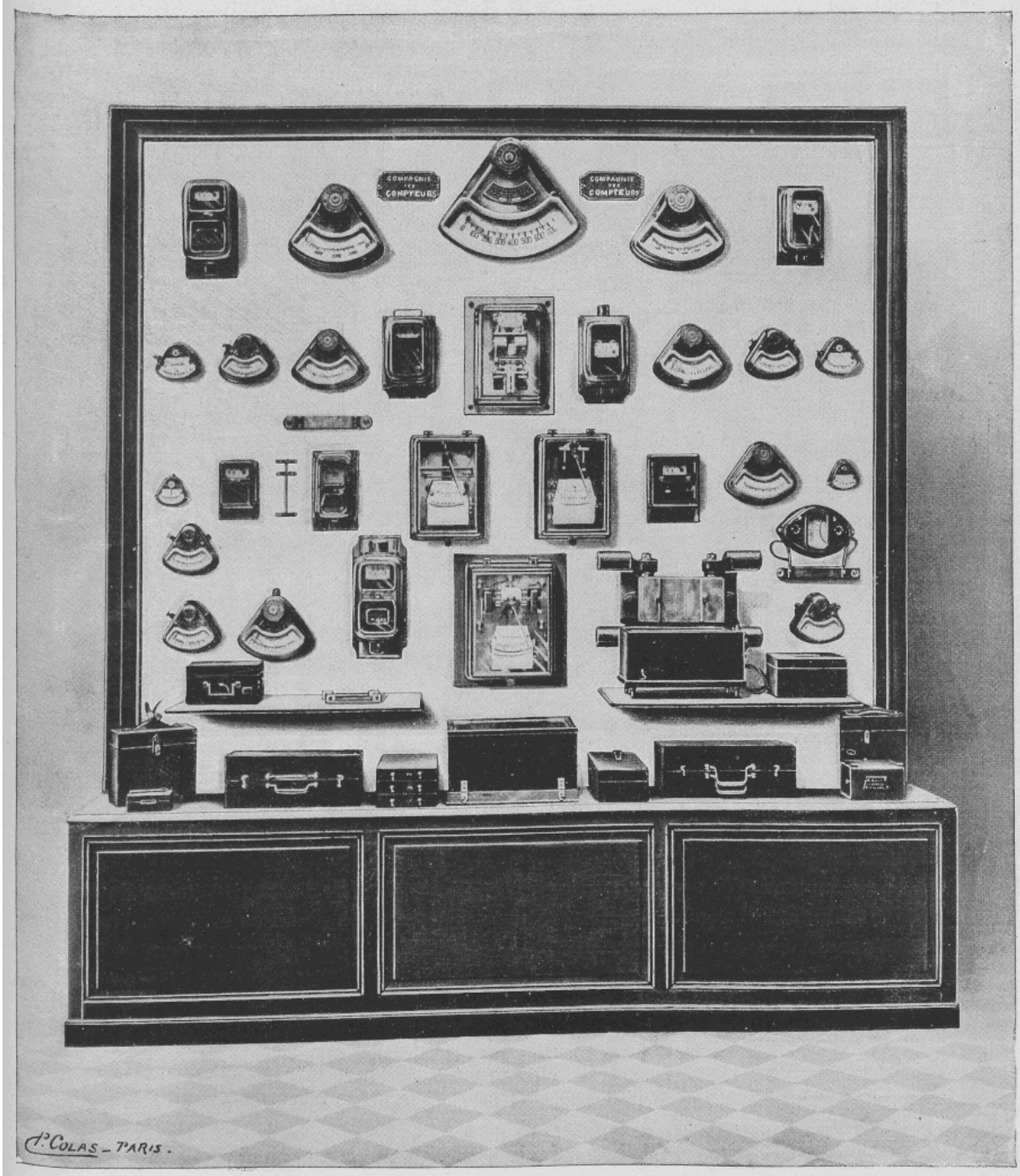


Compteur système O'K, à 2 fils.

moindre et donner plus de facilité à l'entretien du collecteur. La fermeture parfaitement étanche a remplacé l'ancienne fermeture qui laissait pénétrer les poussières.

Pour les compteurs employés sur les distributions à courants alternatifs, un dispositif consistant à introduire une bague en court-circuit dans l'enroulement inducteur a permis d'éliminer complètement l'erreur due au fait que l'intensité dans le circuit de dérivation n'est jamais exactement en phase avec la différence de potentiel aux bornes de ce circuit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

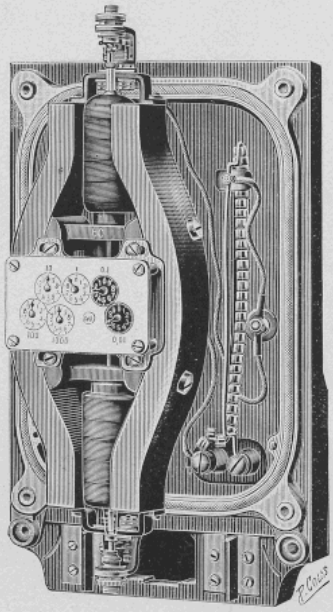


Exposition de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs et Matériel d'usines à gaz

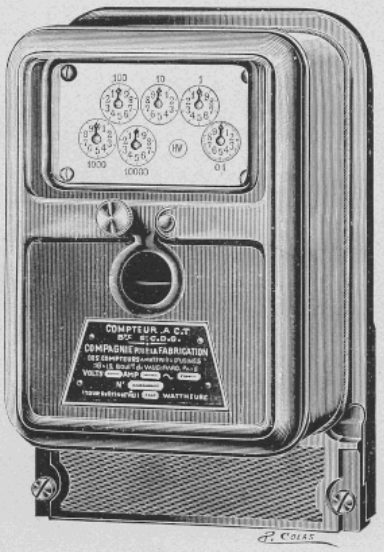
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Compteur O'K. — Le nouveau modèle Z du compteur O'K se distingue des précédents par sa fermeture étanche et par la facilité d'accès et d'entretien du collecteur. Cet appareil étant très répandu, il nous semble inutile d'en donner une description détaillée.

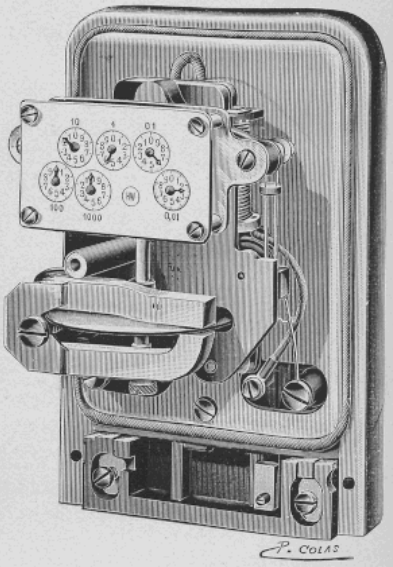
Ces appareils sont construits pour 1, 2, 3, 5, 10 ampères et jusqu'à 600 volts. Le compteur O'K est employé avec une légère modification pour des circuits de grande intensité pouvant atteindre 100 ampères; dans ce cas, l'appareil est



Compteur O'K pour distribution à 3 fils.



Compteur pour courants alternatifs monophasés A-C-T.



Compteur pour courants alternatifs monophasés A-C-T.

compoundé à l'aide d'un courant excessivement faible, environ un centième d'ampère. Dans ces conditions, la limite d'exactitude de l'appareil est considérablement augmentée.

Le compteur O'K a reçu de grandes applications pour l'enregistrement de la charge et de la décharge des accumulateurs; à cet effet, le shunt se compose d'une résistance divisée en 2 parties réglables dont le rapport est égal au rendement de la batterie d'accumulateurs. Les 2 points extrêmes de la résistance sont réunis aux bornes du compteur; l'induit tourne de droite à gauche pour la charge et tourne de gauche à droite pour la décharge.

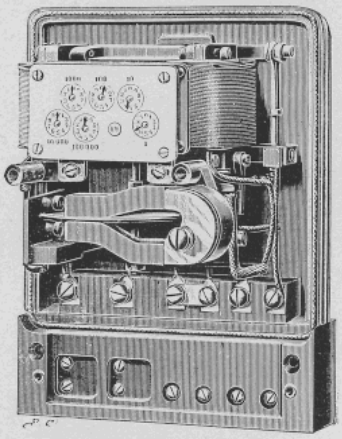
Le montage du shunt est tel que le courant, dans la décharge, traverse la totalité du shunt, tandis que pendant la charge le courant ne traverse qu'une fraction de ce shunt.

Compteur O'K pour distribution à 3 fils. — Ce compteur est constitué par 2 petits moteurs magnéto-électriques, respectivement branchés aux bornes des shunts, montés en série sur les 2 fils extrêmes de la distribution.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Compteur A-C-T. — Cet appareil est construit spécialement pour la mesure des courants alternatifs. Comme le représente la figure, il consiste essentiellement en 2 enroulements dont les champs sont respectivement proportionnels à l'intensité et au voltage du circuit à mesurer. Ces 2 champs agissent sur un disque qu'ils tendent à faire tourner, avec un couple proportionnel à la puissance du circuit (EI cos. φ) ; un aimant permanent agissant sur le même disque fournit un frein de couple proportionnel à la vitesse. Le décalage à 90 degrés des champs agissant sur le disque nécessaire pour obtenir la mesure exacte des courants inductifs est obtenu par des moyens spéciaux qui en assurent la permanence.

Les avantages de ce compteur sont : simplicité de réglage ; grande sensibilité ; marque à vide impossible ; dépense de dérivation négligeable (0,5 watt) ; indica-



Compteur pour courants alternatifs triphasés A-C-T.

Compteur pour courants alternatifs triphasés A-C-T.

tions pratiquement indépendantes des variations de température, de voltage et de fréquence.

Le compteur A-C-T, pour distribution monophasée à 3 fils, est constitué par 2 enroulements d'intensité, branchés sur les 2 fils extrêmes du réseau, et par un enroulement de fil fin monté en dérivation sur ces 2 fils. Les électros d'intensité agissent concurremment avec l'électro de dérivation, chacun sur un disque différent, mais les deux disques sont montés sur le même arbre.

Les indications de l'appareil ne sont pas influencées par le déséquilibrage des 2 ponts du système à 3 fils.

Le compteur triphasé A-C-T est composé de 2 moteurs monophasés A-C-T agissant sur un même disque ; ses indications ne sont pas troublées par le fait de charges différentes inductives ou non sur les différentes phases.

Cet appareil peut servir également pour totaliser la dépense d'énergie dans un circuit alimenté par des courants diphasés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Compteur d'énergie Gramme.

Le compteur d'énergie de la Société Gramme a une forme extérieure cylindrique. Ce compteur est du type wattmètre, et sert indistinctement pour courant continu ou courants alternatifs avec une égale précision de lecture. Ce qui le différencie ou le caractérise des appareils similaires ce sont le calage automatique, le réglage mécanique et les balais.

Un levier soulève automatiquement l'induit lorsque le compteur n'est pas en fonctionnement, c'est-à-dire lorsque les câbles d'amenée du courant ne sont pas encore placés, il est donc inutile de caler l'induit pendant le transport comme on le fait ordinairement à la mise en place.

En introduisant les câbles d'arrivée de courant dans leurs cosses respectives, on est obligé, en poussant un bouton, de faire jouer le levier et de rendre libre l'induit qui, par son propre poids, retombe lentement dans sa crapaudine. Le compteur est ainsi prêt à fonctionner sans autre opération ; on voit donc qu'il est inutile de faire le réglage du pivot comme dans les autres compteurs, réglage défectueux, en ce sens que la vis est plus ou moins serrée et le compteur retarde ou avance, d'où manque de précision.

La deuxième particularité de ce compteur consiste en l'application de balais spéciaux « l'indéformable » composés d'un ressort enroulé en forme de solénoïde et terminé d'une part, côté collecteur, par des brins soudés en argent. Ces balais peuvent être pliés à 90° sans être faussés, et qui plus est, ils reviennent toujours à leur position normale. Le réglage de la vitesse se fait par un dispositif qui tend à maintenir constante l'aimantation de l'aimant permanent et en adoptant un aimant armé d'une pièce de fer doux.

Entre l'aimant et son armature se trouve un disque en aluminium où s'induisent les courants de Foucault, l'aimant étant fixe et son armature mobile; on conçoit qu'en avançant l'armature plus ou moins du centre de rotation, les courants parasites sont plus ou moins intenses et ont, en conséquence, pour effet d'accélérer ou de retarder l'allure de l'induit.

Compteurs d'énergie Aron.

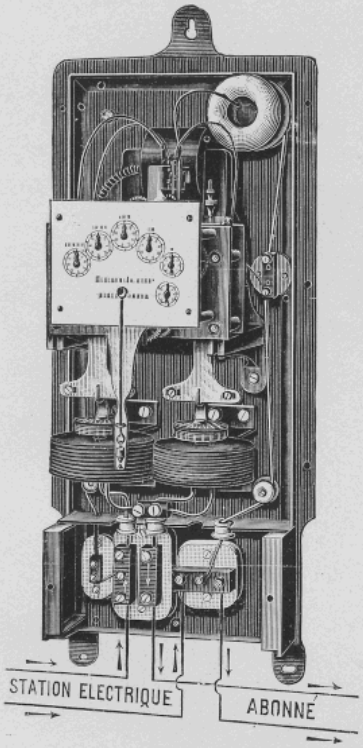
Ces compteurs sont des wattsheure-mètres à intégration continue. Ils comportent deux pendules dont le déplacement règle la rotation de la minuterie. Les balanciers sont pourvus de bobines parcourues par un courant pris en dérivation sur le réseau et oscillant devant des bobines fixes traversées par le courant principal dont on veut mesurer l'énergie. Le mouvement des balanciers sera donc fonction de l'intensité et du voltage du courant et par suite de la puissance fournie.

Les bobines-séries étant parcourues en sens inverse par le courant, les actions

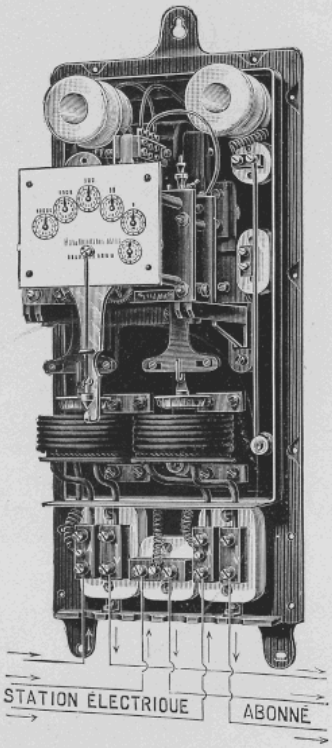
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

répulsives ou attractives du flux produit dans ces bobines sur le flux des bobines mobiles, tendront à modifier les oscillations des deux pendules et produiront une avance du pendule pour lequel l'action attractive s'ajoute à la pesanteur.

La différence du nombre d'oscillations est enregistrée par le compteur au moyen d'un mécanisme différentiel dont le planétaire entraîne la minuterie du compteur. Ce planétaire engrène avec deux roues d'angle reliées par engrenages aux roues à ancre de chacun des pendules.



Compteur Aron pour distribution à 2 fils.



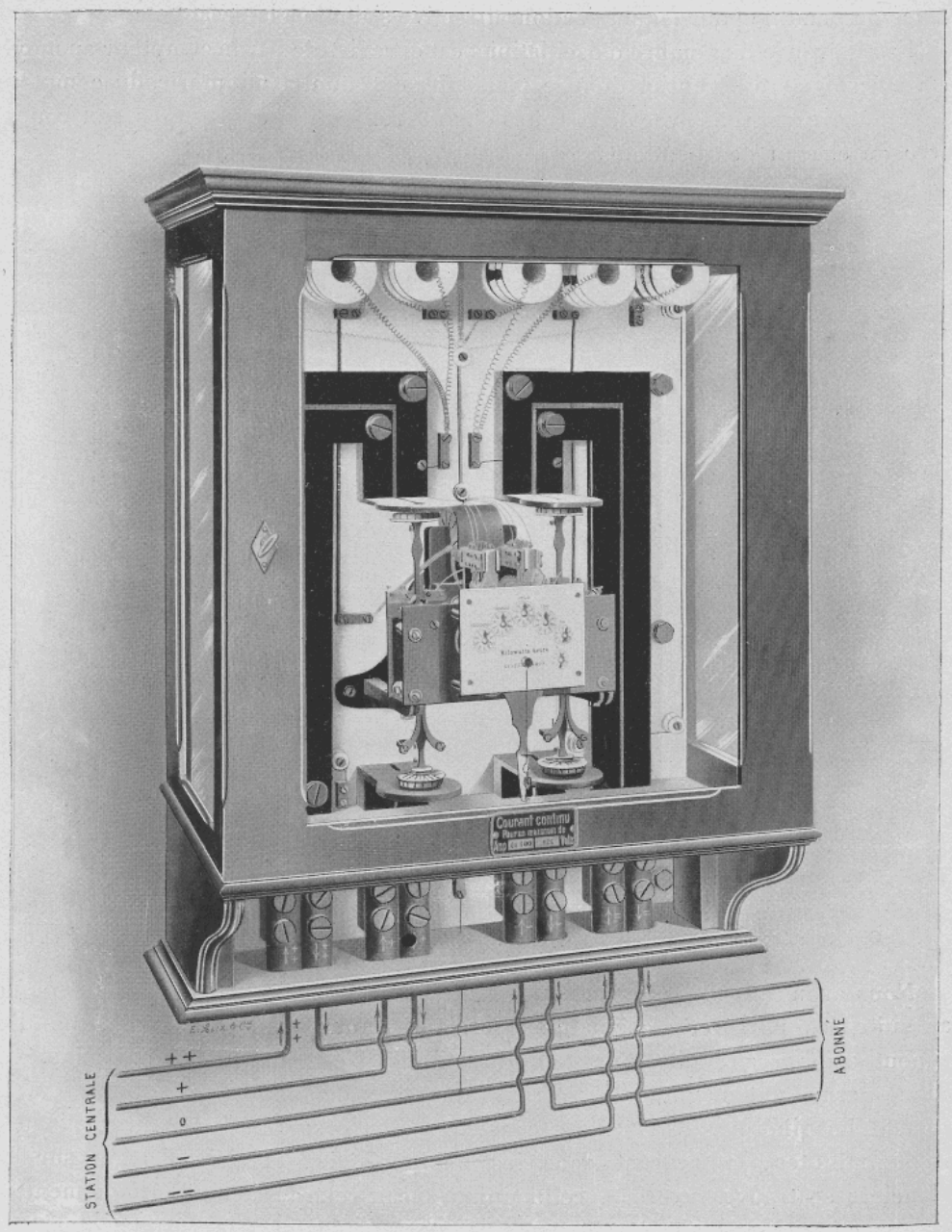
Compteur Aron pour distribution à 3 fils.

Nous avons supposé que l'action à vide sur les deux balanciers était identique, par suite les nombres d'oscillations seraient rigoureusement égaux, mais l'on ne peut espérer atteindre une telle exactitude, c'est pourquoi l'on a adopté un artifice permettant d'annuler les erreurs dues aux défauts de synchronisation. Le procédé imaginé par le Dr Aron consiste à renverser périodiquement, toutes les dix minutes, le courant dans les bobines-série, et ainsi l'action sur les balanciers se trouve inversée, celui qui avançait retardera et réciproquement, et l'erreur constante étant tantôt positive, tantôt négative, le résultat final sera nul.

On peut également remarquer que par ce procédé on rend le compteur parfaitement astatique : il ne pourra donc être influencé par les champs magnétiques extérieures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'inversion du courant est obtenue par un petit commutateur en tambour sur

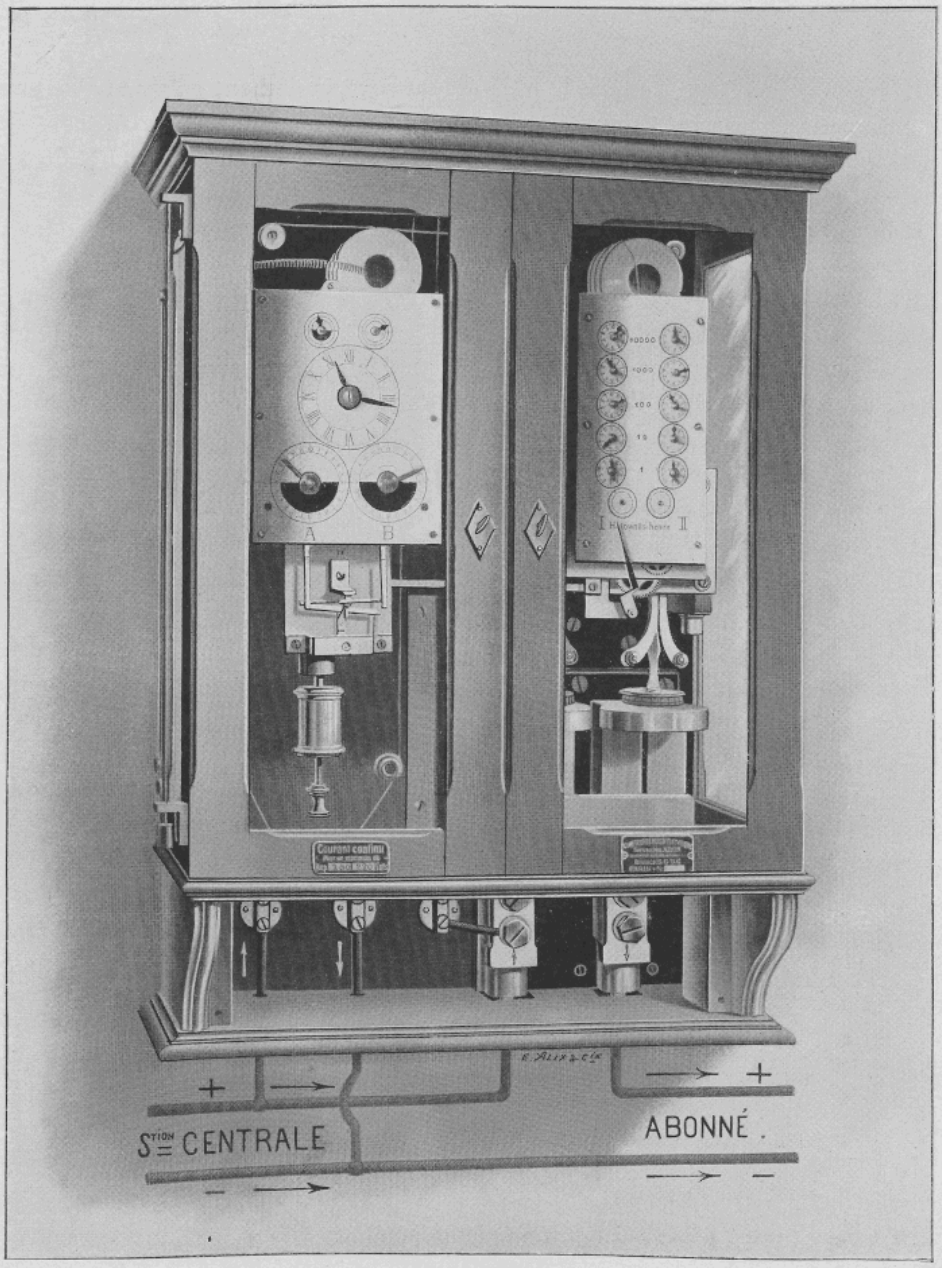


Compteur Aron pour courant continu à 5 fils.

lequel frottent quatre balais et qui tourne brusquement d'un demi-tour toutes les dix minutes, sous l'action d'un ressort-spirale remonté par le mouvement d'horlo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gerie. En temps normal, ce tambour ne peut tourner, car il est calé par une petite goupille qui se trouve déclenchée périodiquement par le mouvement d'horlogerie.



Compteur Aron à double tarif.

La rotation du planétaire est renversée périodiquement, mais afin que le compteur tourne toujours dans le même sens, on a ajouté un système de roues

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'angle servant au changement de marche ; ces roues sont portées par un manchon glissant sur l'arbre et engrenant alternativement avec une roue d'angle commandée par le planétaire ; le déplacement du manchon est obtenu par une fourchette qui est brusquement repoussée par une came montée sur l'axe de l'inverseur et se déplaçant avec lui.

Les compteurs Aron du type le plus récent sont également pourvus d'un remontage automatique très ingénieux. Le remontage est produit par un électro-aimant qui attire entre ses armatures une pièce polaire dont la rotation a pour effet de tendre un ressort et qui, grâce à un cliquet, ne peut se détendre brusquement.

L'énergie emmagasinée par le ressort est utilisée comme force motrice pour les mouvements d'horlogerie.

L'électro-aimant reçoit le courant par l'intermédiaire d'un commutateur oscillant actionné au moyen de goupilles par la rotation même de l'armature. Ce commutateur est rappelé brusquement par des ressorts dès qu'il a parcouru la moitié de sa course, de telle sorte que l'ouverture ou la fermeture du circuit de l'électro-aimant se fait brusquement et l'énergie consommée est minime. En pratique, le remontage se fait toutes les trente secondes et le courant ne passe que pendant une fraction de seconde dans l'électro-aimant.

Les bobines en dérivation sont mises en série avec des résistances fixes en fil de constantan enroulé en double sur des bobines de porcelaine pour éviter de la self-induction.

En pratique, ces compteurs sont réglés pour donner les indications directement sans constante ; ils ont une faible consommation puisque, remontage compris, ils n'absorbent pas plus de 1,8 watt. Le type de compteur décrit s'emploie pour circuit à deux fils à courant continu ou alternatif, mais on peut très bien les disposer pour fonctionner sur circuit à trois ou cinq fils ; pour les réseaux à trois fils, on peut mettre les bobines de volts en dérivation sur deux des ponts et les bobines-série sur deux des fils extrêmes. Les compteurs pour circuits à cinq fils sont un peu plus compliqués : les balanciers portent les bobines de volts en dérivation entre les fils extrêmes et le fil neutre ; ils se déplacent entre deux bobines-série, montées chacune sur quatre fils extrêmes ; dans ce cas, les plans d'enroulement des diverses bobines sont verticaux.

