

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 n° 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](mailto: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 universelle. 1889. Paris
Auteur(s) secondaire(s)	Fontaine, Hippolyte (1833-1910)
Titre	Éclairage électrique : monographie des travaux executés par le Syndicat international des Électriciens
Adresse	Paris : Baudry et Cie ; 1890
Collation	1 vol. (200 p.-29 f. de pl.) : ill. ; 32 cm
Nombre de vues	236
Cote	CNAM-BIB 4 Xae 40
Sujet(s)	Exposition internationale (1889 ; Paris) ; Électricité -- 1870-1914 ; Éclairage -- 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/046307141
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?4XAE40

200 444
EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

MONOGRAPHIE DES TRAVAUX EXÉCUTÉS

PAR

LE SYNDICAT INTERNATIONAL DES ÉLECTRICIENS

PAR

HIPPOLYTE FONTAINE

29 PLANCHES TIRÉES À PART ET 32 GRAVURES DANS LE TEXTE