Compteur intégrateur Diamond.

La *Diamond Meter C°* construit des compteurs pour courant continu et courant alternatif.

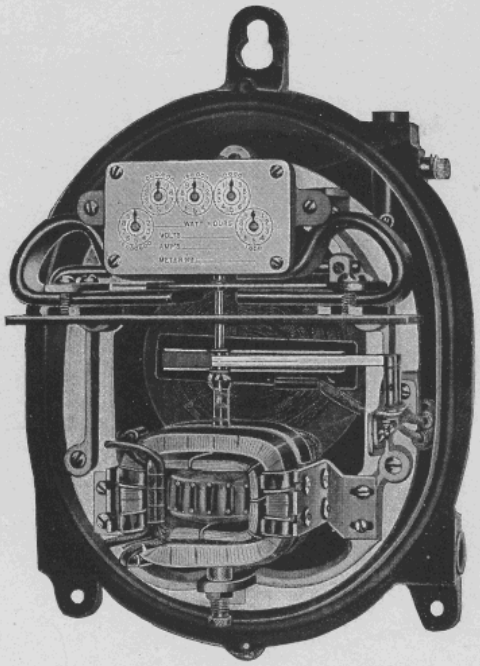
Le type F, pour courant continu, est du type à moteur.

Les aimants de freinage sont à la partie supérieure, de telle sorte qu'ils ne peuvent être affaiblis par un court-circuit dû à la chute d'un des fils de connexion. La longueur du collecteur a été réduite à 6 mm afin de diminuer la perte par frottement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La résistance en dérivation non inductive est enroulée sous forme de galette plate et fixée par des vis au fond de la boîte.

L'armature est extrêmement légère (71 gr) et peut être facilement visitée en enlevant la bobine-série qui se trouve devant. L'arbre vient porter sur un pivot à



Compteur de la *Diamond Meter C°*.

bille spéciale. Un petit boulon de laiton porte à la partie supérieure une coupe en pierre fine contenant la bille d'acier durci qui supporte l'arbre. On obtient ainsi un centrage parfait. Les garanties de fonctionnement de cet appareil sont :

Exact à 2 °/₀ près	à pleine charge ;
— 3 °/₀ près	à 3 °/₀ charge ;
Perte dans la résistance en dérivation	4 watts ;
Démarrage à	1 1/2 °/₀ de la pleine charge ;
Peut supporter une surcharge de	25 °/₀ continuellement ;
— —	50 °/₀ pendant un temps court.

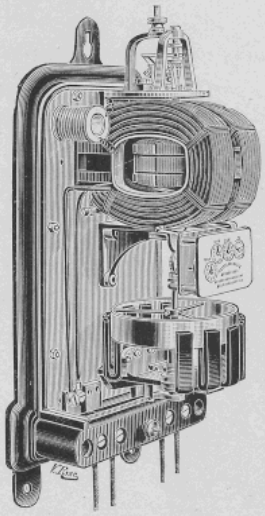
Le compteur du type E à courant alternatif est à peu près construit de la même façon, mais les bobines agissent directement sur le disque.

Compagnie anonyme continentale pour la fabrication des Compteurs.

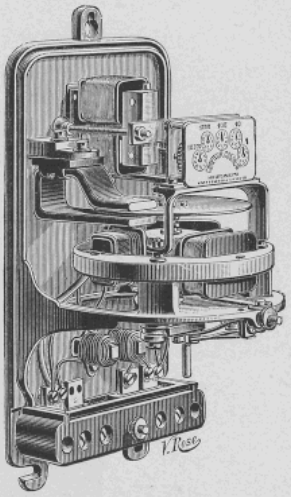
Compteur Vulcain. — La figure ci-contre représente le compteur Vulcain bien connu. L'amortissement est obtenu au moyen d'un court cylindre de cuivre qui tourne entre les pôles d'aimants fixes. Le réglage du couple-amortisseur s'obtient en élevant ou en abaissant ce cylindre dans les branches des aimants.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un dispositif spécial permet de soulever l'équipage mobile et de le caler pour que le transport puisse se faire sans inconvénient. En dévissant l'appareil de calage, l'équipage mobile reprend exactement sa position primitive.



Compteur Vulcain.



Compteur Cosinus B. L.

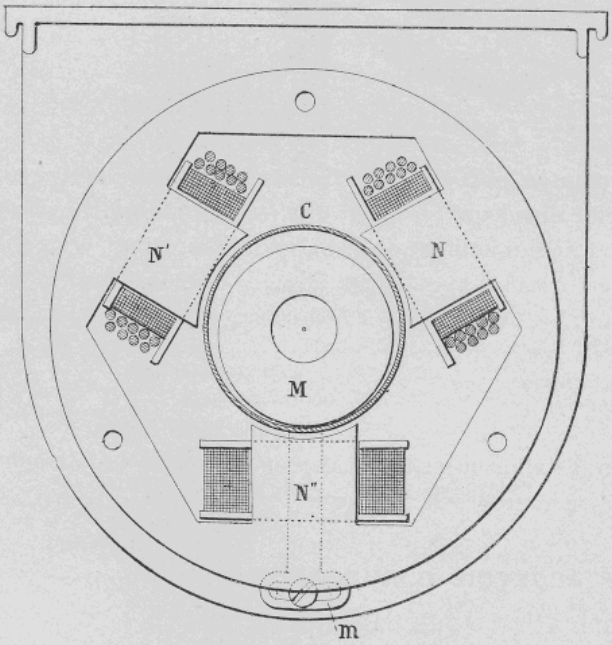


Fig. VII

Schéma des enroulements des compteurs Cosinus B. L.

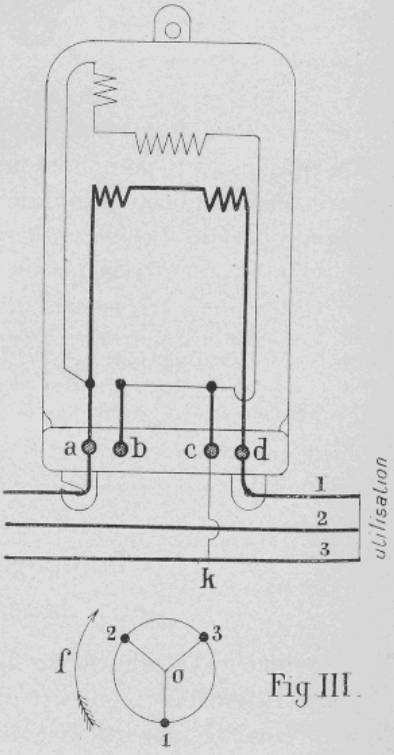


Fig III.

Compteur Cosinus B. L.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Compteur Cosinus, type B. L. — Ce compteur est basé sur l'utilisation des champs tournants créés par deux systèmes inducteurs traversés par des conduits décalés.

Dans cet appareil, l'organe induit est en même temps l'amortisseur. Il se compose d'un cylindre de cuivre entouré de 3 électros placés à 120° et traversés l'un par un courant déwatté, les deux autres par le courant principal. La figure ci-contre représente en perspective ce compteur, et les deux autres figures indiquent schématiquement la position des bobines et leurs connexions.

Compteur Cosinus I. R. — Dans ce compteur, on retrouve à peu près les mêmes organes que dans le précédent, mais constitués un peu différemment. La figure ci-contre montre la disposition des bobines inductrices et de l'aimant amortisseur.

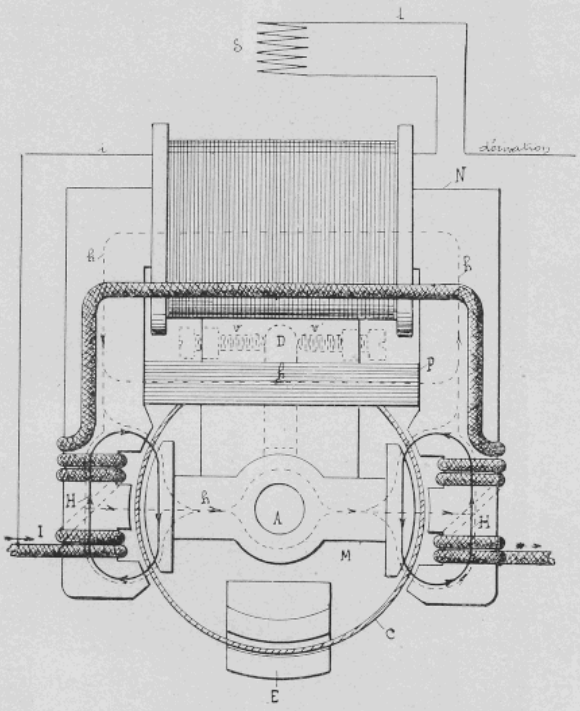
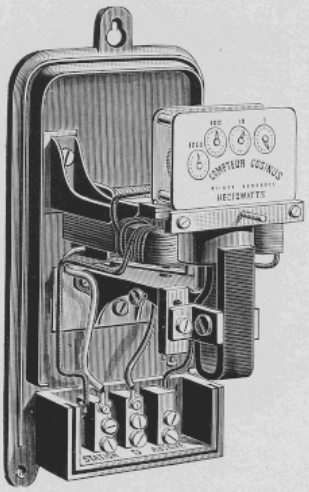


Schéma des connexions du compteur Cosinus I. R.



Compteur Cosinus I. R.

Compteur électrolytique Wright. — Ce compteur consiste en un réservoir en verre *hermétiquement clos* contenant une solution d'azotate mercureux susceptible d'être électrolysée sous l'action d'une faible dérivation du courant total à mesurer.

L'anode A est constituée par du mercure ; la cathode C par du platine.

Comme on le sait, la quantité de mercure déposé à la cathode est proportionnelle à la quantité d'électricité qui a traversé l'électrolyte.

Une résistance très élevée est montée en série avec l'électrolyte et le tout est placé, en dérivation, aux bornes d'une faible résistance, calculée de façon à laisser passer dans l'électrolyte 1/200 seulement du courant total à mesurer.

Le courant entre par la borne D et la plus grande partie passe dans la faible résistance R pour ressortir en E.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le courant dérivé, qui est toujours une fraction exacte du courant total, passe de D en E par la bobine P à fil fin et par l'électrolyte C.

Le rapport de P à R est calculé d'avance ; mais le réglage final au laboratoire d'essais est terminé au moyen de vis D et E permettant de faire varier très légèrement la longueur de la résistance R.

Quand le courant traverse le compteur, du mercure métallique se dépose à la cathode et vient tomber dans un tube jaugé très exactement et gradué.

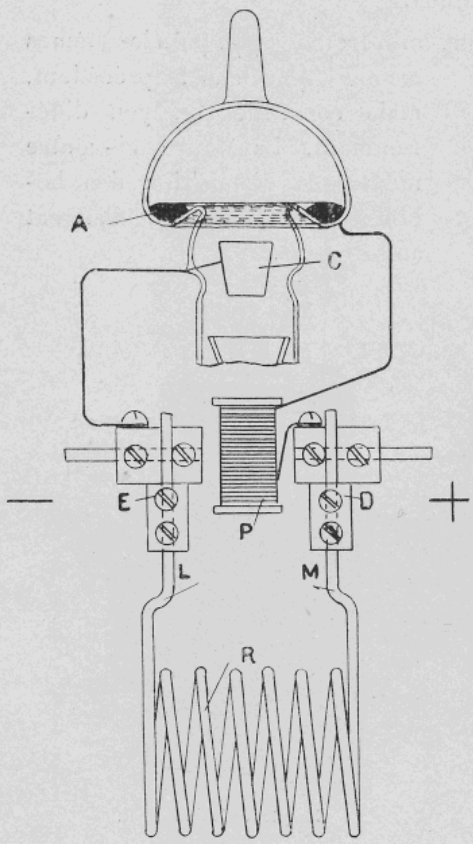
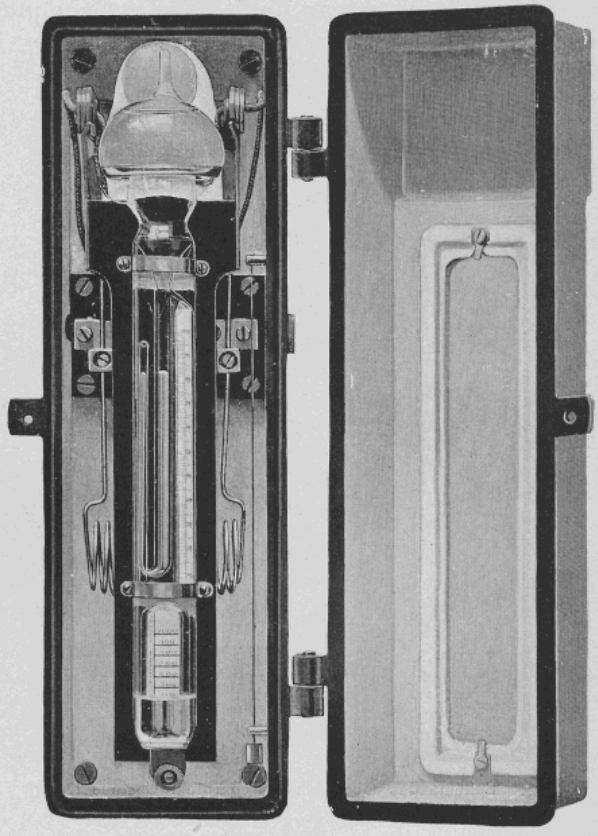


Schéma des connexions du compteur Wright.



Compteur d'intensité Wright.

Le mercure libéré à l'anode est exactement remplacé par du mercure contenu dans une ampoule formant réservoir. Lorsque le nombre de kwh, pour lequel ce compteur est construit, a été enregistré, la mise à zéro s'effectue très simplement en faisant basculer le tube autour de sa charnière de façon à ramener le mercure dans le réservoir.

Dans ce compteur, la force contre-électromotrice développée par l'électrolyte ne dépasse pas 1 volt à pleine charge, l'action perturbatrice de cette force contre-électromotrice n'entre que pour 1 %.

Les corrections de température sont inutiles : en effet, la résistance de l'élec-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trolyte varie avec la température en sens inverse de la résistance du fil de cuivre calculé en vue de la compensation exacte.

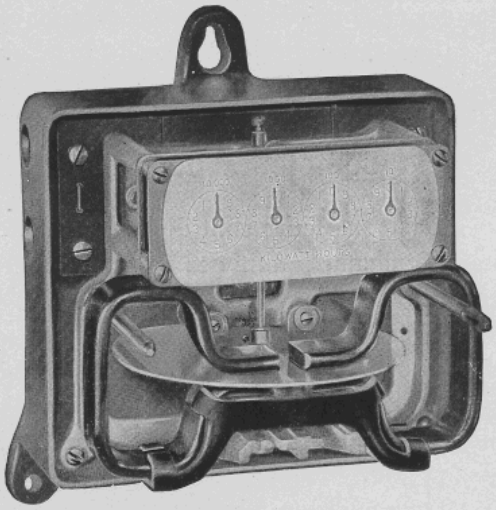
Lorsque le compteur est mis en place à l'origine, ou lorsqu'il a enregistré l'énergie maxima pour laquelle il est construit, celui-ci doit être remis à zéro. Cette opération se fait très simplement en faisant basculer le tube de façon à ramener le mercure qu'il contient dans l'ampoule supérieure.

Compteur Thomson à couple élevé pour courants alternatifs.

Ce nouveau compteur a un couple de rotation élevé ; il est enfermé dans une caisse rectangulaire dont on peut facilement enlever le couvercle, maintenu par deux écrous à oreille, pour visiter le mécanisme.

Le compteur porte quatre cadrans donnant exactement la consommation en kw h

Compteur Thomson à couple élevé pour courants alternatifs.



Compteur Thomson à couple élevé pour courants alternatifs.

sans constante pour les compteurs de moins de 15 kw ; pour les puissances supérieures, les constantes sont 10, 100, 1 000, etc. La partie mobile se compose d'un disque monté sur un petit arbre d'acier, commandant la minuterie par vis sans fin.

Pour avoir une précision suffisante aux faibles charges, on a adapté un dispositif spécial de réglage, consistant en un cadre conducteur que l'on peut déplacer devant le disque, et qui permet ainsi de changer le couple de freinage.

Le flux magnétique est pratiquement fermé sur lui-même, les aimants n'auront donc pas tendance à se démagnétiser.

Le pivotage des compteurs est un point très important que l'on a soigné particulièrement dans le type actuel. L'axe pivote entre des saphirs de Ceylan soigneu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sement polis, fixés dans des chapes métalliques portées par des ressorts calibrés.

Le dispositif de calage pour le transport est formé par un anneau soulevant le pivot.

Cet appareil est caractérisé par un couple de freinage considérable, ce qui permet de négliger le couple dû aux frottements devant celui produit par les courants de Foucault, de telle sorte que la précision de l'instrument restera la même après un long emploi.

On conçoit que la qualité des aimants a une importance considérable puisque les courants de Foucault retardateurs produits dans le disque métallique donneront une réaction proportionnelle au carré de la puissance de l'aimant. Les pièces d'acier servant à la fabrication de ces aimants sont très soigneusement choisies et soumises à des essais rigoureux, puis catalogués.

Ce compteur peut fonctionner d'une façon précise même sur les charges très inductives. La précision n'est pas affectée par un changement de fréquence de 10 %. Les compteurs établis pour les fréquences de 125 à 133 périodes peuvent se transformer en compteurs pour une fréquence de 60 p : s.

Une variation de voltage de 10 % n'a pas non plus d'effet bien nuisible.

Compteurs pour courants alternatifs Westinghouse.

Ces compteurs sont du type à induction; le champ magnétique produit par les enroulements, induit des courants de Foucault dans un disque, et par suite l'entraîne.

L'électro-aimant qui actionne le disque est formé d'un certain nombre de tôles découpées à l'emporte-pièce. Deux bobines de fil fin, enroulées à la partie supérieure et connectées en série avec une bobine de self, forment le circuit de dérivation branché sur la ligne. Le courant dans ce shunt est proportionnel au voltage de la ligne.

On remarque que la partie inférieure de l'électro-aimant porte en saillie une pièce polaire autour de laquelle se trouve enroulée la bobine série, connectée directement avec le circuit extérieur. Cette bobine est formée d'un petit nombre de spires de gros fil.

Le disque en aluminium tourne dans l'entrefer ménagé au-dessus de la bobine-série, appelé l'entrefer-série.

On a ménagé également un entrefer dans le circuit magnétique shunt. Les lignes de forces de chaque bobine shunt passent en partie par l'entrefer shunt, par le noyau de l'autre bobine shunt, pour revenir par la partie inférieure de l'électro-aimant; une autre partie change de direction et passe à travers la bobine-série pour revenir directement à la même bobine shunt.

On remarquera que deux séries de lignes de force passent à travers l'entrefer-série et en sens contraire. Il y a donc neutralisation de flux, de telle sorte que leur passage à travers la bobine-série n'est pas susceptible d'induire une force électro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

motrice ; on peut donc négliger le flux-shunt qui passe à travers la bobine-série et considérer la marche du flux comme étant celle d'un flux virtuel passant d'une pièce polaire « A » à une autre pièce polaire « C », en coupant deux fois le disque ; ces deux pièces étant en regard de la pièce polaire « B ».

Par suite de la grande self-induction ou du faible facteur de puissance de la bobine-shunt, le courant shunt est en retard de presque 90° sur le voltage de la ligne ; en d'autres termes, au moment où le courant est maximum dans la bobine-série, le courant dans la bobine-shunt est minimum. Sans les pertes dans le fer et la petite perte due à la résistance du circuit-shunt, l'angle de décalage serait exactement de 90°.

Durant une partie de chaque alternance, la bobine-série agit dans le même sens que le flux de la bobine-shunt « C », et en sens contraire du flux de la bobine-shunt « A ». Durant une autre

Compteur Westinghouse.

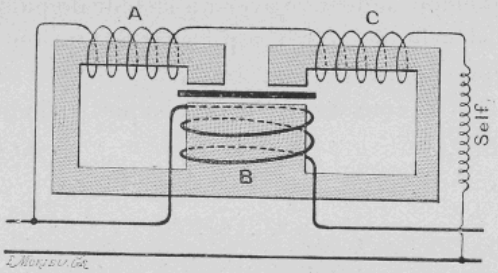


Schéma du compteur Westinghouse.

partie de l'alternance, l'effet produit est inverse, la bobine « A » a son flux renforcé et la bobine « C » a son flux diminué.

Ces variations successives ont pour résultat d'orienter les lignes de force dans une seule direction. Il est facile de s'en rendre compte en représentant, par exemple, par le signe + un pôle qui émet le flux magnétique, et par le signe — le pôle qui reçoit le flux.

Pour un cycle complet de deux alternances, on a :

	Si A est	B est	C est
Au début	+	0	—
Au 1/4	0	+	0
A 1/2	—	0	+
Aux 3/4	0	—	0
Période suivante	+	0	—

Pendant chaque période le phénomène se répète. On remarquera que les deux signes + et — se déplacent constamment vers la droite, ce qui indique une orientation du champ dans cette direction. Cette variation continuelle du champ entraîne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la rotation du disque d'aluminium. Ce disque est monté sur un arbre qui se termine, à sa partie inférieure, par un pivot d'acier afin de réduire au minimum toutes les résistances au mouvement; la crapaudine est constituée par un rubis.

Le mouvement se transmet de l'arbre aux aiguilles du cadran au moyen d'un mouvement d'horlogerie. Les indications de l'enregistreur sont proportionnelles à la puissance totale fournie au réseau et non au carré du courant, comme dans la plupart des appareils, c'est pourquoi la force antagoniste doit être directement proportionnelle à la vitesse, au lieu du carré de la vitesse (comme ce serait le cas avec les ailes d'un ventilateur tournant dans l'air). Le disque en aluminium passe entre les pôles d'un aimant permanent qui réduit la vitesse de façon qu'elle soit proportionnelle à la puissance.

Négligeons pour l'instant les pertes dans le fer et les pertes dues à la résistance du circuit, et supposons que le self du shunt produise un décalage de courant de 90° par rapport à la tension du réseau avec une charge non inductive; le courant de la bobine-série sera en phase avec la tension, et le courant de la bobine-shunt sera décalé de 90°. Les courants des bobines shunt et série seront décalés de 90° et il en résultera une impulsion maximum au disque. Si au contraire nous avons une charge uniquement inductive avec un facteur de puissance = 0 le courant de la bobine-série sera décalé de 90° par rapport à la tension et sera en phase avec le courant de la bobine-shunt.

Ainsi, nous avons pour chaque période :

	Si A est	B est	C est
Au début	+	+	—
Au 1/4 de la période	0	0	0
A 1/2	—	—	+
Aux 3/4	0	0	0
Période suivante	+	+	—

Dans ce cas, on n'aura pas de variation de champ magnétique; aussi le disque reste-t-il stationnaire et l'enregistreur ne marque rien. Ainsi quand le flux-shunt est décalé de 90° par rapport au voltage du réseau, l'appareil enregistre exactement la puissance fournie, quelle que soit la charge inductive ou non inductive.

A cause des pertes dans le fer et dans le cuivre du shunt, l'angle de décalage entre le flux est $< 90°$, et l'appareil ne serait pas exact pour un facteur de faible puissance si l'on n'employait un dispositif de contours de fil répartis également sur les deux côtés A et C du shunt (de façon à ne pas affaiblir un côté plus que l'autre) et de court-circuiter cette bobine par un bout de fil de maillechort qui forme un circuit non inductif.

En faisant varier la résistance du fil maillechort, on peut corriger le flux de façon à rendre l'appareil exact, quel que soit le facteur de puissance.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PERMÉABILITÉ — MESURE DES CHAMPS

Appareil pour l'essai des fers, Siemens et Halske.

Cet appareil permet de déterminer les qualités magnétiques des échantillons de fer. La déviation de l'aiguille donne l'induction par cm² directement. L'échantillon placé entre les pôles d'un aimant est entouré d'une bobine magnétisante; la bobine oscille dans le petit entrefer de la culasse, produisant un courant dont on mesure l'intensité.

La déviation de la bobine est proportionnelle à l'induction dont la valeur réelle est donnée par une table.

Appareil spécial pour l'essai des tôles, telles qu'elles arrivent de l'usine. — Il a la forme d'un tambour et les tôles sont introduites à l'intérieur du cylindre; elles sont, par suite, complètement entourées par la bobine magnétisante. L'appareil peut, en outre, se transporter facilement d'un point à un autre de l'atelier. Les parois latérales sont réunies par des boulons et portent une rainure servant à guider les tôles. Les tiges peuvent se retirer pour l'introduction de fils nus, enroulés entre les parois latérales et protégés par des chevrons.

L'enroulement est formé de deux sections qui peuvent être réunies en série ou en parallele permettant de faire les essais pour les diverses inductions.

On doit construire un appareil spécial pour chaque dimension de tôles, mais il y a seulement deux types courants de tôles en Allemagne, d'après la prescription de la « Verband Deutscher Elektrotechniker ».

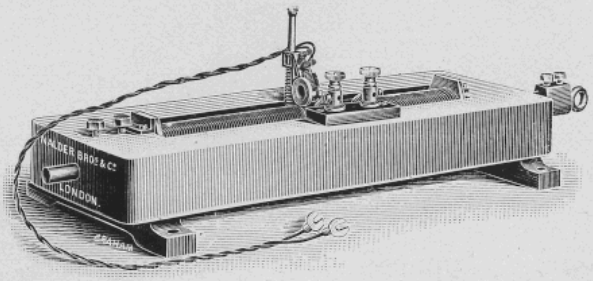
Le voltage variant avec la surface des tôles, on peut essayer à la fois quatre tôles de 0,5 mm ou six de 0,35 mm. On fait chevaucher les joints.

Pour les essais commerciaux, il n'est pas nécessaire d'isoler les tôles; on place seulement sur les bords des bandes de papier de 10 mm.

Ces essais courants donnent des résultats de 3 % trop élevés.

Cet appareil est donc pratique et suffisamment précis pour les besoins journaliers.

Perméamètre du Professeur Hopkinson.



Perméamètre d'Hopkinson (Nalder Brothers).

Cet appareil comporte une culasse massive de fer.

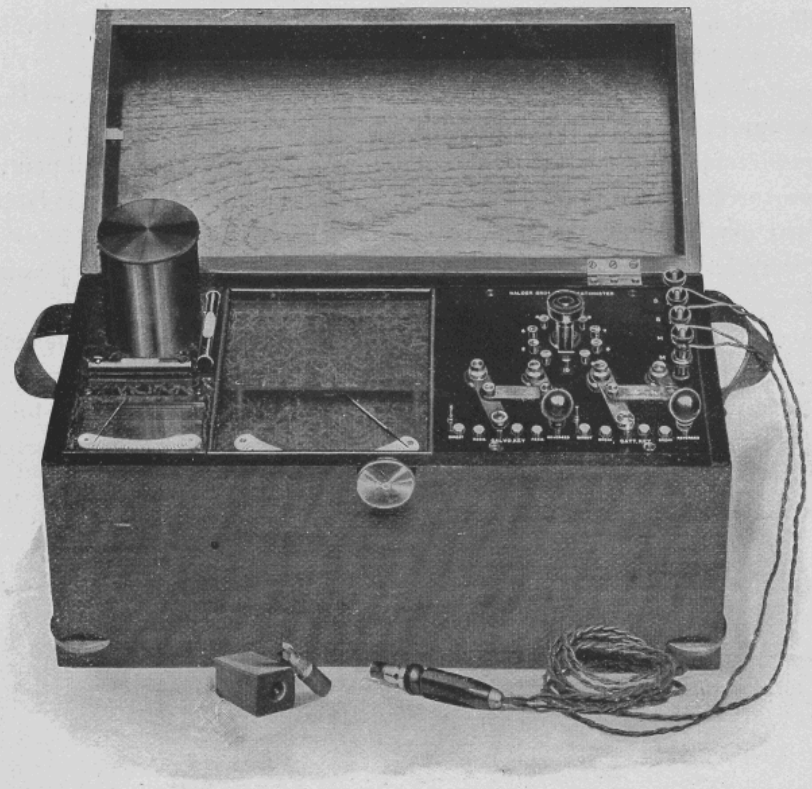
L'échantillon de métal à essayer a été tourné de façon à former une tige pouvant entrer à frottement doux dans des trous percés dans la culasse. L'aimantation du barreau est produite par une bobine longue, tandis qu'une petite bobine portant un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grand nombre de tours de fil fin, placée au milieu de la bobine allongée, produit une décharge dans un galvanomètre balistique lorsqu'on les retire brusquement du champ. Cette petite bobine est fixée sur charnière à ressort, de telle sorte qu'elle s'écarte rapidement lorsqu'on enlève le barreau à essayer.

Perméamètre breveté du Dr. Drysdale (Nalder Brothers).

Cet appareil permet d'établir la courbe d'induction complète d'un échantillon de fer. Il comporte une série de fiches et un tambour mobile ainsi que des cordons



Perméamètre Drysdale (Nalder Brothers).

souples pour amener le courant. Un galvanomètre placé dans la boîte permet de faire les lectures.

Appareil pour l'essai des fers, Hartmann et Braun.

Cet appareil est destiné à l'essai des barreaux cylindriques. Le barreau est coupé en son milieu pour permettre de placer une spirale de bismuth. Un pont spécial à contact glissant permet d'obtenir directement l'induction et le champ.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Appareil pour la mesure des champs magnétiques Hartmann et Braun.

Électro-aimants de Dubois. — Ces appareils sont demi-circulaires. Le plus grand pèse 150 kg et a un entrefer de 1 mm, une surface de 30 mmq ; il a 50 000 ampères-tours et produit un champ magnétique de 30 000 U. C. G. S.

Le plus petit pèse 25 kg, a une section égale d'entrefer, 16 000 ampères-tours, ce qui donne un champ de 30 000 U. C. G. S.

Spirale de Bismuth. — Cet appareil sert à mesurer la forme des champs magnétiques. Suivant la théorie de Léonard, la spirale a seulement une épaisseur de 1 mm et son diamètre varie entre 5 et 20 mm.

Magnétomètre de Fischer. — Ce magnétomètre sert pour la mesure des champs faibles. Il comprend un disque de cuivre de 3 cm de diamètre tournant à vitesse constante. Il suffit de connaître le nombre de tours n et la différence de potentiel e entre l'axe et la périphérie.

La valeur du champ est donnée par la formule :

$$H = (e/n)C,$$

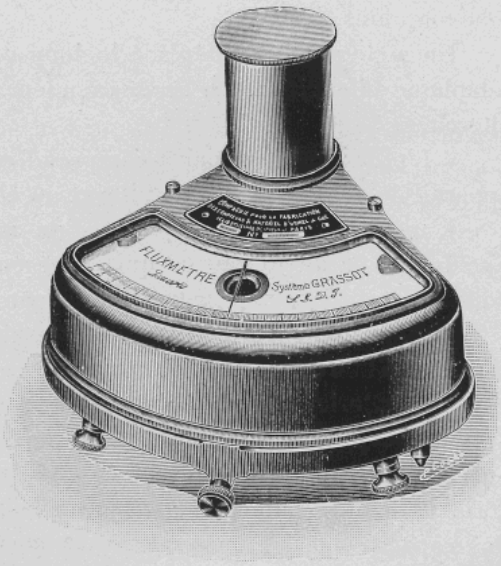
C étant une constante dépendant des dimensions du disque.

On peut, avec cet appareil, mesurer des champs de quelques centaines de gauss, tandis qu'avec la spirale de Bismuth on ne peut faire de lecture au-dessous de 2000 gauss.

Flux-mètre Grassot, Compagnie pour la fabrication des Compteurs.

Cet appareil est un galvanomètre genre Deprez d'Arsonval, à couple directeur sensiblement nul et à aimant très puissant.

En combinaison avec une bobine d'un nombre de tours et de surface connus, il donne directement sur un cadran divisé l'intensité d'un champ magnétique ou la valeur d'un flux magnétique.



Flux-mètre Grassot.

Il peut également servir à mesurer une quantité d'électricité en le reliant en dérivation sur une résistance connue.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Balance magnétique de Dubois (Siemens et Halske).

Cette balance sert pour les mesures de précision.

La bobine magnétisante qui entoure les feuilles ou les barres à essayer est munie d'un enroulement de correction, et la culasse épaisse d'acier coulée de haute perméabilité forme le fléau de la balance; l'attraction est compensée par un poids mobile dont le déplacement donne la valeur de l'induction.

OHMMÈTRES ET APRAREILS POUR LA MESURE DIRECTE DES RÉSISTANCES D'ISOLEMENT ET LA LOCALISATION DES DÉFAUTS

Ohmmètre, type Sage, Wesco Supply C°.

Cet instrument, basé sur le principe du pont de Whetastone, emploie un téléphone comme indicateur de zéro, de telle sorte que les courants telluriques n'auront pas d'influence sur la mesure, le courant utilisé étant alternatif ou pulsatoire.

L'appareil a quatre sensibilités permettant de mesurer de 0 à 10, 0-100, 0-1000, 0-20 000 ohms.

Un style peut être déplacé le long du fil de comparaison de façon à rendre le téléphone silencieux. La graduation en regard indique directement la résistance cherchée.

« L'ohmmètre spécial » comprend en outre un galvanomètre servant comme appareil de zéro, lorsqu'on utilisera du courant continu.

L'appareil est très simple et d'un maniement commode; l'échelle graduée a une longueur de 76 cm, ce qui représente six fois la longueur de l'échelle d'un voltmètre ordinaire; il est étalonné par comparaison.

Le galvanomètre du type d'Arsonval n'est pas influencé par les champs extérieurs et a une sensibilité encore plus grande que le téléphone.

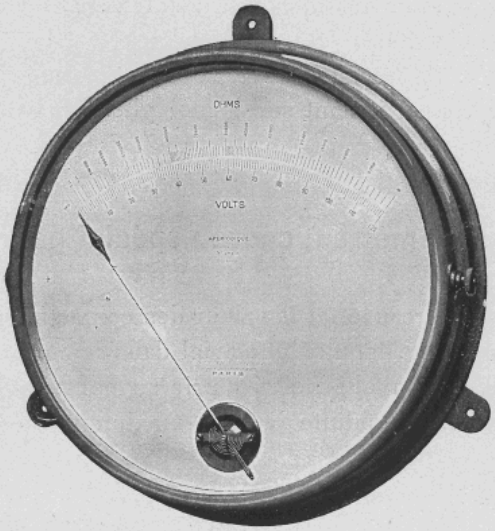
La batterie fournit le courant au primaire d'une bobine d'induction dont le secondaire produit le courant alternatif.

Si l'on emploie le courant continu, on pourra opérer par la méthode du faux zéro. Le courant alternatif permettra la localisation des coupures, la comparaison des capacités et des inductances, la mesure des résistances des électrolytes et la résistance intérieure des piles; il permet la localisation des défauts même lorsque des f. é. m. existent en ce point.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voltmètre-Ohmmètre Chauvin et Arnoux.

Cet appareil, constitué par un voltmètre apériodique à grande résistance intérieure, est destiné à servir, sous le voltage normal de la distribution, d'indicateur permanent de la valeur de l'isolation de la canalisation en marche. Très précis, il possède deux échelles : l'une graduée en volts et l'autre en ohms faisant connaître la valeur de la résistance intercalée dans son circuit, mais il est entendu que cette indication n'est rigoureusement exacte, que si l'expérience a lieu en employant le voltage pour lequel l'instrument a été gradué, et correspondant au zéro de l'échelle ohmmique.



Voltohmmètre Chauvin et Arnoux.

Pour tous autres voltages, la résistance cherchée est donnée par la formule :

$$R = r\,\frac{E}{e}$$

r étant la résistance,

e la différence de potentiel donnée par l'appareil,

E la différence de potentiel normale de tarage.

Pour une canalisation, par exemple : en reliant une des bornes de l'instrument à l'un des câbles et l'autre borne à une terre, on aura directement en ohms la valeur de l'isolement du deuxième câble par rapport à la terre et de même pour le premier en opérant en sens inverse.

Ohmmètre à lecture directe Everett-Edgcumbe.

Ces appareils sont établis sur le principe du pont de Wheatstone. La résistance de comparaison étant obtenue au moyen d'un fil très résistant (10 000 ohms) et un contact glissant portant une aiguille indicatrice se déplaçant sur une échelle graduée circulaire, donnant les indications en ohms et méghoms.

Une résistance supplémentaire de 100 000 ohms est intercalée en série et l'on peut déterminer ainsi des résistances de 50 méghoms.

Les ohmmètres ont trois résistances de comparaison et peuvent mesurer de 10 à 50 méghoms, et les appareils pour la mesure des résistances ont cinq résistances de comparaison et mesurent de 1/10 à 10 000 ohms.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

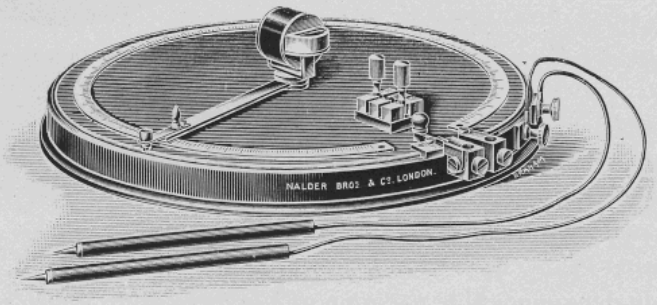
Un galvanomètre du type d'Arsonval formé d'une petite bobine circulaire est supporté par des ressorts en spirale et est muni d'un amortisseur à air. Une aiguille, que l'on voit par une petite fente de la boîte, permet d'amener le galvanomètre au zéro ; le bouton d'ébonite servant à déplacer le contact sur la résistance sert en même temps de clef pour le galvanomètre.

Pour les mesures d'isolement, on emploie une magnéto donnant 100, 200 et 500 volts.

La résistance réglable est formée par un fil nu de cuivre enroulé sur un cylindre isolant sur lequel glisse le contact mobile.

Ohmmètre à cadran spécial pour la mesure des faibles résistances.

A cause de la valeur des contacts, on doit souvent renoncer à l'emploi du pont de Wheatstone industriel dans la mesure des faibles résistances comprises entre 0,01 et 1 ohm, et recourir au pont double de Thomson. La disposition du pont double, réduite à son maximum de simplicité dans l'ohmmètre de 0,000 001 à



Ohmmètre Nalder Brothers.

1 ohm, nécessite cependant un courant de 2 à 5 ampères, malgré l'emploi d'un galvanomètre très sensible quoique robuste.

Parfois la résistance à mesurer ne peut pas supporter un courant aussi intense, tel est le cas des fils métalliques de faible longueur et de faible section, des amorces électriques, baguettes de charbon, etc., c'est pourquoi l'appareil est disposé de telle sorte que le courant maximum traversant la résistance ne puisse jamais atteindre une valeur supérieure à 0,05 ampère.

Il se compose essentiellement d'un galvanomètre apériodique de précision gradué en ohms et d'un rhéostat divisé en deux parties placées de part et d'autre de celui-ci.

Deux bornes marquées + et — se relient à un accumulateur de faible capacité, suffisant à fournir le courant nécessaire à la mesure. Enfin, deux plots isolés pou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vant se mettre en court-circuit par une fiche pour le tarage, sont destinés à recevoir les extrémités de la résistance à mesurer sous deux boutons de serrage ; un troisième plot permet d'opérer la mesure au moyen de la même fiche qu'il suffit de déplacer.

Appareils pour le contrôle des compteurs électriques, Fort Wayne Electric Works.

Ces calibrateurs sont destinés à l'étalonnage des compteurs sans qu'ils soient débranchés. Ils seront donc avantageusement employés par les stations centrales et ils permettront un contrôle facile des divers appareils enregistreurs. Ces appareils se font en deux types : les calibrateurs à sonnerie et les calibrateurs enregistreurs.

Calibrateur à sonnerie. — Cet appareil comporte un wattmètre de puissance, voltage et fréquence convenables, mais sans appareil enregistreur. La boîte servant au transport est pourvue de vis de calage et d'un petit niveau à bulle ; à l'intérieur se trouve un commutateur bipolaire servant à mettre les bobines d'intensité en série ou en parallèle suivant l'intensité.

Au-dessous de 5 ampères, les bobines sont en série ; de 5 à 10 ampères, elles sont en parallèles ; pour 15, 20 et 25 ampères, on adopte des constantes. Ces limites sont d'ailleurs très étendues puisque ces compteurs s'appliquent à des réseaux à intensité constante.

Pour comparer les vitesses des deux compteurs, le circuit d'une sonnerie est réuni au compteur étalon au moyen d'un commutateur à deux segments, calé sur l'arbre de l'armature à la place de l'engrenage premier moteur de la minuterie.

A chaque tour de l'étalon, le circuit se trouve fermé sur une pile sèche placée dans la boîte, qui actionne la sonnerie. Un petit interrupteur ouvre le circuit de la pile et évite des déperditions de courant en temps normal si par hasard le commutateur s'arrêtait sur le point de fermeture.

Calibrateur enregistreur. — Ce calibrateur consiste en un compteur ordinaire du type « R », ayant un train d'engrenage à double réduction et pourvu de deux cadrans au lieu de trois, et qui indiquent le nombre de tours au lieu de donner les kilowatts-heure.

Ce dispositif est beaucoup plus simple que le précédent, mais n'a pas un emploi aussi étendu.

Les cadrans permettent d'enregistrer 110 tours, ce qui représente environ un fonctionnement normal à pleine charge de trois minutes.

Il suffira de contrôler les tours pendant une demi-minute en première approxi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

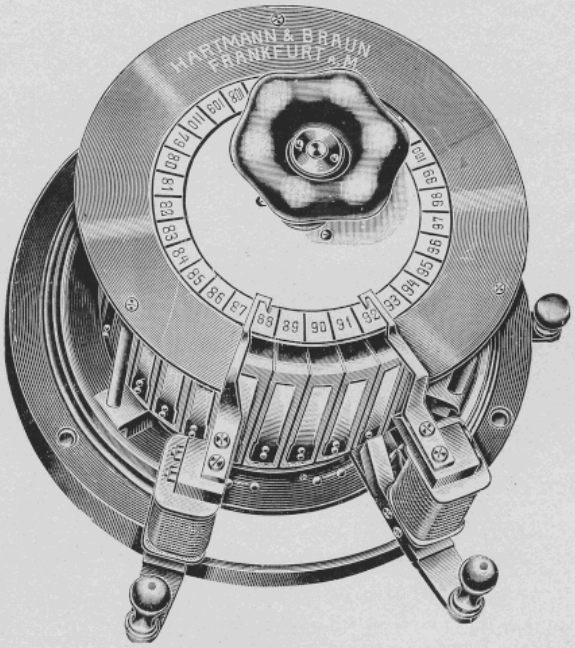
mation, mais pour le réglage final, on fait les lectures pendant deux à deux minutes et demie.

L'ensemble de l'appareil est placé dans une boîte métallique pourvue de vis de calage pour la mise de niveau.

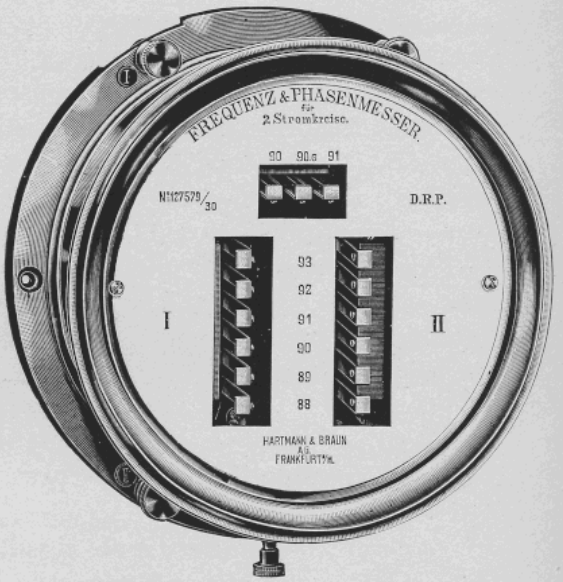
FRÉQUENCEMÈTRES ET INDICATEURS DE PHASE

Fréquencemètre électro-acoustique Hartmann et Braun.

Cet appareil comporte 32 languettes mobiles disposées en rond sur une boîte de résonance.



Fréquencemètre électro-acoustique.



1 : 3

Fréquencemètre double avec indicateur de synchronisme et d'égalité de phases.

Ces languettes sont accordées de 1/2 en 1/2 ou de 1 en 1 alternance. 6 languettes au-dessous et 6 languettes au-dessus de la fréquence normale. La puissance d'excitation est sans influence sur les indications. La consommation de courant n'est que de 3 w environ.

Tonomètre acoustique. — Cet appareil de démonstration se compose de 36 lames accordées en gamme en ligne droite sur un socle de bois, réglées pour 75 à 110 alternances. Un couple d'électro-aimants peut être déplacé devant la pile de lames sur deux chariots à coulisse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On évalue les fractions de période par l'amplitude relative des anches voisines.

On peut, avec cet appareil, mesurer deux fréquences différentes. On peut ainsi déterminer le glissement d'un moteur asynchrone en réunissant un des électros à l'alternateur et l'autre au rotor du moteur.

Lorsque l'on veut déterminer le glissement ou le nombre de tours d'un arbre avec les appareils précédents, on utilise un *petit interrupteur de circuit*. Cet appareil monté sur poignée porte un pointeau que l'on appuiera contre le bout de l'arbre. Un petit balai en charbon, que l'on peut déplacer, permet d'avoir 2, 4, 6, 8, 10 et 12 interruptions par tour de l'arbre.

Fréquencemètre double. — Avec indicateur de synchronisme. Cet appareil se compose de trois fréquencemètres. Les deux premiers ont six languettes, trois au-dessus et trois au-dessous de la fréquence normale.

Chacun de ces appareils est réuni sur une des machines, de telle sorte que l'on pourra régler approximativement la vitesse de la machine que l'ont veut mettre en parallèle.

Le fréquencemètre du milieu a trois languettes; celle du milieu étant réglée pour la fréquence normale, les deux autres s'en écartant de 1/2 %.

Ce dernier appareil est réuni aux deux machines à la fois. Les connexions étant en sens inverse, de telle sorte que la languette au milieu paraîtra immobile lorsque le synchronisme sera atteint ou que l'amplitude sera renforcée de 20 %.

Compteur de nombre de tours. — Cet appareil porte 62 languettes et un électro réuni à un alternateur d'un nombre connu de pôles ou à un interrupteur tournant.

Indicateur de phase avec lampes, Siemens et Halske.

Cet appareil est employé pour la mise en parallèle des générateurs; il est pourvu de deux voltmètres apériodiques et d'une boite contenant trois lampes à incandescence, placées en triangle et montées de telle sorte qu'elles s'allumeront successivement dans un ordre ou dans l'autre, suivant que la machine à mettre en parallèle tourne trop vite ou trop lentement.

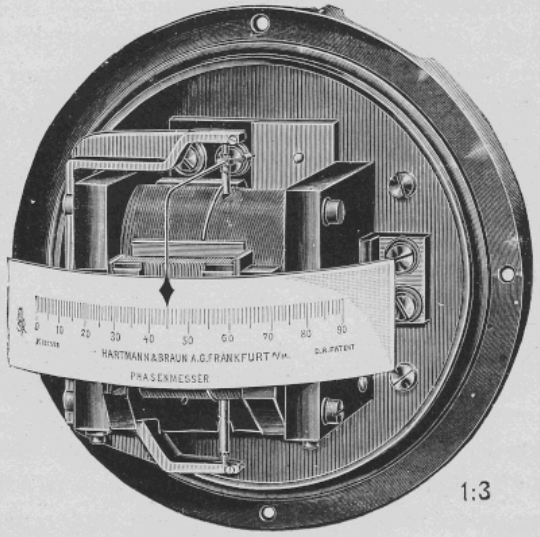
Phasemètre Hartmann et Braun.

Le phasemètre Gph mesure directement le décalage des courants mono et polyphasés. L'appareil, qui ressemble aux multicellulaires H et O, est logé dans un boitier de laiton ($d = 225$ mm). L'angle de décalage est indiqué en degrés et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à peu près indépendant de l'intensité et de la tension. Les graduations sont faites soit de 0 à 90, soit de 45 à 0 à 45.

Au-dessus de 50 ampères et 500 volts, on prend des transformateurs de même type que pour des wattmètres. Pour les courants monophasés jusqu'à 200 volts, mais



Phasemètre Hartmann et Braun.

le phasemètre contient les résistances en série. Pour les triphasés, les résistances en étoile sont à l'intérieur de l'appareil jusqu'à 200 volts. Pour les autres cas on emploie des résistances additionnelles séparées ou des transformateurs. Les appareils sont réglés pour une seule fréquence.

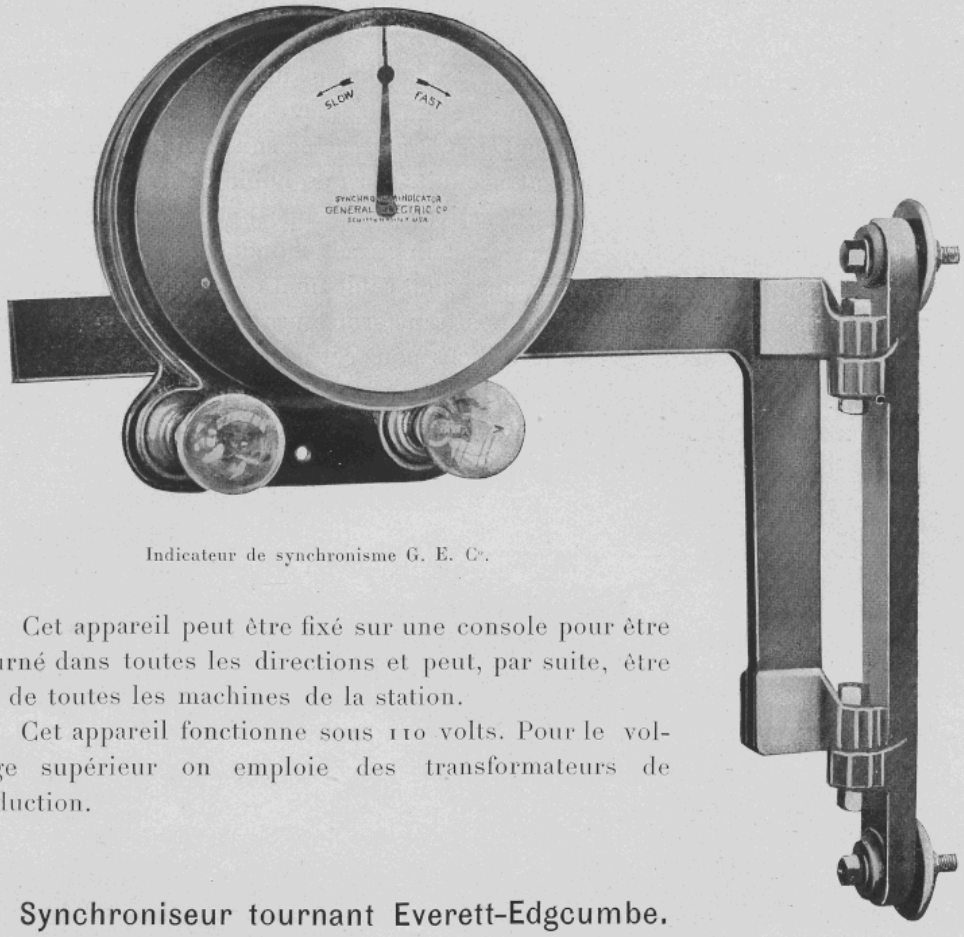
Indicateur de synchronisme.

Cet appareil, construit par la *General Electric C°*, permet de voir si une machine que l'on va connecter est au synchronisme ou de combien elle en diffère et dans quel sens; il se compose d'un large cadran de 20 cm de diamètre devant lequel se déplace une aiguille dont le sens de rotation indique si la machine tourne trop vite ou trop lentement et dont l'angle est proportionnel à la différence de phase, et deux lampes qui, à l'extinction, indiquent le synchronisme.

L'appareil se compose d'un petit moteur dont l'armature en tambour porte deux bobines à 90° montées en série; le point de jonction est réuni au moyen d'une bague à une des barres de l'alternateur à mettre en parallèle, les deux autres sortes sont réunies au moyen de deux autres bagues à l'autre barre de l'alternateur, à travers une réactance pour l'une et une résistance pour l'autre.

Le champ inducteur est pris aux bornes de la machine déjà en marche.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Indicateur de synchronisme G. E. C°.

Cet appareil peut être fixé sur une console pour être tourné dans toutes les directions et peut, par suite, être vu de toutes les machines de la station.

Cet appareil fonctionne sous 110 volts. Pour le voltage supérieur on emploie des transformateurs de réduction.

Synchroniseur tournant Everett-Edgcumbe.

Le nouveau synchroniseur tournant de MM. Everett-Edgcumbe and C° montre :

1° Si la machine que l'on veut connecter tourne trop vite ou trop lentement;

2° De combien elle diffère du synchronisme;

3° Le moment précis pour fermer l'interrupteur.

L'instrument est basé sur ce fait que si le rotor et le stator d'un moteur asynchrone à champ tournant sont alimentés par des sources de courant alternatif de fréquence voisine et connectées, de telle sorte que les deux champs tournent dans le même sens, le rotor tournera à une vitesse telle que les champs tournants soient en coïncidence.

Dans l'instrument actuel, le rotor et le stator sont pourvus chacun d'un enroulement diphasé ; supposons, dans le cas d'un système diphasé que l'on réunisse le rotor aux bornes du générateur à mettre en parallèle, et le stator aux barres. Si les fréquences sont les mêmes, les champs tourneront avec la même vitesse et le rotor n'aura aucune tendance à se déplacer. Si cependant les fréquences sont différentes, le rotor tournera dans une direction correspondant à celles des deux sources qui a

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la fréquence la plus élevée avec une vitesse telle, qu'un tour de rotor corresponde à deux périodes complètes.

L'axe du rotor porte une aiguille qui tourne devant un cadran et reste dans la position verticale lorsque les fréquences sont les mêmes. En pratique, afin de simplifier les connexions et rendre l'instrument applicable aux circuits monophasés, les courants diphasés nécessaires sont produits par une bobine inductive d'un des deux circuits et des résistances non-inductives (des lampes) pour l'autre.

La manière de monter l'instrument avec un circuit monophasé est indiqué par la figure; on voit que deux transformateurs sont seulement nécessaires. Le courant absorbé est faible de 1/2 à 3/4 ampère. Les transformateurs ordinaires de synchroniseurs ou de voltmètres peuvent être utilisés pour cet usage.

Dans le cas des circuits polyphasés, le même instrument peut être employé, il suffit simplement de le monter sur une des phases, ce qui permet de diminuer le nombre des transformateurs nécessaires.

Une des particularités de l'appareil est la manière ingénieuse de rendre visible à une grande distance du tableau le sens de déviation de l'aiguille; par exemple, à la machine, cela est obtenu au moyen d'une pièce mobile qui éteint une lampe rouge ou verte que l'on peut apercevoir à travers une ouverture du cadran, suivant que la manette s'incline à droite ou à gauche. Le mécanicien voit donc de suite si sa machine marche trop vite ou trop lentement et de plus, on peut placer au-dessus de l'appareil une lampe ordinaire de synchronisation, de telle sorte qu'il peut voir de combien sa machine s'écarte du synchronisme.

L'instrument est ordinairement construit pour 100 volts et est pourvu d'un cadran de 30 cm de diamètre; l'appareil est si simple qu'il n'y a pas de pièces pouvant se détériorer.

Le rotor est monté sur billes.

Indicateur de facteur de puissance portatif Westinghouse.

Cet appareil indique sur une seule échelle le facteur de puissance d'un circuit et reproduit par la position de l'aiguille sur le cadran l'angle en différence de phase et le pourcentage réel de la puissance apparente. Les lectures se font également bien pour un angle d'avance ou de retard; l'appareil indiquant le sens de la différence, il montre si le circuit fournit ou reçoit de la puissance.

L'appareil comporte essentiellement deux groupes de bobines dont l'un contient une bobine-série séparée pour chaque phase du circuit et l'autre une bobine-shunt mise en dérivation sur une phase. Les bobines-séries sont disposées de façon à produire un champ tournant, tandis qu'une petite palette métallique se déplace à l'intérieur de la bobine-shunt et prend une position fixe dans le champ tournant, suivant la différence de phase des courants produisant ce champ et le voltage appliqué aux bornes de l'enroulement en dérivation. Cette palette porte une aiguille qui indique sur une graduation le décalage entre le courant et la tension ainsi que le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

facteur de puissance. Si les facteurs de puissance sont différents pour chaque phase, l'aiguille marquera la moyenne des valeurs.

Indicateur de facteur de puissance pour circuit triphasé Everett-Edgcumbe.

Les indicateurs de facteur de puissance sont généralement construits suivant deux types : 1° Les instruments qui indiquent simplement la composante déwattée de la puissance, et 2° les instruments qui donnent le facteur de puissance instantané, ou l'angle de retard entre les ampères et les volts.

L'instrument en question appartient à la seconde classe.

Ils ont l'avantage d'être indépendants non seulement du voltage d'alimentation, mais aussi de la fréquence et de la forme des courbes. C'est une caractéristique propre à cette classe que les appareils usuels dans lesquels la différence de phase est produite au moyen d'une résistance inductive, et une non-inductive, sont seulement précis pour une fréquence et une forme d'onde.

Dans le cas d'une charge équilibrée, l'appareil est formé d'une bobine d'intensité fixe, montée sur l'une des lignes et de trois bobines de tension fixées à 120°, calées sur un axe qui porte aussi l'aiguille. Les trois bobines sont réunies à chacun des conducteurs à travers des résistances. Les trois autres sorties sont réunies pour former un point neutre.

On produit ainsi un champ tournant qui sera dirigé suivant l'axe de la bobine fixe lorsque le courant sera maximum.

Dans les cas d'une charge non équilibrée, le système mobile prendra une position moyenne, mais l'on peut obtenir aussi le facteur de puissance d'une des phases en employant une cheville de court-circuit.

Indicateur de terre triphasé Westinghouse.

Cet appareil indique la présence d'une terre sur le circuit et la phase sur laquelle se trouve le défaut. Il se compose de trois palettes fixes, réunies à chacun des trois conducteurs et devant lesquelles se déplace une palette mobile réunie à la terre ; lorsqu'il n'y a pas de terre sur le réseau, l'attraction produite sur la palette mobile est équilibrée, de telle sorte qu'elle reste au zéro.

Mais si un des conducteurs est mis à la terre, la palette mobile sera attirée dans cette direction.

Afin de ne pas amener de câbles à haute tension dans l'appareil, on a réuni aux câbles des condensateurs qui consistent en un tube de laiton entourant le câble, couvert d'une substance isolante et placé à l'intérieur d'un tube de cuivre. Le tube intérieur est réuni au câble et le tube extérieur à l'appareil.

L'indicateur a l'aspect d'un appareil de mesure ordinaire du type rond courant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ÉLECTROTHERMIE

Pyromètres thermo-électriques Hartmann et Braun.

Ces appareils permettent de mesurer des températures de 1 600°, et sont construits en platine-platine rhodié; ceux qui peuvent servir jusqu'à 800° sont en platine-platino-nickel et ont une sensibilité double.

Pour les températures plus basses, on emploie le fer-constantan.

Un galvanomètre spécial indique les températures en degrés.

Appareils divers électrothermiques.

M. Heraeus avait exposé également un *Thermo-élément* au platine-platine rhodié, construit d'après Le Chatelier, pour la mesure des températures jusqu'à 1 600°.

Une paire de *tubes de quartz fondu* pour la protection des thermo-éléments contre l'action des gaz.

Le quartz fondu est remarquable par son insensibilité absolue aux changements de température. Il reste fixe à des températures de plus de 1 200° C.

Four d'iridium. — Ce four est identique à celui employé par le professeur Nernst pour la détermination des densités de vapeur aux températures de 2 000°.

Il comporte principalement un tube d'iridium pur qui peut être chauffé au moyen d'un courant électrique approprié jusqu'à une température de 2 200°.

Des *thermo-éléments d'iridium et d'iridium-ruthénium* pour la mesure des températures jusqu'à 2 200°.

Une *lampe à arc de mercure en quartz* pouvant servir spécialement pour la recherche des rayons ultra-violets.

Le type normal est établi pour un courant de 2 ampères sous 110 volts.

M. Reinhold Burger, de Berlin, expose un *thermostat pour basses températures* suivant *Rohte*.

Cet appareil sert pour la production d'une basse température maintenue constante aux environs de 1 500° C. Il consiste principalement en deux vases concentriques à double paroi dans lesquels on a fait le vide, le vase extérieur contenant de l'air liquide et celui qui est l'intérieur, du pentane du commerce ou de l'éther.

Pour maintenir la température constante, le refroidissement produit par l'air liquide est compensé par une bobine chauffée par un courant électrique et attachée à l'agitateur. L'agitateur peut être commandé par un petit moteur. L'appareil peut être établi de telle sorte que les variations de température ne dépassent pas 0,01° à 0,02° par minute.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Four électrique de laboratoire.

Le four de MM. *Leppin et Masche* pour courants intenses est pourvu d'une double isolation, de telle sorte qu'en service un court-circuit est impossible.

L'électrode peut être déplacée verticalement au moyen d'un pignon et d'une crémaillère, et le creuset est fixé sur le support au moyen d'une plaque et d'un écrou à oreille, ce qui permet de l'enlever facilement.

Le four de *M. W. C. Heraeus*, de Hanau, contient un tube fait d'une substance très réfractaire qui est enroulée en spirale avec une feuille mince de platine. En utilisant un courant à une tension assez faible on peut atteindre des températures de 1 500°. Cette température est atteinte rapidement et peut être très facilement réglée.

Appareils pyrométriques Siemens et Halske.

Ces appareils comprennent des thermo-éléments de cuivre-constantan pouvant servir pour les températures comprises entre — 190° C à + 600° C; pour les températures supérieures, jusqu'à 1600°, on emploie des éléments au platine-platine rhodié de Le Chatellier; un pyromètre-enregistreur et un potentiomètre pyrométrique du professeur Lindeck, dont le principe consiste à annuler la f. é. m. inconnue par une f. é. m. réglable.

APPAREILS POUR LA MESURE DES COEFFICIENTS DE SELF-INDUCTION

Appareil Siemens et Halske pour la mesure des coefficients de self-induction.

La méthode employée pour déterminer le coefficient de self-induction d'un appareil consiste à envoyer un courant alternatif dans l'appareil placé dans une des branches d'un pont. Un téléphone sert d'appareil de zéro; l'autre branche du pont contient une résistance étalon et une bobine de self-induction sans fer. En faisant ensuite passer du courant continu dans l'appareil, et en prenant un galvanomètre comme appareil de zéro, il faudra ajouter une résistance supplémentaire pour obtenir l'équilibre, qui donnera la chute de tension supplémentaire obtenue avec le courant alternatif.

La résistance et l'inductance de l'appareil dépendent beaucoup de la fréquence. On ne peut obtenir des résultats précis avec cette méthode que si l'on emploie des courants alternatifs ayant une courbe parfaitement sinusoïdale. Le courant alternatif étant produit par l'interruption d'un courant continu fourni par quelques accumu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lateurs, on devra faire varier la résistance du circuit pour rectifier la forme de la courbe.

On peut employer dans ce but le *vibrateur* Siemens et Halske.

Cet appareil ressemble à un transmetteur de microphone. Les vibrations de la membrane produisent des variations de résistance dans le circuit primaire et induisent dans le secondaire un courant parfaitement sinusoïdal dont la fréquence ne dépasse pas 1 000 p : s. En employant des membranes de diverses épaisseurs on peut obtenir diverses fréquences entre 300 et 1 000 p : s.

Lorsque l'on veut obtenir des fréquences supérieures, on doit utiliser une machine spéciale.

La partie principale de cette machine est formée par un disque de fer denté de 20 cm de diamètre et de 2 cm d'épaisseur. Les tôles, isolées par une couche de vernis, sont maintenues par un disque d'ébonite. En regard se trouve un puissant électro-aimant à noyau feuilleté en fer à cheval ; les extrémités se terminent en pointe, de telle sorte que le circuit magnétique se trouve fermé par les dents du disque. L'électro-aimant est excité par du courant continu et le disque est entraîné par un moteur-shunt. Un courant alternatif se trouvera induit dans les bobines placées au voisinage des pôles, le disque ayant 100 dents, on aura 100 périodes par tour. On peut faire tourner le moteur à 4 000 t : m, ce qui donnera une fréquence maxima de 6 600 p : s ; une dynamo en court-circuit sur une résistance donne une charge constante pour le moteur.

Le pont se trouve disposé sur une plaque qui porte aussi le fil du potentiomètre logé dans une rainure ; le levier de contact porte sur ce fil au moyen d'une roulette de platine. Une échelle donne les rapports de longueur du fil.

La boîte de résistance a la forme d'un cylindre et porte au milieu le galvanomètre.

Inductance étalon construit par Siemens et Halske suivant les données de M. Wien.

Cet appareil a une résistance et une inductance indépendantes de la fréquence.

On a réduit les courants de Foucault par l'emploi de conducteurs toronnés. On peut avec cet appareil mesurer des inductances jusqu'à 0,001 henry.

Pont pour la mesure des faibles coefficients de self-induction. — Cet appareil permet de mesurer des inductances de 10^{-7} henry avec une précision de 1 à 2 %. Le pont est disposé en ligne droite pour éviter les erreurs dues à la self-induction. La boîte de résistance est remplacée par un fil de manganin de grande longueur et un contact glissant ayant un coefficient de self-induction de 2 cm.

Un noyau de fer doux peut être introduit dans la bobine pour faire varier la self-induction, une échelle indiquant la position du noyau.

On peut, avec cet appareil, mesurer la self de quelques tours de cuivre et déceller les oscillations électriques rapides.

Bobines de self-induction étalon. — Ces bobines ont été établies sur les données de M. Wien.

Bobines de self-induction variables. — Cet appareil, construit également sur les données de M. Wien, n'a aucune partie métallique. Il est formé de deux bobines

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'ébonite. La bobine intérieure pouvant tourner autour d'un diamètre. La bobine extérieure est subdivisée en quatre sections et celle intérieure en deux que l'on peut réunir en série ou en parallèle.

BOITES DE RÉSISTANCES

Boîte à pont Whitney.

Cette boîte à pont est du type à décade, mais elle est disposée de telle sorte qu'il suffit de quatre fiches pour obtenir toutes les valeurs de la résistance de comparaison. Les résistances correspondant aux mille et aux centaines d'une part, et aux dizaines et aux unités de l'autre, sont placées en série de part et d'autre d'une barre, de telle sorte qu'en mettant une fiche entre la barre et un plot, on intercale dans le circuit toutes les résistances qui sont avant; le plot correspondant indique d'ailleurs le nombre de bobines en circuit. En outre, les bras de proportion portent les indications « multiplier par » et « diviser par », ce qui évite toute erreur. Les clefs d'interruption sont placées l'une à côté de l'autre de façon à pouvoir être manœuvrées d'une seule main.

La boîte de résistance contient en outre un galvanomètre et quatre piles sèches, dont les bornes sont apparentes et qui peuvent être mises à volonté en service au moyen d'une connexion souple.

Des fiches spéciales permettent d'interchanger le galvanomètre et les résistances, de telle sorte que l'on attachera toujours la résistance à mesurer aux mêmes bornes.

Des bornes supplémentaires permettent de monter sur la boîte à pont des piles ou un galvanomètre auxiliaire.

Le type courant est pourvu de bobines avec lesquelles on peut obtenir une résistance de 11 110 ohms, comme dans le type du Post-Office.

Pont de N.-C.-S. Carey-Foster.

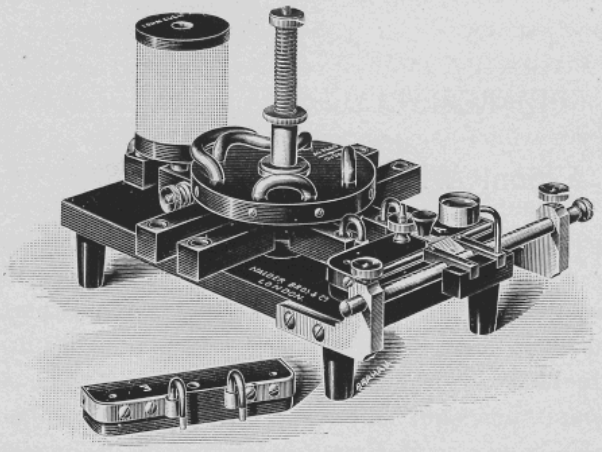
Ce pont est pourvu de quatre paires de bobines de comparaison interchangeables, chaque paire étant enroulée sur une seule bobine et ayant respectivement des résistances de 1, 10, 100 et 1000 ohms.

On peut obtenir neuf sensibilités en changeant le fil de comparaison. Ce type d'appareil est fourni pour le « Standard Department of the Board of Trade » pour leur laboratoire d'étalonnage et aussi à l'Université de Mc Gill et divers collèges et institutions.

Appareils pour la mesure des faibles résistances. — Cet appareil consiste en un gros fil maintenu sur une plaque circulaire et ayant une résistance exactement équivalente à 1/10 ohm, et que l'on met en série avec la résistance à mesurer, ainsi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'une pile capable de donner un courant de 5 ampères. Deux doigts de contact fixés à l'extrémité de fils souples peuvent être appuyés contre les extrémités de la résistance à mesurer, et une alidade pourvue d'un contact glissant est déplacée jusqu'à ce que le petit galvanomètre différentiel placé au centre soit au zéro.



Pont de Carey-Foster (Nalder Brothers).

Le curseur indique alors directement sur l'échelle la résistance en ohms. Des chevilles permettent d'obtenir des facteurs multiplicateurs de 5 ou diviseurs de 2. Les divisions sont égales d'un bout à l'autre de l'échelle. Ce type a été établi pour la mesure des faibles résistances au-dessous de 1/10 ohm.

Cet appareil fonctionnant comme potentiomètre, on n'aura pas d'erreurs dues à la résistance des fils de secours aux contacts. Un petit accumulateur fournit le courant nécessaire.

Appareils de la Maison Siemens et Halske.

La Maison Siemens et Halske, de Berlin, expose divers types d'appareils de mesure de laboratoires, parmi lesquels on peut citer :

1° *Un appareil pour la mesure des intensités et voltages* par la méthode de compensation de Poggendorf et Dubois-Reymond. Les lectures se font par comparaison avec une pile étalon au cadmium, dont le coefficient de température est négligeable ;

2° *Plusieurs types de ponts* pour mesurer de très faibles et de très fortes résistances. On peut citer entre autres :

Un pont de Thomson permettant des mesures rapides dans les ateliers et usines, et facilement transportable.

Un pont portatif avec téléphone pour la mesure des paratonnerres.

Pont cylindrique de Wheatstone d'après Ruhstrat.

Cet appareil présente l'avantage de supprimer les contacts des parties tournantes qui sont généralement insuffisantes et faussent les résultats.

Un cylindre en ardoise de 65 mm de haut et 75 mm de diamètre porte 10 spires d'un fil fin ayant une longueur de 2 500 mm.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un cylindre de matière isolante de 100 mm de diamètre entoure le cylindre d'ardoise et porte le contact mobile. Il est fixé à l'extrémité d'un manchon cylindrique pourvu d'un bouton molletté à la partie supérieure; ce manchon est muni d'un ergot qui se déplace le long du filetage d'une tige de cuivre fixée sur le cylindre d'ardoise, cette tige porte également 10 filets.

Le cylindre mobile a deux graduations donnant l'angle de rotation et la résistance en ohms.

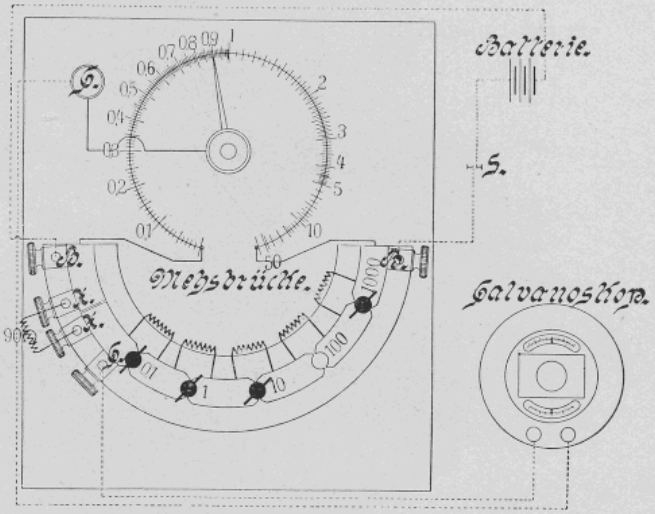
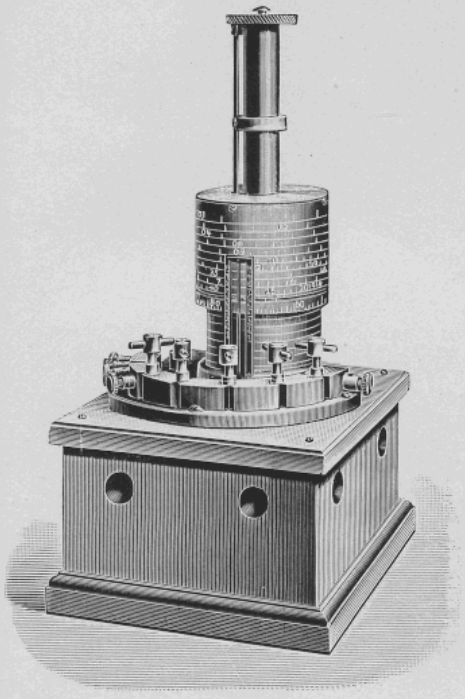


Schéma du pont de Ruhstrat avec rhéostat de comparaison.



Pont Ruhstrat.

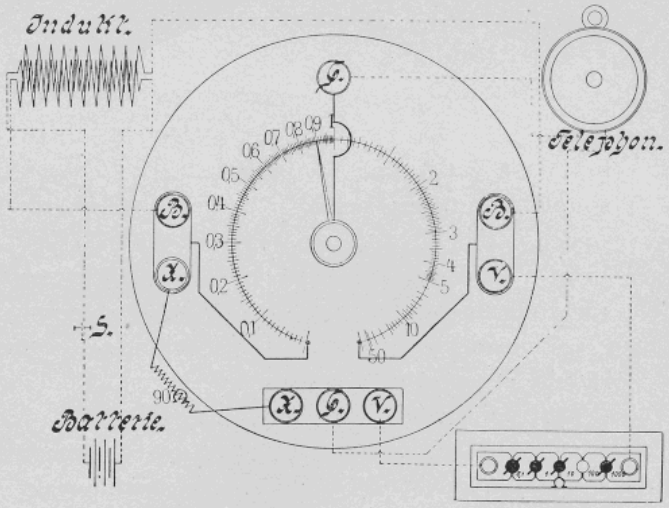


Schéma du pont de Ruhstrat sans rhéostat de comparaison.

Un bouton fixé au milieu du bouton mobile permet d'écarter l'ergot et, par suite, de lever à la main le manchon et le cylindre gradué. Le socle de l'appareil est complété par une boîte de résistances à fiches pour servir de comparaison.

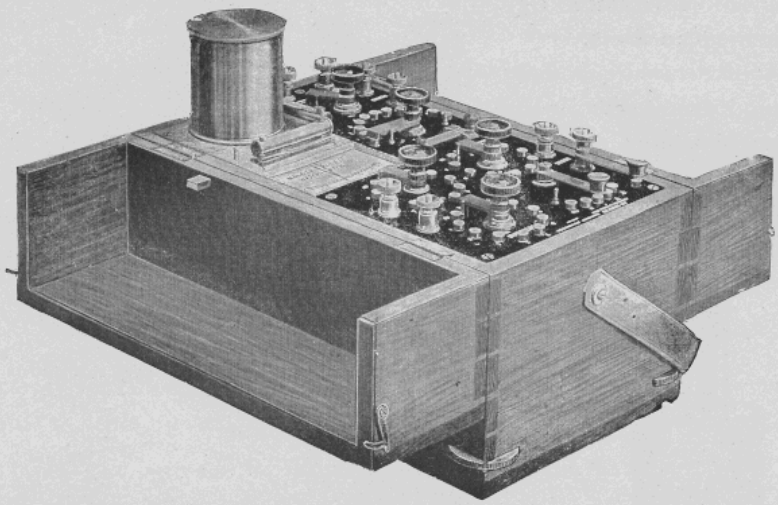
Groupe double d'essai Nalder Brothers.

Cet instrument sert à la fois à mesurer les résistances de conducteurs et d'isolement. Il consiste en un galvanomètre sensible à aiguille d'Arsonval, qui, au moyen

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un commutateur, peut être adapté pour la mesure des conducteurs ou des résistances d'isolement. Pour les essais de conducteurs,, il y a trois cadrans (les unités, les dizaines et les centaines) et un groupe de bobines de réduction donnant des facteurs de multiplication de 100, 10, 1, 1/10 et 1/100 en plaçant la manette du commutateur sur le plot correspondant. Ces dispositifs permettent la mesure des résistances de 0,01 à 111 000 ohms.

Les essais d'isolement se font par lecture directe de la déviation et, dans ce



Boite à pont Nalder Brothers.

but, on a établi une bobine fixe de 100 000 ohms (0,1 méghom) et un groupe de shunts ayant des pouvoirs multiplicateurs de 3, 10, 30, 100, 300, 1000, 3000 et 10 000.

On peut monter le groupe sur une tension quelconque jusque 500 volts. Avec 100 volts on peut mesurer jusque 2000 méghoms.

L'ensemble de l'appareil est monté dans une boîte de bois de dimension réduite et pourvue d'une poignée de cuir pour le transport.

Le poids est de 9 kg et les dimensions de 34 × 11 × 25 cm.

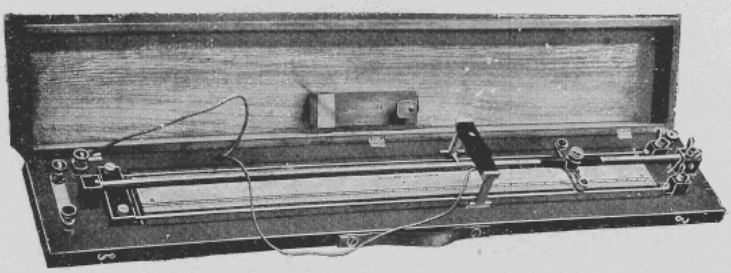
La bobine fixe de 0,1 méghom est constamment en série avec l'isolant à essayer, afin que le galvanomètre ne soit pas endommagé si par hasard il se produisait un court-circuit. Par conséquent, pour une mesure précise, on déduira 0,1 méghom des résultats.

Pont à lecture directe pour la localisation des défauts.

Cet appareil est très simple; il a été établi spécialement pour la détermination de l'emplacement des défauts sur les canalisations principales d'éclairage ou d'énergie. Il est établi sur le principe donné par M. F. C. Raphaël et donne par lecture directe la distance du défaut et en faisant un simple équilibrage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'essai est indépendant de la résistance du câble (qui est souvent mal connue) et

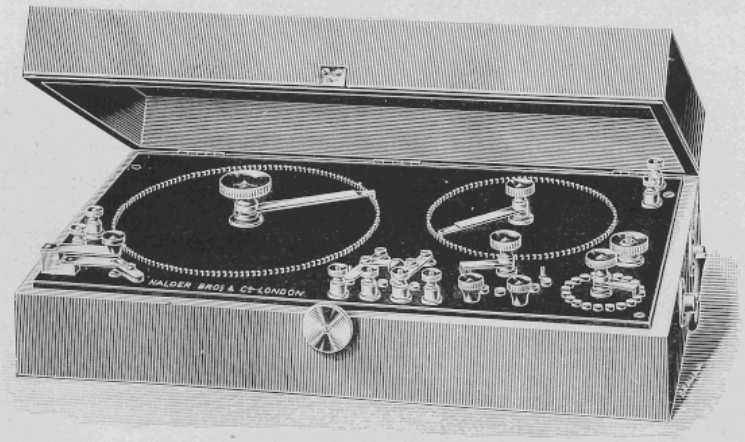


Pont pour localiser les défauts Nalder Brothers.

permet de localiser un défaut présentant une résistance appréciable aussi bien qu'une terre ou un court-circuit.

Potentiomètre universel Nalder Brothers.

Cet instrument fonctionne entièrement au moyen de résistances ajustées ; il n'a pas de fil à contact glissant pouvant se détériorer. Les plus larges cadrans sont divisés exactement en 150 résistances égales, tandis que les plus petits sont divisés en 100 résistances égales. L'ensemble des résistances du petit cadran équivaut à



Potentiomètre Nalder Brothers et C°.

une résistance du grand. Les deux cadrans ensemble, sont équivalents à un fil de comparaison avec 15 000 contacts fixés à égales distances. Une résistance ajustable est établie de telle sorte que si on utilise un élément d'accumulateurs, on peut ajuster directement l'appareil au moyen d'une pile étalon Clark pour que les divisions correspondent directement à des volts.

Le potentiomètre est pourvu d'un groupe de bobines permettant de réduire les voltages élevés jusqu'à 300, de façon à les amener dans les limites de l'échelle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un commutateur à trois directions permet de mettre l'appareil sur les voltages

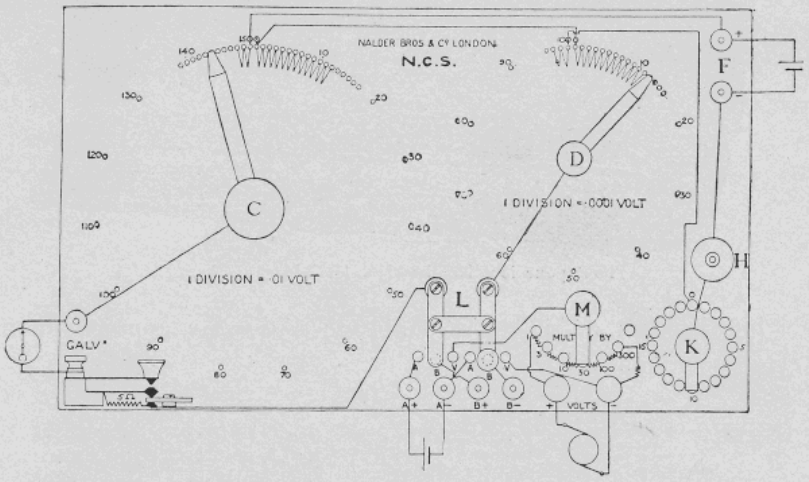
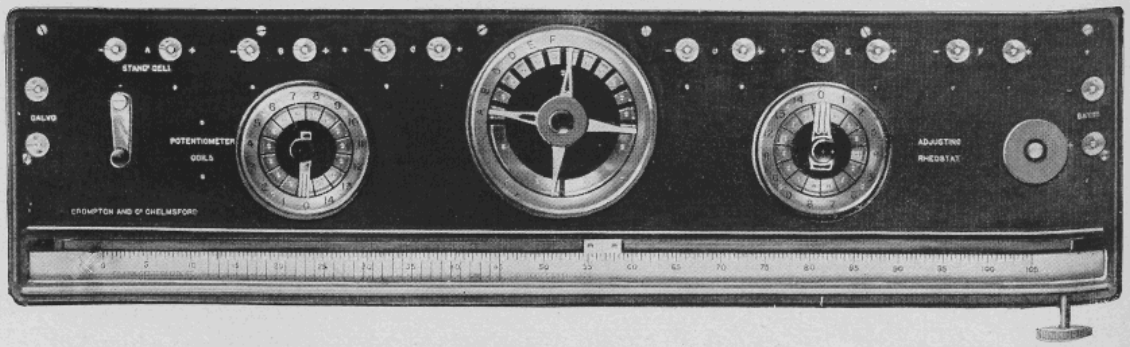


Schéma du pententiomètre Nalder Brothers.

élevés; la pile étalon est de là réunie à une troisième série de bornes. Cette pile étalon est contenue dans la boîte.

Potentiomètre Crompton and Cº.

Le potentiomètre Crompton, représenté en perspective et schématiquement par les figures ci-contre, se compose de 14 bobines et d'un conducteur tendu, la résistance de ce conducteur étant égale à celle de l'une quelconque des bobines. Un contact glissant se déplace sur les 14 bobines et un autre sur le fil tendu.



Potentiomètre Crompton and Cº.

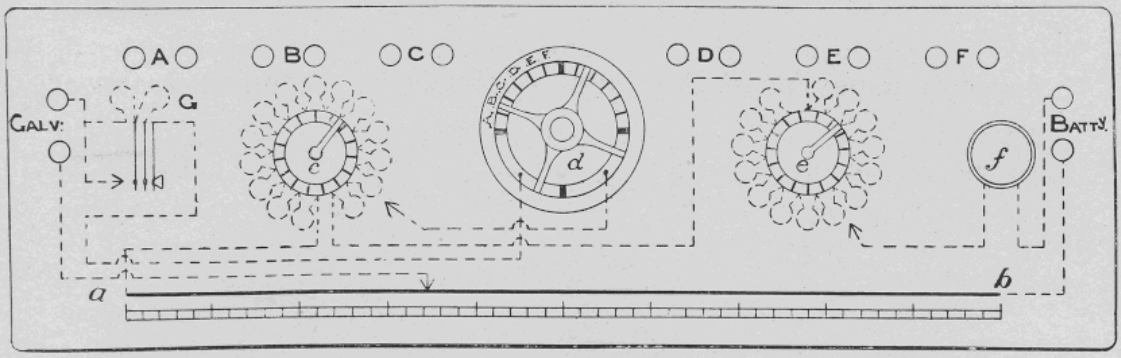
Les 2 points, dont les différences de potentiel doivent être comparées, sont réunis aux bornes d'un interrupteur à double pôle dont les leviers les réunissent successivement au contact glissant à travers le galvanomètre.

La clé du galvanomètre est disposée de manière à compléter le circuit à travers

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux résistances, lesquelles sont mises successivement en court-circuit quand la clé est baissée. Le courant est fourni par une petite batterie d'accumulateurs dont l'intensité peut être réglée par un rhéostat.

On conçoit aisément qu'en manœuvrant le contact glissant sur les résistances on peut achever d'obtenir l'équilibre en déplaçant le contact sur le fil tendu.



737
Schéma du potentiomètre Crompton and C°.

On remarquera que le fil tendu possède deux échelles : l'une donne les fractions de longueur du fil, l'autre celles de la force électromotrice d'une pile Clark à différentes températures. De cette façon on peut lire directement les différences de potentiel en volts sans avoir à effectuer de corrections.

L'appareil permet de mesurer 1/10 000e de volt.

Appareil pour l'essai des connexions électriques des rails, Whitney Electrical Instrument C°.

Cet appareil permet de faire des comparaisons de résistances, la résistance connue étant formée par une longueur de 76 cm à 1,20 m du rail situé à proximité du joint.

Deux millivoltmètres portatifs mesurent, l'un la chute de tension sur le rail ; l'autre donne la chute pour la partie de rail contenant le joint. L'appareil a deux enroulements correspondant à deux sensibilités, le premier enroulement permet de mesurer 1 500 millivolts (1,5 volt), chaque division représentant 10 millivolts ; l'autre correspond à 75 millivolts, chaque division étant de 1/2 millivolt. Le premier enroulement est toujours en service ; en appuyant sur un bouton, on substitue l'appareil le plus précis.

Une règle pliante en bois dur porte des charnières d'acier et des fils souples pour établir les connexions sur le rail.

L'ensemble des appareils-indicateurs est placé dans une boîte que l'on monte sur un trépied pour faire la lecture.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

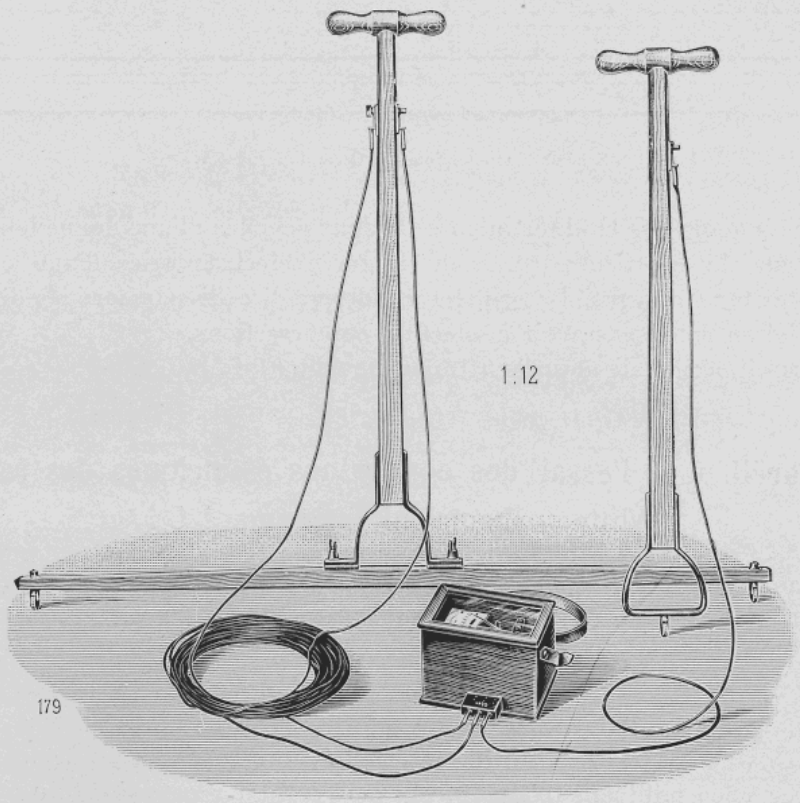
On emploie des multiplicateurs si l'on veut mesurer des tensions de plus de 1,5 volt, ou des shunts si l'on fait la mesure en ampères.

Avec un shunt de 100 ampères, chaque division de l'échelle correspond à 1 ampère, la déviation maxima correspondant à 150 ampères. Avec un shunt de 200 ampères, on obtient par division 2 ampères et, en tout, 300 ampères.

On peut, par ce procédé, faire les mesures sans interrompre le courant sur la ligne.

Appareil pour l'essai des joints des rails Hartmann et Braun.

Cet appareil comporte un galvanomètre différentiel portatif à cadre mobile suspendu entre fils tendus, et à lecture directe, et d'une tige de contact simple et une double posant sur les rails. Cette dernière munie de deux lames en forme



Appareil pour l'essai de rails Hartmann et Braun.

de scies écartées d'environ 1,25 m. qui peuvent embrasser tous les joints, y compris les points de contact du fil formant pont sur ces joints.

Une longueur suffisante de fil de jonction réunit la tige de contact avec le galvanomètre.

La mesure se fait par la méthode du galvanomètre différentiel en dérivation en utilisant le courant normal qui traverse les rails.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Appareil à compensation pour la mesure des résistances Hartmann et Braun.

Cet appareil à manivelle permet de mesurer des résistances jusqu'à 10 000 ohms.

Résistance étalon en manganin construite suivant le type de la Physikalisch Technische Reichsanstalt, Charlottenburg. — La boite métallique renfermant la résistance doit être placée dans un bain de pétrole que l'on maintient en mouvement au moyen d'un agitateur mécanique. Ces résistances sont de 100 000 à 0,0001 ohm.

Appareil pour la mesure de la conductibilité électrique des liquides de Kohlraush Ostwald.

L'appareil se compose d'un pont Wheatstone-Kirchoff pourvu d'un long fil de comparaison dont on peut régler la résistance en ajustant deux fils parallèles d'égale longueur.

La résistance de comparaison est formée d'un rhéostat de précision de Hartmann et Braun.

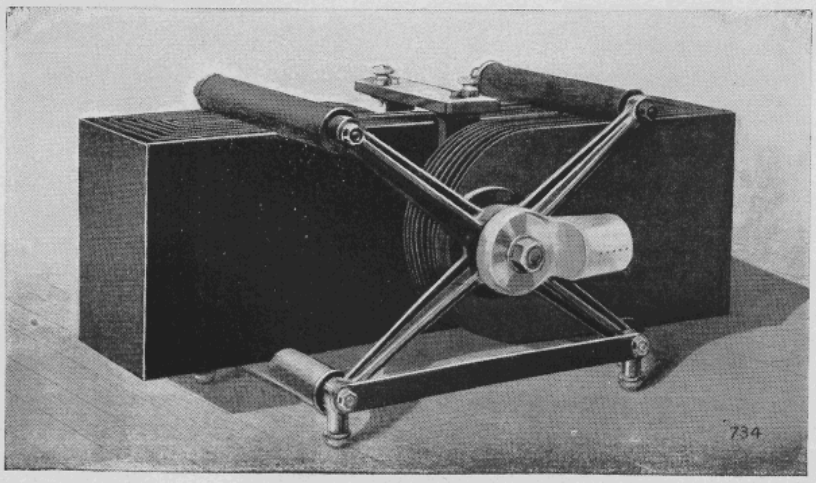
Le tube contenant le liquide dont on veut mesurer la conductibilité est placé dans un petit thermostat formé d'un récipient de tôle recouvert de feutre rempli de toluol et mis en mouvement par un agitateur commandé par une petite roue de moulin recevant l'air chaud produit par un petit brûleur à gaz.

Le courant est fourni par une petite bobine d'induction.

La mesure se fait par la méthode de Kohlraush au moyen d'un téléphone.

Rhéostats Crompton and C°.

Ces rhéostats ont été étudiés pour être adjoints au potentiomètre Crompton.



Rhéostat Crompton and C°.

Ils se composent de larges bandes de manganin dont la résistance ne varie pas

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

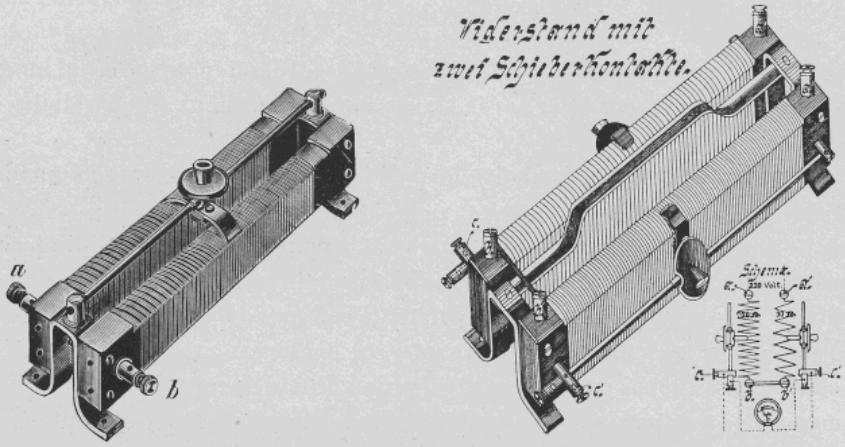
avec la température. Ces bandes sont séparées entre elles de façon à maintenir une circulation d'air.

Le rhéostat représenté dans la figure ci-dessus est établi pour 2000 ampères.

Rhéostat universel de Ruhstrat.

Ce rhéostat se compose de deux plaques d'ardoise placées de champ, qui sont fixées sur deux supports métalliques reliés entre eux par une poignée. Sur une de ces plaques est enroulé un fil ayant une résistance de 0,5 à 30 ohms ; sur l'autre un fil plus fin de 5 à 1 600 ohms.

Sur chaque rhéostat se trouve un contact glissant, fixé sur une barre. Les



Rhéostat double Ruhstrat.

bornes sont montées directement sur les plaques d'ardoise. Les extrémités des spirales sont reliées avec les bornes (a, a' et b, b'). Le contact glissant a deux bornes (c, c') pour la prise du courant et pour le voltmètre. Par les bornes (b, b'), les deux rhéostats sont mis en série.

Un des frotteurs sert pour les grandes variations et l'autre pour les petites ; on peut obtenir de cette façon une grande précision.

GALVANOMÈTRES

Galvanomètre universel Siemens et Halske.

Cet appareil bien connu est une combinaison du galvanomètre Deprez d'Arsonval et du pont de Wheatstone.

Galvanomètre à bouclier de Dubois et Rubens, Siemens et Halske.

Dans cet appareil, l'enroulement et le système des aimants est mobile. Deux calottes sphériques servent de bouclier et une boîte cylindrique contient tout l'ensemble. Par ce procédé, on réduit les influences extérieures à 0,001 %.

Pour les mesures de précision, le miroir est suspendu.

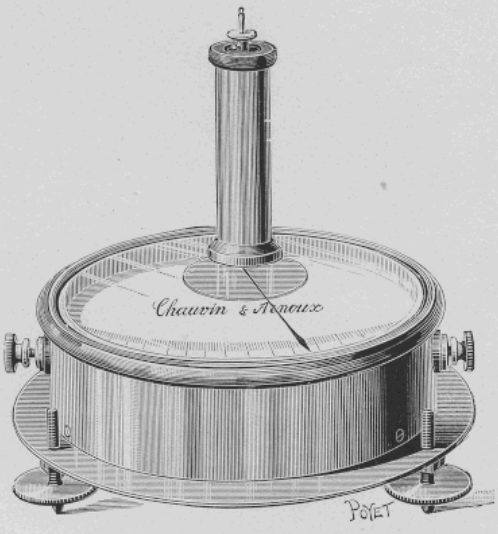
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Galvanomètre à suspension élastique pour mesures directes ou pour méthodes de réduction à zéro.

Ce galvanomètre apériodique est basé sur l'emploi d'un cadre mobile dans un champ magnétique ; son aiguille se déplace sur un cadran qui peut être gradué en millivolts ou en milliampères ; le zéro de la graduation peut partir soit d'une des extrémités de l'échelle, soit du milieu. Il est pourvu de trois vis calantes, qui permettent, avec l'aide de la tête de torsion et du petit bouton de réglage en hauteur, de bien déterminer la position du cadre dans le champ, pour que l'aiguille se balance librement dans tous les sens.

Un niveau circulaire à bulle d'air facilite la mise en place de l'appareil.

Le cadre est suspendu à un ressort à boudin très flexible, qui permet le transport de l'instrument sans risque de bris.



Galvanomètre à suspension Chauvin et Arnoux.

Les cadres sont, suivant les cas, établis à faible ou à grande résistance, en cuivre ou en maillechort.

Les constantes moyennes sont les suivantes :

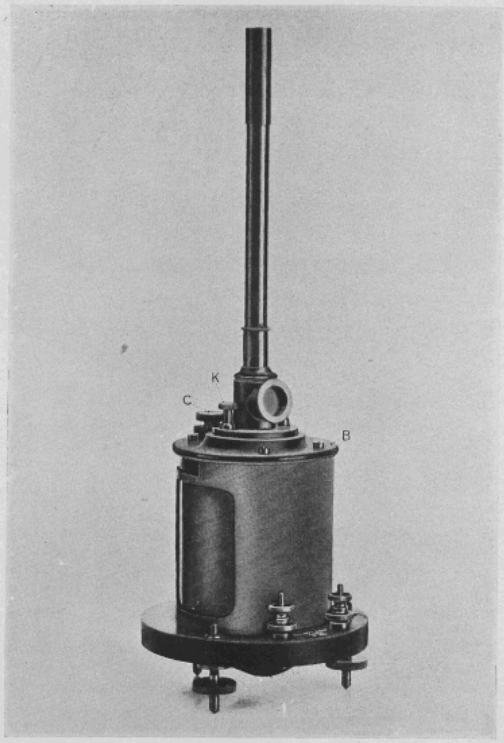
A faible résistance, environ.....	R = 2,5 I = 0,001 E = 0,025	pour 100 divisions.
A grande résistance :		
Cadre cuivre, environ.....	R = 125 E = 0,0125 I = 0,0001	pour 100 divisions.
Cadre maillechort, environ.....	R = 400 E = 0,04 I = 0,0001	pour 100 divisions.

Cet instrument convient aussi bien pour mesures par réduction à zéro que pour mesures directes d'intensité ou de f. é. m. très faibles (mesures de températures par les coupes thermo-électriques).

Galvanomètre d'Arsonval « Century » Elliott Brothers.

Ce galvanomètre a été construit dans le but d'avoir un instrument ayant une grande sensibilité, tout en étant solide et compact, et en permettant une inspection facile de toutes les parties.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Galvanomètre Elliott Brothers.

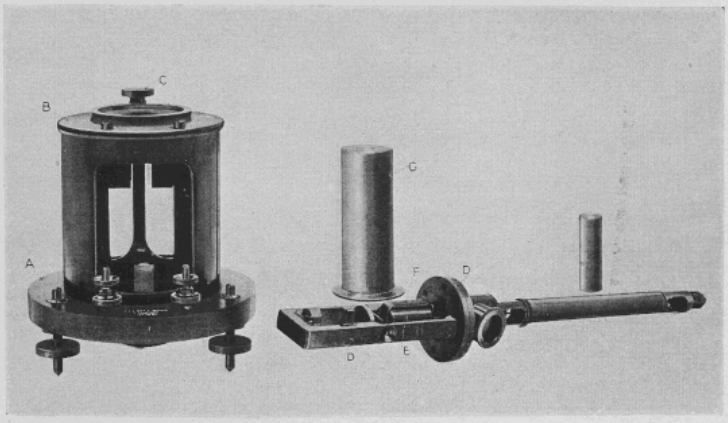
L'appareil comporte une base en ébonite avec trois vis de calage, portant deux tubes concentriques de laiton pouvant tourner l'un dans l'autre à frottement doux, de façon à masquer les ouvertures pour le transport.

Le manchon intérieur reçoit une plaque circulaire qui supporte une pièce pouvant tourner d'un certain angle au moyen d'un bouton molletté et qui porte les aimants fixes.

La bobine, très légère, pèse 4 grammes. Le miroir est suspendu par un fil fin tendu par un petit ressort hélicoïdal de bronze phosphoreux. Le fil est enroulé sur un cadre d'aluminium fendu, dans lequel on intercale une résistance pour régler l'amortissement.

On peut placer tout cet ensemble mobile dans un fourreau pour le transport.

La sensibilité de l'appareil est très grande, et avec une bobine de 1 000 ohms



Galvanomètre Elliott Brothers démonté.

de résistance et une échelle à 1 mètre, un volt aux bornes d'une résistance de 3000 mégohms donne une déviation de 1 mm.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Galvanomètre Crompton and C°.

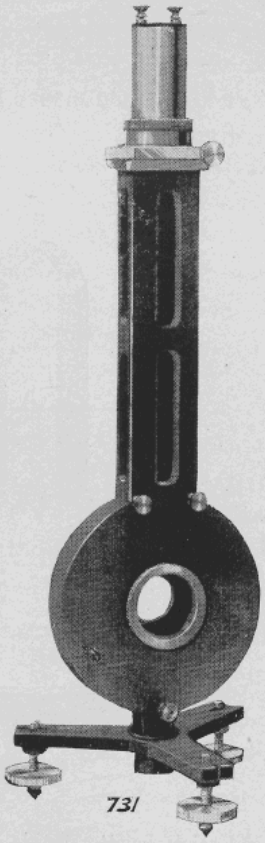
Dans le galvanomètre Crompton, une bobine circulaire de fil est suspendue par un système bifilaire entre les pôles d'un aimant permanent possédant en son centre un noyau en fer.

Les fils de suspension sont constitués par deux bandes de cuivre très minces reliées au conducteur de la bobine par des attaches en argent qui peuvent être facilement déconnectées.

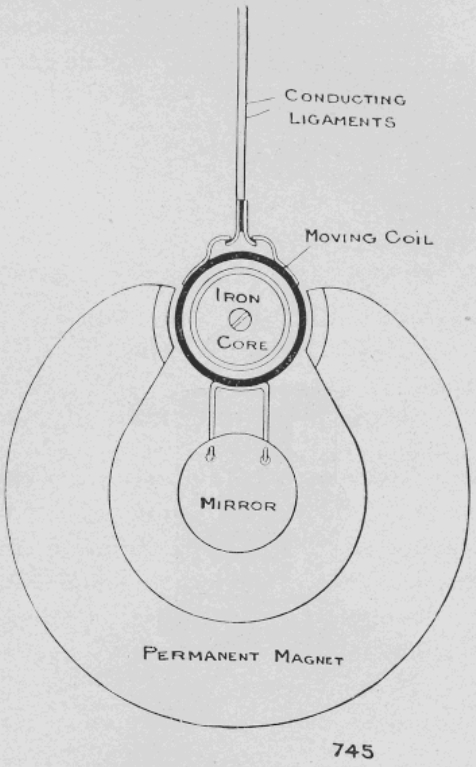
Le miroir est supporté par un crochet en forme d'U attaché à la bobine. Il peut, par suite, être facilement retiré de son support et nettoyé.

La sensibilité de l'appareil peut être modifiée en écartant ou en rapprochant les conducteurs bifilaires au moyen de boutons molettés.

Les bobines sont faites respectivement avec 100, 300 et 1000 tours, et la sensibilité de l'appareil est telle qu'une période d'oscillations complète varie de 8 à 10 secondes.



Galvanomètre Crompton and C°.



Equipage du galvanomètre Crompton and C°.

Les constantes de l'appareil sont les suivantes :

Nombre de tours de la bobine.	Résistance y compris la suspension.	Déviation du rayon lumineux en mm. à un mètre	
		par 1 microvolt.	par 1 microampère.
100	3,75 ohms	3,7	1,25
300	30 —	1,25	37,5
1 000	450 —	0,28	125

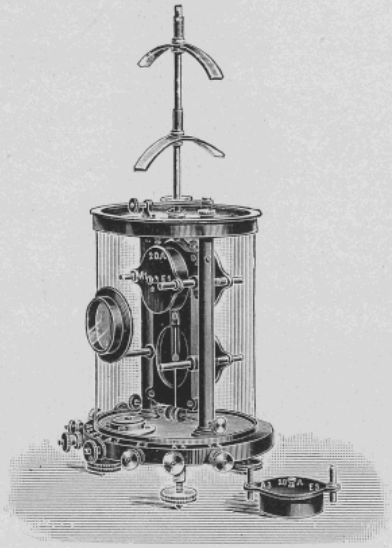
Les bobines peuvent être entourées d'une bague en cuivre de façon à amortir les oscillations quand cela est nécessaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

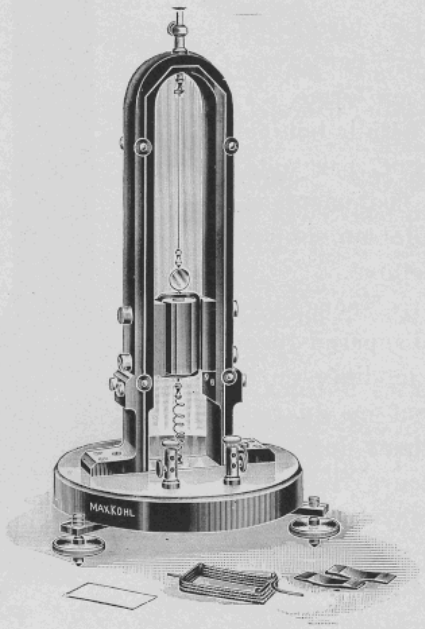
Galvanomètre astatique à miroir, d'après Dubois et Rubens, Max Kohl.

Ce galvanomètre, d'une très grande sensibilité, peut recevoir quatre bobines de 20 ohms que l'on peut remplacer par d'autres de 200 ohms. Il est pourvu de trois équipages magnétiques suspendus par des fils de quartz, de poids différents, 1,05 gr, 0,25 gr et de 0,09 gr.

On peut, suivant l'équipage employé et la façon dont les bobines sont montées, faire varier la sensibilité dans de grandes limites.



Galvanomètre astatique (Max Kohl).



Galvanomètre d'après Wiedemann (Max Kohl).

Galvanomètre à miroir, d'après Wiedemann, Max Kohl.

Ce galvanomètre est construit d'après le système Deprez-d'Arsonval. La boîte est formée par l'aimant inducteur et deux plaques de verre que l'on peut enlever sans difficulté pour changer les bobines. La bobine de 100 ohms est formée de fil de 0,1 mm, celle de 20 ohms est formée de fil de 0,15 mm et la troisième, qui sert à mesurer les hautes tensions, a 3,5 tours de fil de 1 mm isolé fortement à la gutta-percha.

Quand on emploie une bobine à fil fin, la sensibilité est telle qu'un courant de 3×10^{-8} ampère donne une déviation de 1 mm sur une échelle graduée placée à 1 m de distance.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

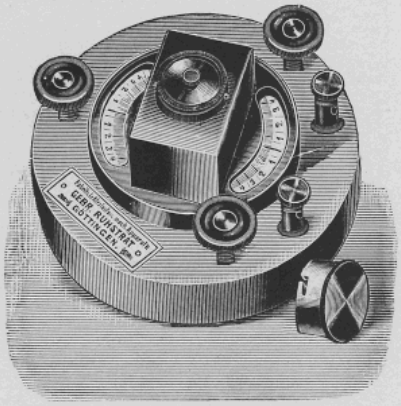
Galvanoscope Rhustrat.

Dans cet appareil, on a remplacé l'aiguille aimantée par un système astatique de faible durée d'oscillations, formé de huit aimants montés parallèlement sur une lame de mica.

Une longue aiguille d'aluminium, aplatie aux extrémités, est fixée sur la lame de mica et vient reposer par une chape d'agate sur un pivot.

Les aimants viennent se loger dans la cavité cylindrique d'une épaisse plaque de cuivre qui porte au centre le pivot de l'aiguille.

Le système astatique est entouré d'une bobine présentant des couches de fils de diamètres différents, ce dispositif ayant été adopté afin d'augmenter la sensibilité.



Galvanomètre sensible.

Galvanomètre à index lumineux de Hartmann et Braun.

Ce galvanomètre est placé dans une boîte séparée en deux par un écran où se trouve la lampe à incandescence qui porte un tube de projection servant à projeter la lumière d'une lampe à incandescence sur le miroir du galvanomètre et maintenu horizontalement par des branches métalliques tendues; le rayon lumineux se trouve projeté en direction verticale sur une échelle portée à 1 mètre au-dessus de l'appareil par une petite colonne; l'amortissement est assuré par un enroulement en court-circuit et la résistance de la bobine active est de 150 ohms.

La sensibilité de l'instrument est telle qu'un courant d'environ 0,000 000 2 ampère donne une déviation de 1 mm sur une échelle placée à 1 m.

Les autres types d'appareils plus sensibles, donnent une déviation de 1 mm pour 0,000 000 003 ampère.

L'appareil pour haute sensibilité a une suspension spéciale. Il est pourvu de résistances appropriées en manganin en série assurant une résistance totale de 100 000 hms, le coefficient de sensibilité de l'appareil est de 0,000 000 000 7 ampère.

Galvanomètre astatique à miroir Leppin et Masche, de Berlin.

Le galvanomètre est muni de quatre bobines d'une résistance de 4 ohms. Il est disposé sur un support en aluminium qui repose sur une console de même matière; un bras mobile porte la lampe et une lentille. Le réglage est facilité par ce fait que le support du galvanomètre et le miroir ont un axe commun de rotation.

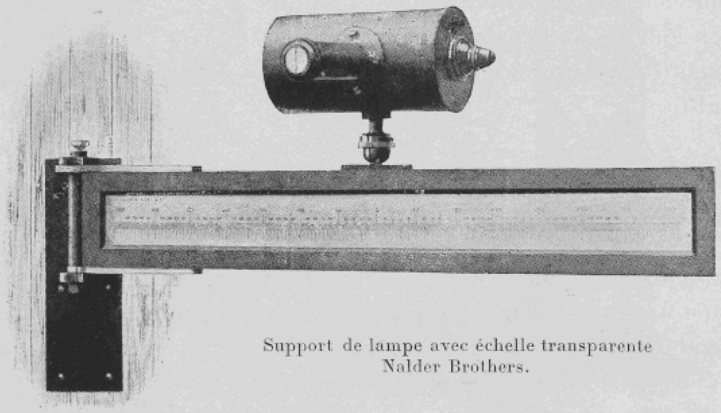
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les extrémités des bobines sont réunies par des cordons souples à un tableau, de sorte que l'on peut facilement faire varier les résistances, les connexions étant établies au moyen de fiches.

On peut employer des échelles transparentes supportées par un fil tendu qui permet de régler facilement le spot au zéro en déplaçant l'échelle.

Support de lampe avec échelle transparente fixée au mur Nalder Brothers.

L'échelle graduée transparente est placée dans un cadre métallique qui vient s'articuler sur une plaque de support fixée au mur. Le cadre porte en outre la lanterne contenant la lampe à incandescence. Un joint articulé à rotule permet de l'incliner dans tous les sens, et un bouton moletté sert à la fixation.



Support de lampe avec échelle transparente
Nalder Brothers.

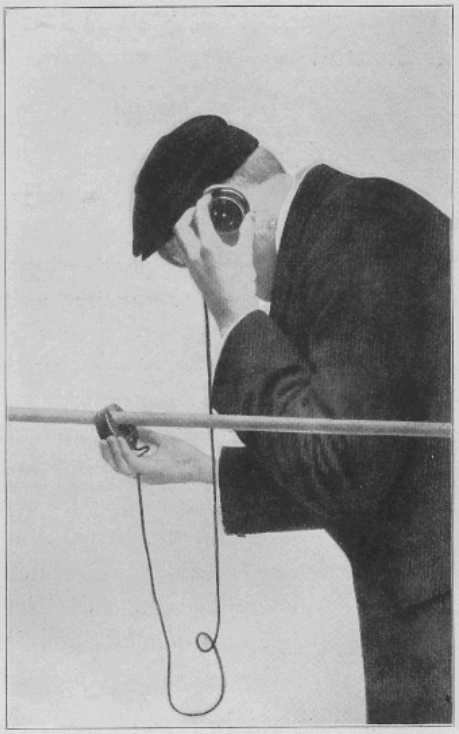
APPAREILS DE SÉCURITÉ PERMETTANT DE RECONNAITRE SI LES CABLES SONT EN CHARGE

Indicateur de poche permettant de voir si un câble est chargé, Minerallac Cº.

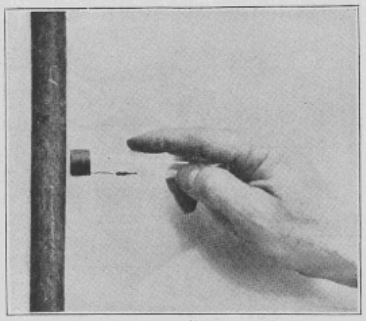
Il consiste en un petit récepteur de téléphone et un petit transformateur dont le noyau articulé peut venir enserrer le câble ; celui-ci forme le primaire du transformateur, l'enroulement secondaire est réuni au téléphone.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

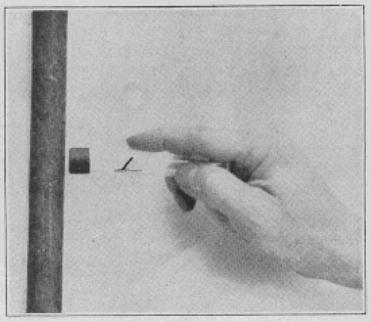
Cet appareil est très sensible, puisqu'il permet de déceler des courants de 1 à



Indicateur de courant alternatif
de la Minerallac C°



Indicateur de l'état de charge de la
Minerallac C°, câble inactif.



Indicateur de l'état de charge
de la Minerallac C°, câble actif.

2 ampères passant dans un conducteur simple, mais il exige néanmoins la présence d'un courant et non pas seulement un état de charge pour fonctionner.

Électroscope Minerallac C°.

Cet appareil sert à reconnaître les parties d'une canalisation qui ne peuvent être touchées sans danger.

Il consiste en un tube de verre auquel est soudée une plaque de cuivre portant la feuille d'un électroscope.

L'appareil de poche est renfermé dans une boîte métallique, et l'appareil de station est fixé au bout d'une poignée de bois.

Cet appareil donne une indication pour les potentiels dépassant 500 volts, à condition que le conducteur ne soit pas armé d'une enveloppe de plomb mise à la terre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pince à ressort, système Dietz, pour la recherche des défauts d'isolement et la mesure de l'intensité des courants alternatifs (Hartmann et Braun).

La pince à ressort de Dietz sert à la localisation des défauts d'isolement à l'aide d'un téléphone et, par l'emploi d'un instrument calorique, à la mesure de l'intensité des courants alternatifs. Elle consiste en un noyau en fer feuilleté, divisé en deux parties réunies par des charnières et munies de poignées.

L'ensemble constitue une sorte de pince à 2 mâchoires qui se referme automatiquement par l'action d'un ressort à boudin. Chaque moitié porte une bobine d'induction.

Mode d'emploi de la pince de Dietz. — A. *Recherche des défauts d'isolement.* — Pour localiser une perte à la terre dans une installation domestique à courant alternatif on relie un des pôles, autant que possible celui où se trouve le défaut, au conducteur principal, et on met l'autre pôle à la terre. La pince à ressort, dont la bobine est reliée à un téléphone, est ensuite branchée successivement sur les parties accessibles, telles que coupe-circuit, etc., aux différents embranchements. Le courant de perte est révélé par le bourdonnement du téléphone ; si on suit alors le conducteur jusqu'à ne plus percevoir le bruit du téléphone, on reconnaît qu'on a dépassé le défaut, qu'on n'a plus qu'à localiser d'une façon plus précise en revenant en arrière. S'il s'agit d'une installation à courant continu, on peut rendre le courant pulsatoire au moyen d'un interrupteur approprié ou employer une magnéto produisant un courant alternatif.

Lorsqu'on doit rechercher une perte à la terre dans un circuit fermé, il faut faire en sorte que le courant ne puisse arriver à l'endroit du défaut que dans un sens ; pour le reste, on opère comme il est dit ci-dessus.

Si l'on cherche un court-circuit ou une dérivation, il ne doit y avoir en circuit, pendant la recherche, ni lampes, ni moteurs, ni autres appareils consommant du courant.

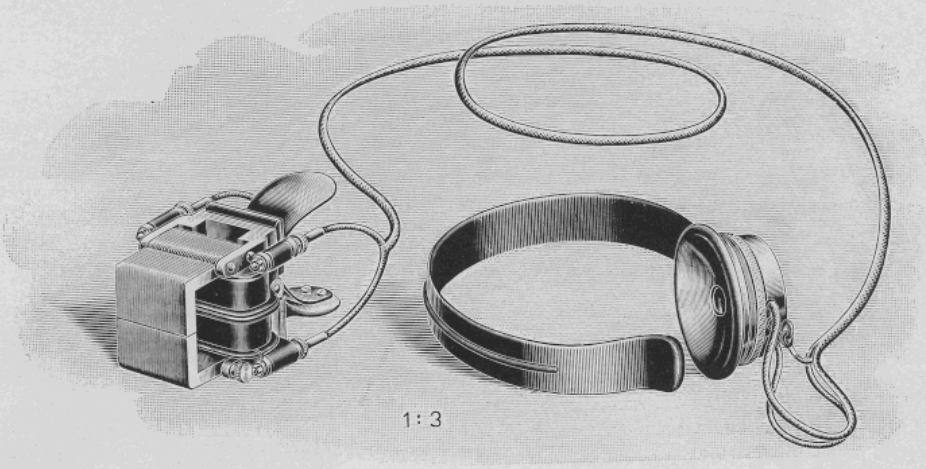
Cette pince permet la recherche de plombs fondus dans les tableaux de distribution, car il peut révéler même des courants très faibles.

L'appareil sert aussi à localiser les courts-circuits à la masse dans les induits de dynamos. A cet effet, on démonte le noyau en fer de la pince et on n'en emploie qu'une moitié, que l'on complète par l'induit en fer de la dynamo pour fermer le circuit magnétique. On ouvre à un certain endroit l'enroulement de la dynamo et on y lance un courant alternatif ou un courant continu pulsatoire ; en même temps, on suit l'enroulement avec la pince jusqu'à ce qu'on ait atteint l'endroit où il y a passage du courant dans le fer de l'induit. Pour déterminer plus exactement cet endroit, on peut procéder à un second essai en faisant arriver le courant par l'autre bout de l'enroulement.

Le téléphone, en combinaison avec la pince, peut accuser l'existence de courants d'une intensité minima de 0,04 ampère.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

B. *Mesures d'intensité.* — Employée avec un instrument calorique pour courant alternatif, la pince offre un moyen très commode pour mesurer l'intensité du courant alternatif traversant un conducteur, sans qu'on ait besoin de sectionner celui-ci comme pour mettre en circuit un ampèremètre ordinaire. Il suffit d'entourer ce conducteur avec les mâchoires de la pince à un endroit accessible, plomb fusible



110 1

Petite pince de Dietz avec téléphone serre-tête.

ou coupe-circuit d'embranchement, et l'instrument de mesure, qui est gradué d'une façon spéciale et relié aux bornes de la bobine de la pince, indique alors l'intensité (en ampères) du courant qui parcourt le conducteur. Il est essentiel, pour l'exactitude de la mesure, que les mâchoires soient bien en contact. Pour augmenter l'utilité de l'instrument calorique, on lui donnera, outre sa graduation ampèremétrique, une seconde échelle pour mesures de tension, à un ou deux degrés de sensibilité.

ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Appareils Hartmann et Braun.

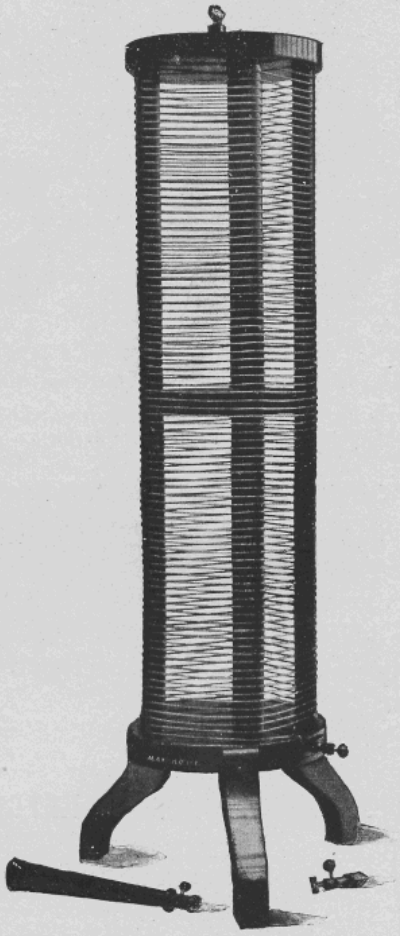
Instruments de résonance de Hartmann et Braun. — Ces instruments comportent des lames d'acier accordées pour un certain son et pouvant osciller librement devant des électro-aimants à noyau feuilleté. Un courant alternatif ou pulsatoire traversant les enroulements de ces électros actionne, par suite, la lame qui est accordée pour la fréquence correspondante. Ces languettes peuvent être accordées pour des fréquences de 20 à 150 p : s, et un dispositif de transposition permet de les adapter pour une fréquence double, soit 300 p : s. On fait cette transformation en ajoutant un enroulement supplémentaire traversé par du courant continu ou en disposant un aimant permanent dont le champ s'ajoutera au champ produit par l'électro-aimant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Appareils Max Kohl
pour la démonstration des ondes électriques.

Bobine de résonance, d'après Seibt.

Bobine de résonance de Seibt. — Cette bobine est formée d'un grand nombre de spires en fil fin isolé, maintenu sur une tige de bois verticale qui porte également deux tiges horizontales placées en



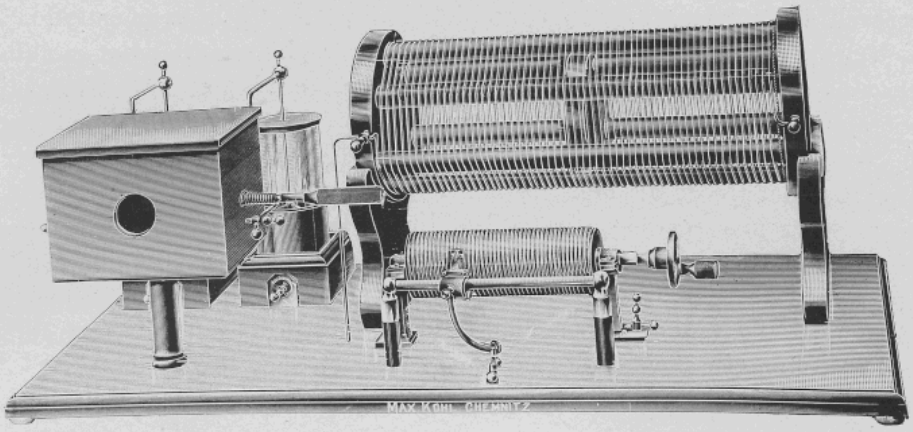
Résonateur d'Oudin, Max Kohl.

haut et en bas ; entre ces tiges sont tendus, au moyen de bornes de fixation, deux fils d'acier que l'on peut, par suite, approcher plus ou moins de la spirale.

Résonateur d'Oudin. — Ce résonateur est formé d'un solénoïde de fil de cuivre dont l'extrémité est réunie à une borne et l'autre est libre. Le courant peut être amené par deux contacts mobiles dont l'un peut se déplacer le long du fil au moyen d'une petite roulette. On obtient avec cet appareil des ondes d'amplitude plus faible qu'avec la spirale de Seibt.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

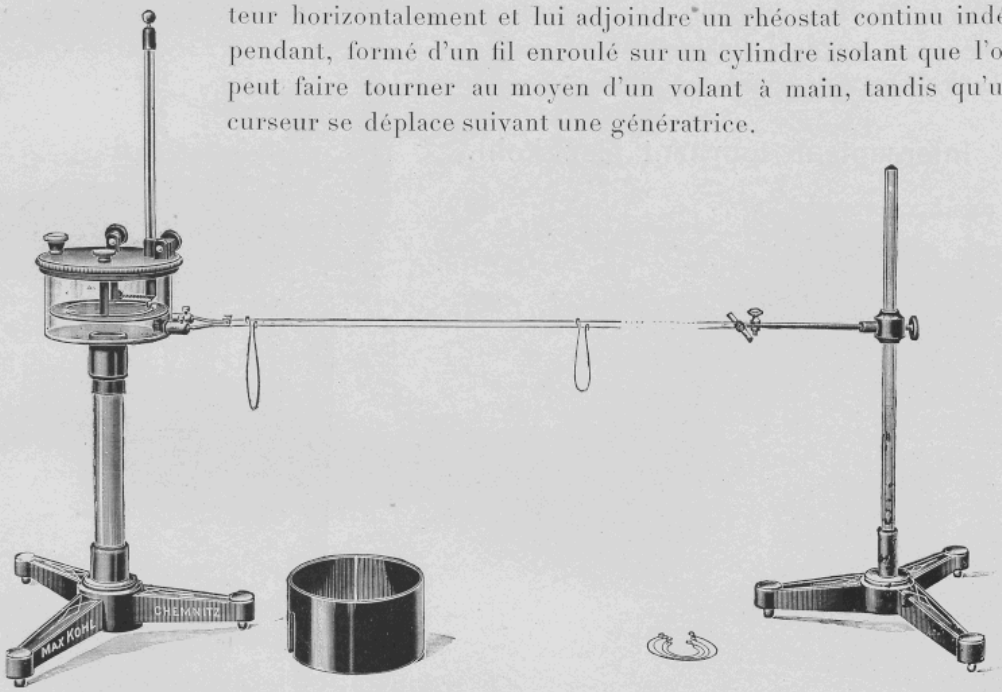
Résonateur d'Oudin avec rhéostat continu. — Pour régler l'effet du résonateur,



Résonateur d'Oudin.

on fait varier la longueur du fil au moyen d'un rhéostat, de façon à accorder le circuit du résonateur et de l'excitateur.

Si l'on désire obtenir un ensemble très compact, on pourra placer le résonateur horizontalement et lui adjoindre un rhéostat continu indépendant, formé d'un fil enroulé sur un cylindre isolant que l'on peut faire tourner au moyen d'un volant à main, tandis qu'un curseur se déplace suivant une génératrice.



Appareil pour la démonstration des ondes électriques.

Une des extrémités du rhéostat est réunie au résonateur tandis que l'autre est reliée au solénoïde. Le circuit extérieur aboutit au curseur, de telle sorte que lorsque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la longueur du circuit excitateur diminue, celle du résonateur varie en sens inverse. On a donc un réglage continu et facile.

Appareil de Coolidge. — L'appareil de Coolidge sert à la démonstration des ondes électriques dans les fils. Il se compose d'un excitateur Blondlot modifié et d'un circuit secondaire formé de deux fils parallèles réunis par des fils de différentes longueurs qui pourront devenir lumineux s'ils sont convenablement placés.

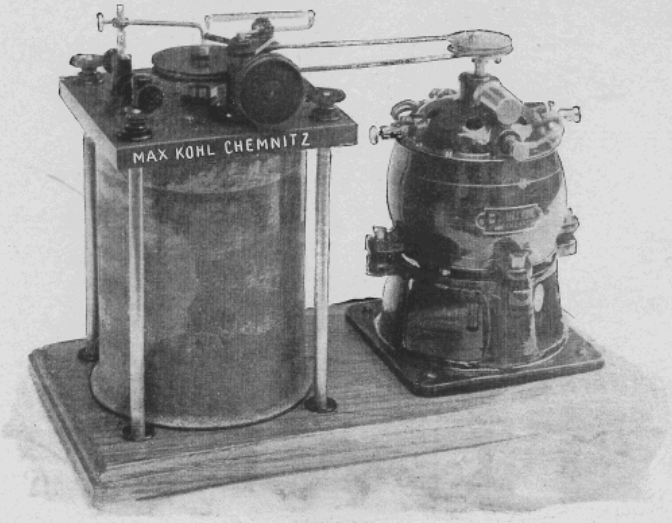
Les deux fils de cuivre, placés parallèlement à 20 mm, ont une longueur de 5,50 m et un diamètre de 0,2 mm; ils peuvent être réunis par 6 fils ou ponts de longueurs différentes correspondant à l'amplitude de l'oscillation en ces points.

L'excitateur de Blondlot est placé dans un vase de verre rempli d'huile et porté par une colonne de verre. Les deux circuits sont séparés par une couche de mica de 2 mm et sont plongés dans l'huile. Les boules de l'excitateur peuvent être rapprochées au moyen de vis fixées sur le couvercle en ébonite de la boîte. Les deux fils du circuit aboutissent, l'un à une borne fixée sur le couvercle de la boîte, et l'autre passe dans un tube de verre pour aboutir à une autre borne.

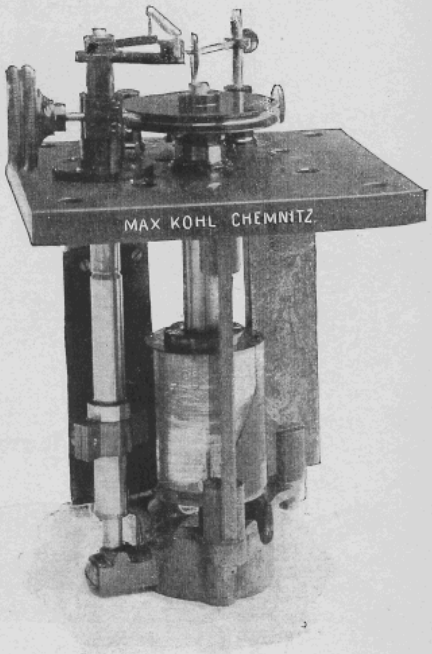
L'excitateur fonctionne au moyen d'un appareil de Tesla et d'une bobine d'induction dont le circuit secondaire est réuni à une bouteille de Leyde de 26 cm de hauteur.

On peut, au moyen de cet appareil, dans des chambres très obscures, voir briller très nettement les fils, et on est parvenu à mesurer des longueurs d'onde de 110 cm dans les fils, les ponts étant placés à des nœuds distants de 55 cm.

Interrupteur tournant Max Kohl.



Interrupteur pour courant continu.



Interrupteur pour courant continu, ouvert.

Cet interrupteur se compose d'un tambour en fibre vulcanisée portant deux lames triangulaires de cuivre amalgamé, tournant sous l'action d'un petit moteur à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

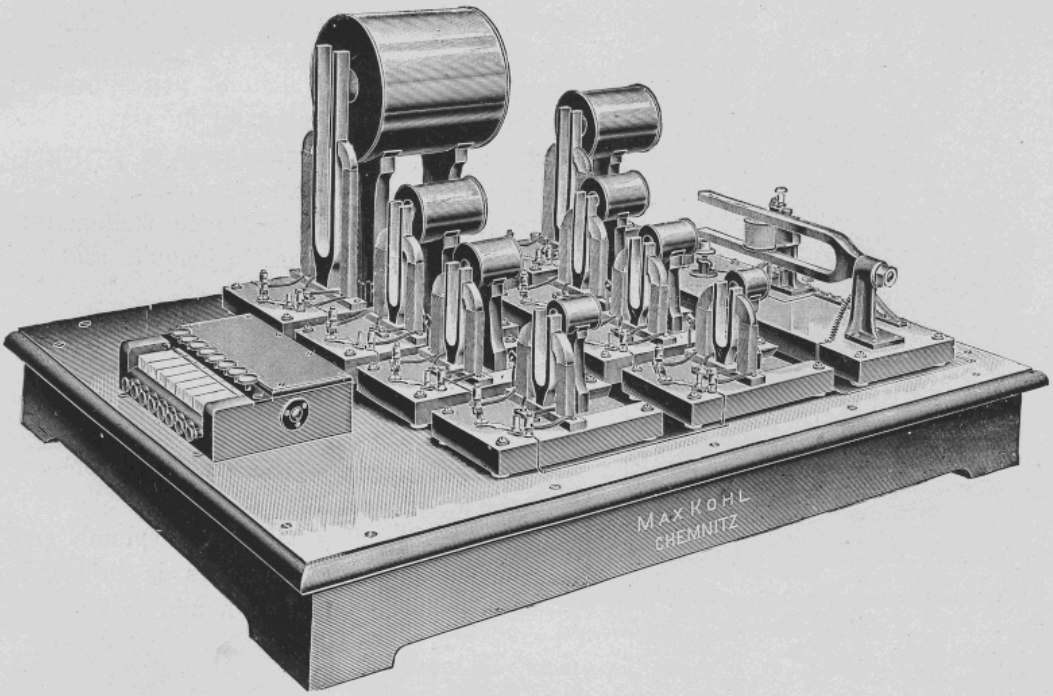
courant continu dont la vitesse peut être variée à volonté. Un balais pressé par un ressort appuie sur le tambour et est porté par une tige de bois que l'on peut soulever plus ou moins, de manière à faire varier le temps de contact avec les lames. Le contact est assuré par du mercure qui est refoulé par une petite pompe centrifuge calée sur l'arbre et qui, passant à l'intérieur du cylindre de support, traverse le balais dans toute sa longueur.

Le circuit à courant continu aboutit à l'arbre du tambour qui est relié aux lames de cuivre. Le circuit sera donc fermé chaque fois que le balais se trouvera en contact avec une lame, de telle sorte que la fréquence du courant pulsatoire dépendra de la vitesse de rotation.

L'interrupteur est placé dans un vase de verre contenant le mercure couvert d'une plaque d'ardoise servant à supporter les diverses pièces.

Résonateur d'après Helmholtz, Max Kohl.

Ce résonateur sert à produire différents sons et principalement les sons fondamentaux. Il se compose de 8 diapasons commandés électriquement, donnant les



Appareil vocal, d'après Helmholtz.

premières harmoniques du *do* fondamental. Les électro-aimants sont excités par un courant, rendu intermittent, par un diapason produisant 128 vibrations doubles par seconde qui sert d'interrupteur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chaque diapason est placé devant un résonateur dont l'action peut être commandée au moyen des touches d'un clavier. Le courant intermittent peut être réglé au moyen d'un rhéostat.

Chaque électro-aimant peut être mis hors circuit à volonté, et une résistance correspondante est intercalée dans le circuit, de façon à ne pas perturber le régime du courant.

Vêtement protecteur en toile métallique Max Kohl.

Vêtement protecteur contre les rayons X Max Kohl.

Pour protéger le corps contre les influences nuisibles des rayons X, on peut se servir d'un vêtement spécial recommandé par le Dr Holzknecht et le Dr Grunfeld, formé d'une feuille de plomb couverte d'une étoffe de caoutchouc.

Par sa flexibilité, l'étoffe peut prendre toutes les formes du corps et du visage. On peut en faire des masques pour se protéger les parties du corps exposées aux rayons X. Cette étoffe peut être nettoyée facilement, lavée, stérilisée et chauffée jusqu'à 100° C, sans se détériorer.

La plaque protectrice est fabriquée sous deux formes ; dans l'une la feuille de plomb a 0,25 mm d'épaisseur, elle est flexible comme de l'étoffe, et dans l'autre elle est de 1 mm.

Gant protecteur. — Le gant doit protéger la main du médecin.

Une feuille d'un alliage de plomb est mise entre les deux épaisseurs de cuir qui forment le gant. Le gant est flexible.

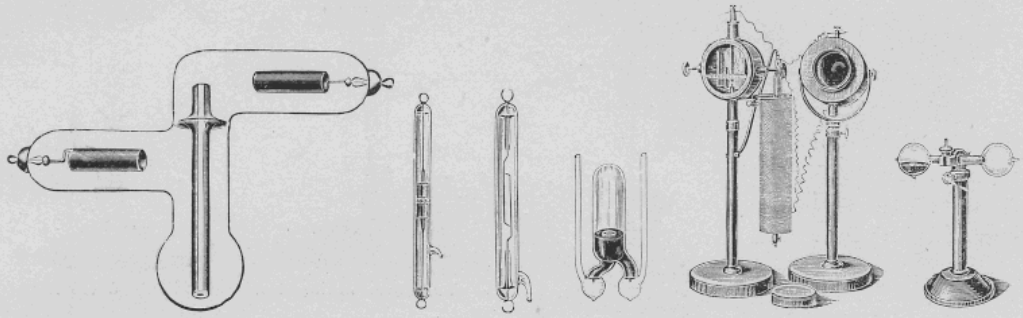
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

RADIOSCOPIE

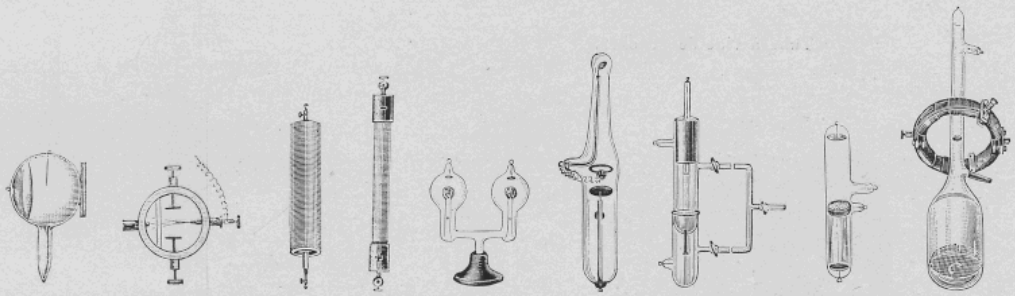
Exposition Richard Muller-Uri.

La maison Richard Muller-Uri, de Braunschweig, exposait une intéressante collection d'appareils de radioscopie dont quelques spécimens sont représentés par les figures ci-contre.

En examinant ces figures dans l'ordre où elles sont disposées, nous voyons



Tube spectral (Gœtze).

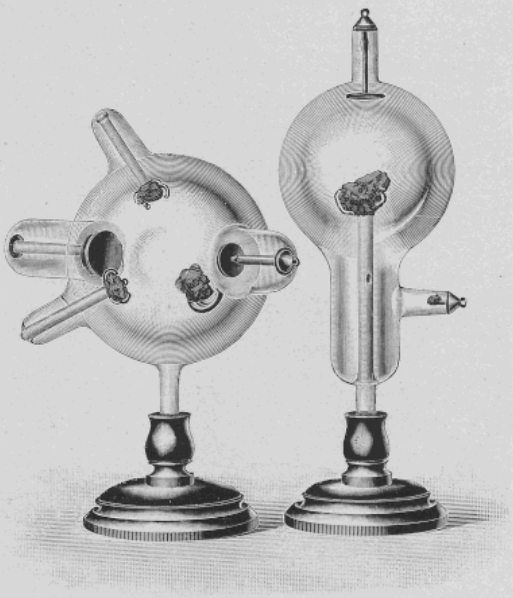


d'abord un cohéreur de Marconi et un cohéreur de Righi ; une lampe à mercure pour travaux spectroscopiques de Fabry et Perrot ; un appareil de décharge photo-électrique fonctionnant sous l'action du soleil ou sous l'action de la lumière du jour de Elster et Guitel ; une pile photo-électrique avec fenêtre de quartz d'après Lodge ; un électroscope Exner fortement isolé ; une pile sèche de Elster et Guitel ; une pile sèche de Dolezalek-Nernst ; une collection de tubes à vide très élevé de Crookes ; un tube de Rontgen pour le traitement des lupus ; un tube de Lenard pour observer les effets des rayons cathodiques avec chambre cloisonnée ; un tube pour rayons cathodiques de Wien ; un tube modifié de Braun avec écran quadrillé au millimètre carré d'après Harris Ryan et tube spectral de Goetze.

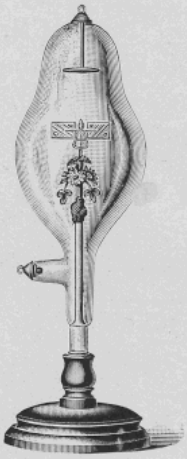
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Exposition de la Maison Emil Gundelach.

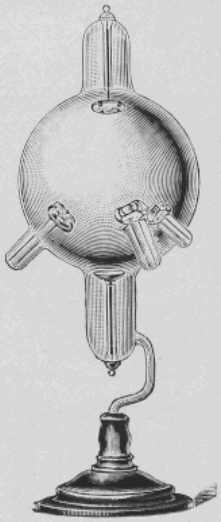
La Maison Emil Gundelach, de Gehberg-Thuringen, avait envoyé quelques tubes à vide très intéressants.



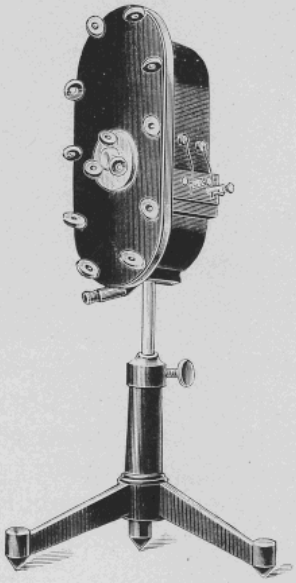
Tube à vide de Crookes.



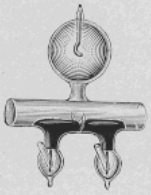
Tube avec radiomètre.



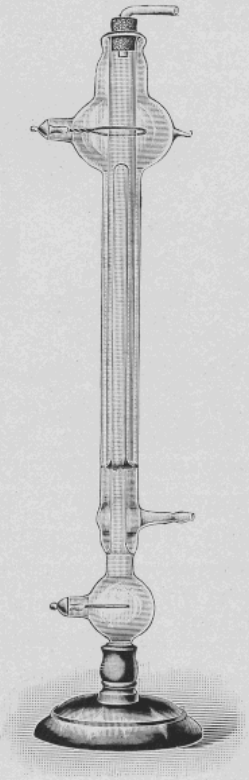
Tube à vide.



Lampe avec réfrigérant.



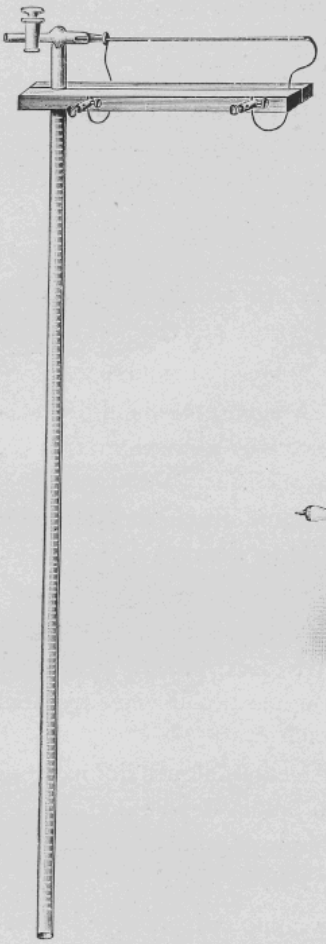
Lampe à vapeur de mercure.



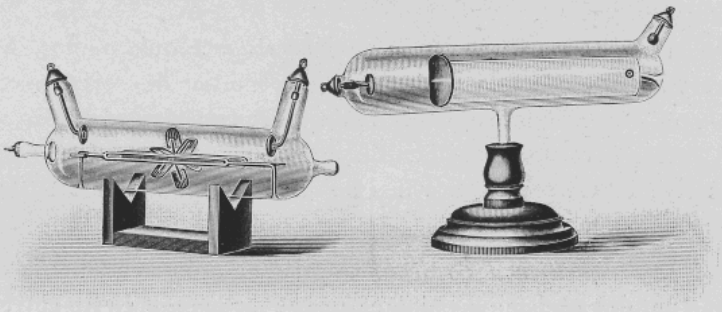
Tube à ozone.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On remarquait d'abord un tube à vide de phosphorescence bleue contenant de l'hégonite ; un tube de phosphorescence jaune avec du sheelite ; un tube de Crookes avec moulinet ; un tube de Crookes avec différents minéraux ; une lampe à arc de mercure de Lummer et Straubel avec bain de refroidissement à l'eau ; une autre lampe à arc de mercure de Lummer et Straubel sans bain de refroidissement ; un tube à ozone constitué par 2 tubes de Geissler combinés ; un tube de Winkelmann pour la démonstration de la diffusion de l'hydrogène à travers un tube de platine incandescent ; 2 tubes de Crookes avec cathode et anticathode.



Tube à hydrogène.



Tubes à vide.

Laboratoire du Bureau des Étalons à l'Exposition.

En plus de son exposition au Palais du Gouvernement, le Bureau National des Étalons avait installé, sur la demande du Comité-directeur de l'Exposition, un laboratoire d'essai au Palais de l'Électricité.

Le but de ce laboratoire était de démontrer le fonctionnement des principaux appareils et instruments de mesures électriques et de faire pour le jury des récompenses, la commission des essais de chemin de fer, et pour le public, des essais et l'étalonnage des instruments de mesure.

Le laboratoire occupait un espace de 360 m² divisé en six salles dont l'une servait de bureau. Les travaux étaient répartis en deux grandes classes : la première comprenait l'essai des étalons de résistance, des piles étalons et des boîtes de résistance, des potentiomètres, des ponts de Wheatstone et autres appareils de mesure de résistances, la détermination des résistances spécifiques, des coefficients de température, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La seconde division était réservée pour l'étalonnage des appareils de mesure, y compris les ampèremètres à courants continu et alternatif, voltmètres, wattmètres, wattheuremètres, fréquence et phasemètres, la mesure des inductances, des capacités, etc.

La salle des dynamos contenait des générateurs à courants continu et alternatif pour la production de courant servant aux essais, et la salle des accumulateurs renfermait un certain nombre de batteries prêtées par l'Electric Storage Battery C°.

La première partie du laboratoire contenait un certain nombre d'appareils provenant du laboratoire de Washington. Les essais effectués peuvent se classer conventionnellement comme suit :

1° *La comparaison des étalons de résistance* qui comportait la comparaison des étalons entre eux et la vérification des boîtes de résistance, des potentiomètres et autres appareils nécessitant des mesures précises de résistance.

Les divers appareils utilisés comprenaient des galvanomètres, des ponts de Kelvin et Carrey-Foster, des bobines de réduction un grand nombre d'étalons en fil de manganin, etc.

2° *Vérification des résistances faibles* employées pour la mesure des intensités et surtout des résistances bien calibrées de manganin de 0,01, 0,001, 0,0001 et 0,00001 ohm, employées comme étalons pour la vérification des appareils de mesure des intensités.

Ces mesures nécessitaient l'emploi d'une batterie d'accumulateurs donnant un courant relativement intense avec de grosses barres omnibus et des commutateurs permettant d'envoyer le courant dans le pont de Kelvin, employé pour la mesure des résistances et autres appareils analogues.

3° *La mesure des f. é. m. des piles étalon* se faisait par comparaison avec les étalons du Bureau. Les appareils comprenaient un potentiomètre, un galvanomètre et les appareils accessoires et des bains appropriés, pour immerger les piles étalon à essayer.

4° *Essais divers*, tels que nature de conductibilité, de couples thermo-électriques de coefficient de température, etc.

La grande salle du milieu du laboratoire, d'environ 3,3 13,5 m, contenait un grand nombre d'appareils venant du laboratoire de Washington et prêtés par les exposants. Les travaux de cette seconde classe pouvaient se diviser comme suit :

1° *Inductances et Capacités.* — Cette catégorie comprenait la vérification des étalons de self-induction, et des inductances variables, la détermination de la self-induction des appareils de mesure, particulièrement des instruments servant à la mesure des courants alternatifs et des résistances élevées, servant pour les circuits

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

alternatifs ; la mesure des capacités des condensateurs et les essais de la qualité des condensateurs.

Les appareils comportent une importante collection d'étalons de self-induction et de capacité de résistances, de galvanomètres à courant continu ou alternatif, des interrupteurs tournants, des générateurs à courant alternatif et autres appareils servant pour les mesures absolues ou relatives.

2° *Voltmètres à courant continu ou alternatif.* — Les appareils de cette catégorie comprenaient des potentiomètres, des piles étalon, des rhéostats multiplicateurs et une petite batterie d'accumulateurs servant à l'étalonnage des galvanomètres à courant continu et aussi, un voltmètre étalon à courant alternatif servant pour l'étalonage des autres appareils ou potentiomètre.

Un groupe spécial d'essais prêté par la *Weston Electrical Instrument C°* comportait un potentiomètre et un voltmètre de laboratoire avec des résistances de précision et des commutateurs permettant de faire les lectures pour des sensibilités comprises entre 5 et 550 volts et variant comme les multiples de 5.

3° *Ampèremètres à courants continu et alternatif.* — *Wattmètres et Wattheuremètres*, — Ces appareils comportaient une collection très complète d'appareils de mesure tels que des potentiomètres et des fils étalon, des résistances de précision, des ampèremètres étalons et des wattmètres à courant alternatif mais pouvant être étalonnés en courant continu ; des générateurs électriques et une collection d'appareils auxiliaires servant à faire varier le courant et le voltage, et à mesurer la fréquence et la forme des courbes.

On vérifiait non seulement la précision des instruments dans les conditions normales, mais aussi pour des charges variables, des fréquences et des facteurs de puissance, des formes et des températures différentes.

Des batteries spéciales fournissaient le courant aux moteurs actionnant les alternateurs, de telle sorte que leur vitesse et par suite leur fréquence était parfaitement constante, mais il suffisait, pour faire varier la fréquence, d'introduire des résistances ou de faire varier le voltage d'alimentation des moteurs.

Pour obtenir des variations dans la forme de la courbe, on commandait deux alternateurs à 60 et 180 p:s, par un seul moteur. Ces deux alternateurs étant montés en série, on obtiendra une courbe fondamentale à 60 p:s et des harmoniques à 180 p:s, mais en faisant varier l'excitation de chacun des alternateurs, on changera dans de larges limites la forme de la courbe.

Les variations de température étaient obtenues en plaçant les appareils dans une pièce, dont l'atmosphère était refroidie par des serpentins, où l'on faisait circuler de l'eau salée à basse température ou chauffée par des radiateurs électriques. Les écarts de température obtenus étaient de 0°C à 40°C, de telle sorte que l'on pouvait déterminer le coefficient de température des appareils dans les conditions normales.

4° *Essais divers.* — Dans cette catégorie étaient compris les étalonnages des fréquencemètres, des indicateurs de phase, des appareils indiquant la forme de courbes,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des accumulateurs et des piles et autres appareils et machines à courant continu ou alternatif.

Des fondations importantes en béton avaient été construites dans le laboratoire, de façon à permettre l'emploi d'appareils précis et d'atténuer les vibrations.

La saumure était refroidie par une machine réfrigérante à colonnes, installée près du laboratoire et fournie par la Carbondale Machine Cº, de Carbondale, Pa, l'eau étant quelquefois à une température assez basse pour congeler le mercure.

Bureau de Contrôle des Installations Électriques.

M. Roux exposait une importante collection d'appareils détériorés à la suite d'accidents électriques. L'examen de ces appareils mettait en évidence les défauts de leur construction ou les mauvaises conditions de leur emploi.

C'est ainsi que l'on voyait de nombreux types de coupe-circuits dont les cloisons de séparation entre pôles faisaient défaut ou étaient insuffisantes, de sorte qu'au moment de la fusion du plomb un arc s'est amorcé entre les bornes de polarité contraire et a déterminé l'éclatement de l'appareil et la détérioration des bornes.

Une importante collection de fils et câbles montrait des accidents dus à l'humidité ayant entraîné la rupture de câbles même de très forte section, et l'inflammation des conduits dans lesquels ils étaient enfermés.

A côté de tous ces spécimens constituant chacun une leçon de choses, M. Roux avait exposé des diagrammes synthétisant les opérations effectuées par le Bureau de Contrôle des Installations Électriques et permettant de se rendre compte de l'importance et de la nature des installations électriques défectueuses et de la marche industrielle des compteurs électriques.

C'est la première fois que figuraient dans une Exposition des documents de cette nature dont l'examen judicieux permettra d'apporter dans la construction des appareils et dans leur mode d'emploi les dispositions et les précautions nécessaires pour réduire dans une très grande proportion les accidents dus à l'électricité.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 5

DE PARIS A NEW-YORK

Les hommes de l'Exposition de Saint-Louis. — Avant le départ. — A bord de *La Bretagne*. — Les services électriques. — La télégraphie sans fil. — En mer. — La journée d'un membre du Jury à bord. — Transmission à distance de la musique, système Crosby. — Les machines de *La Bretagne*. — Le Gulf-stream. — Les brouillards de Terre-Neuve. — En vue de New-York. — La douane. — La fête de Coney Island. — De New-York à Saint-Louis. — Les trains Pullmann 11

A SAINT-LOUIS

L'arrivée à Saint-Louis. — Au Palais de Trianon. — L'Exposition le jour. — Le Palais de l'Électricité. — Séances du Jury. — L'Exposition la nuit. — Illuminations. — Modes de transports électriques à l'Exposition. — Expériences sur l'emploi des hautes tensions : 500 000 volts. — La télégraphie sans fil. — Les Congrès. — La Ville de Saint-Louis. — Les tramways électriques 44

A TRAVERS L'AMÉRIQUE

Les stations d'électricité. — Les produits manufacturés électriques. — Publications concernant l'électricité 86

BALTIMORE

La première locomotive électrique. — Chemin de fer électrique de Washington à Baltimore et Annapolis 91

CHICAGO

La Ville. — Chicago Subway C°. — La Metropolitan West Side Elevated Railway C°. — La Northwestern Elevated Railway C°. — Les stations électriques 93

NIAGARA

Les chutes du Niagara. — Leur utilisation. — Stations génératrices 102

PHILADELPHIE

La Ville. — Les machines électriques de l'hôtel des Monnaies et de l'Imprimerie nationale 111

PITTSBURG

La Ville. — Les usines Westinghouse en Amérique et en Europe. — Chemins de fer 116

SCHENECTADY

La General Electric C°. — Un rapport sur son exploitation 129

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NEW-YORK

La Ville. — Broadway Street. — Les Buildings. — Les ascenseurs. — L'hôtel Astor. — La station du Bord-de-l'Eau de la Compagnie Edison. — Éclairage municipal de New-York. — Prix de revient de l'éclairage. — Les cars. — L'Elevated Railroad. — Interborough Rapid Transit Subway Cº. — Statistique du transport des voyageurs. — Les postes et télégraphes. — Le téléphone. — Long distance Telephon. — La vie sociale de New-York. — Le péril américain. — Conclusion..... 134

ORIGINE ET ORGANISATION DE L'EXPOSITION DE SAINT-LOUIS

Admission des exposants. — Comités d'admission. — Description de l'Exposition. — Les Jurys. — Leur composition. — Récompenses obtenues..... 169

Groupe 67

CLASSE 428

Machines génératrices : dynamos produisant des courants alternatifs mono ou polyphasés, dynamos à courants continus, turbines et machines à explosion.

Installation de puissance pour l'Exposition. — Condenseurs de la station génératrice. — Groupe générateur Allis-Chalmers-Bullock. — Groupe électrogène des Sociétés Delaunay-Belleville et l'Éclairage Électrique. — Groupe électrogène de la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques. — Groupes électrogènes de la Crocker-Wheeler Cº. — Groupe électrogène Hamilton-Corliss et National Electric Cº..... 184

Alternateurs. — Alternateurs de la National Electric Cº, Milwaukee. — Alternateurs à champ tournant compensé de la General Electric Cº. — Alternateurs polyphasés Westinghouse. — Alternateur pour turbine Westinghouse. — Alternateurs polyphasés de la Fort-Wayne Electric Works. — Alternateurs de la Fort-Wayne Electric Works. — Alternateur monophasé Wal, Fort Wayne. — Alternateurs Wal à 1 100 et à 2 200 volts. — Alternateur de la Warren Electric Mfg. Cº, de Sandusky-Ohio. — Groupe moteur-générateur de la Western Electric Cº..... 197

Dynamos à courant continu. — Société anonyme Westinghouse. — Générateur de la Bullock Electric Mfg. Cº. — Générateurs de la National Electric Cº, Milwaukee. — Générateur Crocker-Wheeler. — Générateurs de la Western Electric Cº. — Dynamo homopolaire G. H. Gibson, de Michigan. — Génératrice C. L. de la General Electric Cº. — Générateurs Wood de la Fort-Wayne Electric Cº. — Générateurs Wood pour les lampes à arc en série type B. — Générateurs Wood pour arcs en série. — Générateur à multiple voltage Gibson..... 199

Turbines à vapeur. — Turbine Laval. — Turbine Westinghouse-Parsons. — Essai d'une turbine à vapeur Westinghouse. — Turbine Curtis. — Turbine à vapeur Hamilton-Holzwarth..... 221

Les machines à explosion à l'Exposition de Saint-Louis. — Moteurs Westinghouse. — Moteurs à gaz Westinghouse à simple effet. — Moteurs Diesel. — Installation hydro-électrique pour haute chute en service à l'Exposition..... 230

CLASSE 429

Transmission de l'énergie à distance : moteurs à courants continus et alternatifs.

Moteurs de la General Electric Cº. — Dimensions des moteurs C. E. — Moteurs Crocker-Wheeler. — Moteurs Bullock. — Moteurs de la Western Electric Cº. — Moteurs multipolaires Willey. — Moteurs de la Triumph Electric Cº. — Moteurs Roth Brothers and Cº. — Moteurs à vitesse variable pour distribution à un seul voltage, de la Commercial Electric Cº. — Moteurs de la National Electric Cº. — Moteurs ronds de la Sprague Electric Cº, de New-York. — Moteurs de la Société Gramme..... 236

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Moteurs à courants alternatifs. — Moteur à vitesse variable de la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques. — Moteur à courant triphasé n° 210 de la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques. — Survolteurs à courant alternatif de la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques. — Moteurs d'induction de la General Electric C°. — Moteurs de la Wagner Electric Mfg. C°. — Moteurs monophasés verticaux de la Wagner Electric Mfg. C°. — Moteurs à courants alternatifs monophasés de la Société l'Éclairage Électrique (brevets Labour). — Moteurs monophasés de la Société l'Éclairage Électrique. — Moteurs asynchrones polyphasés Stanley. — Moteurs monophasés du type Lamme. — Moteurs de la Société Gramme..... 255

CLASSE 430

Modification des courants : transformateurs de courants alternatifs, transformateurs de courants à rotation.

Transformateurs statiques. — Transformateurs pour haute tension de la General Electric C°. — Société anonyme Westinghouse. — Transformateurs de la Société l'Éclairage Électrique (brevets Labour). — Transformateurs de la Wagner Electric Mfg. C°. de Saint-Louis. — Transformateurs Fort Wayne. — Société Alsacienne de Constructions Mécaniques. — Transformateurs Bullock. — Transformateur à courant constant pour réseau d'éclairage par lampes à arc en série de la General Electric C°. — Transformateur de la Western Electric C°. — Sous-station de transformation Westinghouse au Palais de l'Électricité..... 267

Convertisseurs et commutatrices. — Convertisseur tournant Westinghouse. — Convertisseurs tournants de la General Electric C°. — Redresseur de courant de la General Electric C°. — Groupes moteurs-générateurs de la Wagner Electric Mfg. C°. — Commutatrices Gramme..... 284

CLASSE 431

Application aux transports : locomotives électriques, tramways électrtques, méthodes de contrôle des wagons et des trains.

Traction électrique. — Locomotives minière Jeffrey. — C. W. Hunt C°. — Morgan Electric Machine C°. — Exposition de locomotives électriques Baddwin-Westinghouse. — Truc automoteur à accumulateurs de la Westinghouse Machine C°. — Locomotives minières de la General Electric C°. — Locomotives du chemin de fer d'Orléans de la Compagnie Thomson-Houston. — La nouvelle locomotive électrique de Baltimore. — Locomotive du New-York Central. — Moteur de tramway type G-E General Electric C°. — Contrôleurs de la General Electric C°. — Traction à courant alternatif monophasé de la General Electric C°. — Système de contrôle à unités multiples. — Exposition de matériel de traction de la Westinghouse C°. — Système de traction à courant alternatif monophasé Westinghouse. — Traction à contacts superficiel, système Dolter..... 292

Exposition de freins. — Westinghouse Traction Brake C°. — Freins à air comprimé à grande vitesse de la Westinghouse. — Appareil d'essai des valves à trois voies. — Compresseur d'air horizontal de la General Electric C°. — National Electric C°. — Freins magnétiques de l'Electric Controler C°. — Tampon à frottement Westinghouse. — Expositions diverses..... 329

Considérations diverses sur l'emploi des moteurs à courant alternatif monophasé pour la traction. — Chemin de fer électrique à grande vitesse de Marienfeld-Zossen. — Chemin de fer monorail de Manchester à Liverpool. — Métropolitain électrique surélevé et souterrain de Berlin. — Chemin de fer suspendu monorail (système Langen)..... 339

CLASSE 432

Applications mécaniques diverses : ascenseurs, treuils, grues, cabestans, ponts roulants, machines-outils et divers.

Rouilleuses électriques Jeffrey. — Haveuses Jeffrey. — Treuil électrique de mines de la General Electric C°. — Élévateur Otis. — Monte-charges électriques Burdett-Rowntree. — Treuils et grues de la General Electric C°. — Solénoïdes et électro-aimants porteurs. — Embrayages magnétiques de l'Electric Controler C°. — Machines-outils commandées par moteurs électriques. — Machines-outils de l'Exposition. — Machines-outils à commande électrique de la Jas Clark and C°. — Raboteuses et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

laminoirs de l'Electric Controler Supply C°. — Pompes centrifuges Worthington à commande électrique. — Perforatrice électrique Adam. — Exposition de la Maison Weyl-Michel. — Divers types de ventilateurs américains. — Moteur Young pour machine à coudre. — Moteurs pour machines à coudre de la Western Electric C°. — Régulateurs d'orgues de la Wirt Electric C°. — Appareil d'allumage Apple..... 357

CLASSE 433

Tableaux, disjoncteurs, interrupteurs, contrôleurs, rhéostats, fusibles, parafoudres, isolateurs, fils spéciaux.

Tableau de distribution de l'Exposition. — Tableau de distribution de la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques. — Interrupteurs à huile de la General Electric C°. — Interrupteurs et disjoncteurs à haute tension de la Société Westinghouse, du Havre. — Disjoncteurs automatiques de la General Electric C°. — Disjoncteurs automatiques Westinghouse, types à balais pour courants continus et alternatifs jusqu'à 750 volts. — Disjoncteur automatique, type à mâchoires pour courant continu jusqu'à 750 volts. — Interrupteurs pour haute tension de la Western Electric C°. — Disjoncteurs de la Western Electric C°. — Interrupteurs de l'Electric Controler C°. — Interrupteur à huile pour haute tension de la Stanley Electric Mfg. C°. — Disjoncteurs Gramme..... 385

Autodémarreur à trois crans Westinghouse. — Contrôleurs de l'Electric Controler C°. — Contrôleurs Westinghouse. — Contrôleur de pont roulant Allen-Bradley. — Rhéostats et appareillage de la Wirt Electric C°. — Rhéostats pour le réglage de l'éclairage des théâtres de la Wirt Electric C°. — Rhéocrat de l'American Electric and Controler C°. — Rhéostats de démarrage Gramme. — Régulateur pour alternateur type T-A de la General Electric C°. — Régulateur de potentiel de la General Electric C°. — Régulateur de tension de feeders, type C-R de la General Electric C°..... 400

Considérations générales sur les coupe-circuits fusibles Fusibles Noark de la John's Manville C°. — Fusibles de la General Electric C°. — Fusibles de la Westinghouse C°. — Fusible cuirassé régénérable de Belliol et Reiss pour moyenne tension..... 411

Considérations générales sur les parafoudres. — Protection des circuits à courant alternatif contre les élévations anormales de tension. — Parafoudre de la General Electric C°. — Parafoudre en série de Gola. — Parafoudre pour lignes télégraphiques. — Parafoudres pour courant alternatif, pour circuits au-dessous de 2 500 volts, système Westinghouse. — Appareils pour la protection des lignes aériennes Land-und Seekabelwerke Aktiengesellschaft, Nippes-Coln. — Bobines d'induction pour courants alternatifs et courants continus. — Bobine pour équipement de tramway à courant continu..... 416

Isolateurs pour haute tension Locke. — Conduites de la Camp C°. — Appareils électro-automatiques de sécurité, système Monarch. — Fils pour machines Deltabeston. — Porte-balai "Supra" Boudreaux..... 428

Groupe 68

ÉLECTROCHIMIE

CLASSE 434

Piles. — Accumulateurs.

Piles Gladstone-de-Lalande. — Pile modèle de la République Argentine, à séparation par densité. — Accumulateurs Edison. — Batterie d'accumulateurs lavable de la Chicago Storage Battery C°. — Batteries d'accumulateurs de la Dayton Mfg. C°. — Exposition de la Gould Storage Battery C°. — Batteries d'accumulateurs pour automobiles de la Gould Storage Battery C°. — Exposition de l'Electric Storage Battery C° de Philadelphie. — Accumulateurs Gramme..... 436

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CLASSE 435

Matériel et procédés généraux de la Galvanoplastie. Dépôts métalliques.

Laboratoire d'ozone de Siemens et Halske. — Exposition allemande d'électrochimie. — Procédé de galvanisation Sherard Cowper-Coles. — Procédé de purification électrique de l'eau, de Kuné... 445

CLASSE 436

Production et affinage des métaux et alliages.

Fabrication du Carborindon. — Graphite Achenson. — Société française des électrodes. — Fabrication de l'alundon. — Fabrication du calcium. — Production de l'aluminium en Amérique. — Fabrication du carbure de calcium, Union Carbide C°, à Niagara..... 452

CLASSE 437

Applications industrielles diverses.

Préparation des bois pour poteaux, système Boucherie. — Séparateur magnétique, procédé Wetherill. — Procédé Sherard Cowper-Coles pour la fabrication électrolytique des miroirs paraboliques..... 461

Groupe 69

CLASSE 438

Éclairage électrique, emploi des courants continus et alternatifs, lampes à arc, régulateurs, charbons pour lumière. Lampes à incandescence. Autres formes de lampes.

Lampe à arc différentielle, système Ch. Vigreux et L. Brillié. — Lampes à arc système Bardon. Lampes à arc en vase clos. — Lampes à arc en vase clos de la General Electric C°. — Lampes à arc en vase clos système Wood. — Lampes à arc en vase clos de la Western Electric C°. — Lampes à arc en vase clos Régina. — Lampe à arc de la Société Gramme. — Lampes à arc de la Société Industrielle des Téléphones. — Lampe à magnétite de Steinmetz. — Nouveau type de lampe Bremer. — Lampe à vapeur de mercure de Cooper Hewitt. — Éclairage par le gaz raréfié, système Moore. — La lampe à arc parlante. — Machines à tirer les bleus de la Pittsburg Blue-Printing C°. — Lampe méridienne de la General Electric C°. — Lampe à incandescence "Hylo"..... 464

CLASSE 439

Projet d'usine génératrice d'électricité de 100 000 chevaux par MM. J. Holzschuch et P. Bonnemaison..... 498

CLASSE 440

Projecteurs de la General Electric C°. — Diffuseurs concentriques réglables de la General Electric C°..... 499

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CLASSE 441

Photométrie.

Grand banc photométrique de Frantz Schmidt et Haensch, de Berlin. — Puissance lumineuse et consommation à 110 volts des arcs à air libre et en vase clos, avec charbons ordinaire et minéralisés. 503

CLASSE 442

Appareillage, fils, câbles, lustrerie.

Appareillage électrique Grivolas. — Régulateur pour lampes à arc en série de la Fort Wayne Electric Works. — Limiteur de tension Belliol et Reiss. — Interrupteur périodique Ballow-Hutchins. — Support de lampe Bogia à réglage. — Relais à temps Westinghouse. — Douilles doubles. — Tréfileries du Hâvre. — Société française des câbles électriques système Berthoud-Borel et C^ie^. Câbles et fils de MM. Geoffroy et Delore. — Câbles isolés au papier de la General Electric C^ie^. — Land Seekabelwerke, Koeln-Nippes. — Isolateurs Folembray. — Compagnie générale d'Électricité de Paris. — Maison Paz et Silva. — E. Guinier. — Ch. Mildé fils et C^ie^. — Ch. Boulanger..... 504

Groupe 70

CLASSE 443

Télégraphie.

Système de télégraphie automatique à grande vitesse Delany. — Appareils de télégraphie de la Société Industrielle des Téléphones. — Appareils pour la télégraphie sous-marine de Muirhead. — Rapport annuel de la Western Union Telegraph C^ie^. — Télégraphie sans fil. — Télégraphie sans fil à l'Exposition de Saint-Louis. — Rapport sur les communications obtenues entre Saint-Louis et Chicago au moyen de la télégraphie sans fil. — Appareils de télégraphie sans fils Popoff et Ducretet. — Télégraphie sans fil système Fessenden. — Appareil transportable pour la télégraphie sans fil. — Bobine d'induction pour la télégraphie sans fil. — Bobine d'induction Ruhstrat. — Appareils Ella pour la télégraphie sans fil. — Télégraphie sans fil à la mer aux États-Unis. — Câbles de la Société Industrielle des Téléphones. — Télégraphone de Poulsen. — Télautographe de Gray. — Statistique des installations télégraphiques et téléphoniques..... 521

CLASSE 444

Téléphonie.

Intercommunication téléphonique à l'Exposition de Saint-Louis. — Appareils téléphoniques de la Société Industrielle des Téléphones. — Poste téléphonique haut-parleur, Gaillard et Ducretet. — Téléphone haut-parleur Siemens et Halske. — Transmetteur téléphonique Sumter. — Transmetteur téléphonique Kellogg. — Récepteurs téléphoniques. — Système de transmission avec batterie centrale. — Procédés d'appel dans le système de la batterie centrale. — Tableau multiple pour système à batterie centrale. — Ligne d'intercommunication. — Système multiple divisé. — Systèmes à postes embrochés. — Téléphone automatique Strowger. — Téléphone semi-automatique Faller. — Taxes téléphoniques. — Appareils pour conversations taxées et à prépaiments. — Appareils de téléphonie de la Vought-Berger C^ie^. — Générateurs à courant continu et à courants alternatifs. — Dynamoteurs et moteurs-générateurs Holtzer-Cabot. — Inverseur Warner. — Appareils de protection. — Bobines de self-induction de Pupin-Siemens et Halske. — Sonneries électriques Woittequand-Sablon. — Sonneries polarisées..... 550

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CLASSE 445

Lignes téléphoniques. — Appareils divers de transmission.

Câbles téléphoniques de la Société Industrielle des Téléphones. — Développement du réseau téléphonique de New-York. — Construction des lignes. — Câbles souterrains. — Installations de signaux pour puits de mines, système Siemens et Halske. — Horloge électrique de la Synchronome Times C°..... 578

Groupe 71

APPLICATIONS DIVERSES DE L'ÉLECTRICITÉ

CLASSES 446 à 451

Instruments de mesure.

Appareils électromagnétiques et électrodynamiques. — Instruments de précision Westinghouse. — Appareils apériodiques Chauvin et Arnoux. — Voltmètres et ampèremètres électromagnétiques amortis Chauvin et Arnoux. — Voltmètres et ampèremètres de la série demi-précision Chauvin et Arnoux. — Appareils Jules Richard. — Voltmètres et ampèremètres système électromagnétique amorti pour courant alternatif de la Compagnie des Compteurs. — Appareils industriels de mesure système Meylan-d'Arsonval à courant continu. — Appareils de mesure système Caron de la Société Industrielle des Téléphones. — Instruments de mesure de la Société Gramme, système Javaux. — Appareils portatifs Weston. — Appareils de tableau Weston. — Ampèremètres et voltmètres universels à fer mobile Everett-Edgcumbe. — Instruments de mesure Westinghouse. — Instruments de tableau Westinghouse. — Ampèremètres et voltmètres Olivetti. — Appareils Hartmann et Braun. — Galvanomètres apériodiques jumelés pour automobiles électriques Chauvin et Arnoux. — Appareils divers de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs..... 586

Appareils thermiques. — Voltmètres et ampèremètres calorifiques de Contrôle à sensibilité variable pour courants alternatifs Chauvin et Arnoux. — Voltmètres et ampèremètres thermiques de la Compagnie des Compteurs. — Voltmètres thermiques Richard. — Ampèremètres et voltmètres de profil, caloriques apériodiques Hartmann et Braun. — Ampèremètres et voltmètres thermiques mod. H. A. Z., H. A. Z, I. Olivetti. — Appareils de mesure à fil chaud Withney. — Ampère-manomètre Franz Hugershoff, Leipzig, d'après G. Bredig et O. Hahn. — Appareils Ferraris, de Siemens et Halske. — Ampèremètre astatique Thomson..... 602

Wattmètres. — Compagnie pour la fabrication des Compteurs. — Wattmètre portatif Westinghouse. — Wattmètres pour circuits triphasés non équilibrés Elliott Brothers. — Wattmètre Everett-Edgcumbe. — Wattmètre pour l'essai des lampes Everett-Edgcumbe..... 611

Électromètres. — Électromètres apériodiques pour hautes tensions, Chauvin et Arnoux. — Voltmètres électrostatiques Hartmann et Braun. — Électromètre d'après Bruno Kolbe, Max Kohl. — Électromètre de Breggon, Siemens et Halske. — Électromètre Muirhead et C°. — Commutateur de voltmètre de la Minerallac C°..... 616

Oscillographes et ondographes. — Oscillographes Blondel. — Oscillographe Duddell. — Oscillographe double Wenhelt, Max Kohl. — Oscillographe Siemens et Halske. — Ondographe Hospitalier, de la Compagnie des Compteurs..... 620

Appareils enregistreurs. — Enregistreurs Jules Richard. — Enregistreurs Chauvin et Arnoux. Appareils enregistreurs de tableau de la Compagnie des Compteurs. — Appareils enregistreurs Elliott-Brothers. — Enregistreur synchronisé sans articulation Everett-Edgcumbe. — Enregistreurs Siemens et Halske. — Enregistreurs Hartmann et Braun. — Indicateur-enregistreur des maxima de débits et des court-circuits Hartmann et Braun. — Enregistreurs à relais Olivetti. — Wattmètre à relais Olivetti. — Kilowattmètre-enregistreur triphasé système Arconi..... 627

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Compteurs. — Exposition de la Compagnie des Compteurs et Matériel d'Usines à gaz. — Compteur d'énergie Gramme. — Compteur d'énergie Aron. — Compteur-intégrateur Diamond. — Compagnie Anonyme Continentale pour la fabrication des Compteurs. — Nouveau compteur Thomson à couple élevé pour courants alternatifs. — Compteurs pour courants alternatifs Westinghouse..... 642

Perméamètres. — Flux-mètres. — Appareil pour l'essai de fers, Siemens et Halske. Perméamètre du Professeur Hopkinson. — Perméamètre du Dr Drysdale, Nalder Brothers. — Appareil pour l'essai des fers de Hartmann et Braun. — Appareil pour la mesure des champs magnétiques Hartmann et Braun. — Flux-mètre Grassot, de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs. — Balance magnétique de Dubois, Siemens et Halske..... 659

Ohmmètres et appareils pour la mesure directe des résistances d'isolement et la localisation des défauts. — Ohmmètre type Sage, Wesco-Supply C°. — Voltmètre-ohmètre Chauvin et Arnoux. — Ohmmètre à lecture directe Everett-Edgcumbe. — Ohmmètre à cadran spécial pour la mesure des faibles résistances. — Appareils pour le contrôle des compteurs électriques de la Fort Wayne Electric Works..... 662

Fréquencemètres et indicateurs de phase. — Fréquencemètre électro-acoustique Hartmann et Braun. — Indicateur de phase avec lampes Siemens et Halske. — Phasemètre Hartmann et Braun. — Indicateur de synchronisme. — Synchroniseur tournant Everett-Edgcumbe. — Indicateur de facteur de puissance portatif Westinghouse. — Indicateur de facteur de puissance pour circuit triphasé Everett-Edgcumbe. — Indicateur de terre triphasé Westinghouse..... 666

Pyromètres. — Pyromètres thermo-électriques Hartmann et Braun. — Appareils divers électrothermiques. — Four électrique de laboratoire. — Appareils pyrométriques Siemens et Halske. 672

Appareils pour la mesure des coefficients de self-induction. — Appareil Siemens et Halske pour la mesure des coefficients de self-induction..... 673

Boîtes de résistances. — Boîte à pont Whitney. — Pont de N. C. S. Carey-Foster. — Appareils de la Maison Siemens et Halske. — Pont cylindrique de Wheatstone, d'après Ruhstrat. — Groupe double d'essai Nalder Brothers. — Pont à lecture directe pour la localisation des défauts. — Potentiomètre universel Nalder Brothers. — Potentiomètre Crompton et C°. — Appareil pour l'essai des connexions électriques des rails Whitney Electrical Instrument C°. — Appareil pour l'essai des joints des rails Hartmann et Braun. — Appareil à compensation pour la mesure des résistances Hartmann et Braun. — Appareil pour la mesure de la conductibilité électrique des liquides de Kohlraush Ostwald. — Rhéostats Crompton et C°. — Rhéostat universel de Ruhstrat.. 675

Galvanomètres. — Galvanomètre universel Siemens et Halske. — Galvanomètre à bouclier de Dubois et Rubens, Siemens et Halske. — Galvanomètre à suspension élastique pour mesures directes ou pour méthodes de réduction à zéro. — Galvanomètre d'Arsonval « Century » Elliott Brothers. — Galvanomètre Crompton and C°. — Galvanomètre astatique à miroir, d'après Dubois et Rubens, Max Kohl. — Galvanomètre à miroir, d'après Viedemann, Max Kohl. — Galvanoscope Rhustrat. — Galvanomètre à index lumineux de Hartmann et Braun. — Galvanomètre astatique à miroir Leppin et Masche de Berlin. — Support de lampe avec échelle transparente fixée au mur Nalder Brothers..... 684

Appareils de sécurité permettant de reconnaître si les câbles sont en charge. — Indicateur de poche permettant de voir si un câble est chargé (Minerallac C°). — Électroscope de la Minerallac C°. — Pince à ressort système Dietz pour la recherche des défauts d'isolement et la mesure de l'intensité des courants alternatifs, Hartmann et Braun..... 690

Ondes électromagnétiques. — Appareils Hartmann et Braun. — Appareils de Max Kohl pour la démonstration des ondes électriques. — Interrupteur tournant, Max Kohl. — Résonateur d'après Helmholtz, Max Kohl. — Vêtement protecteur contre les rayons X, Max Kohl..... 693

Radioscopie. — Exposition Richard-Müller-Uri. — Exposition de la Maison Emil Gundelach... 699

Laboratoires. — Laboratoire du Bureau des Étalons à l'Exposition. — Bureau de Contrôle des Installations Électriques de Paris..... 701

Paris. — Imp. E. Capiomont et C°, rue de Seine, 57.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires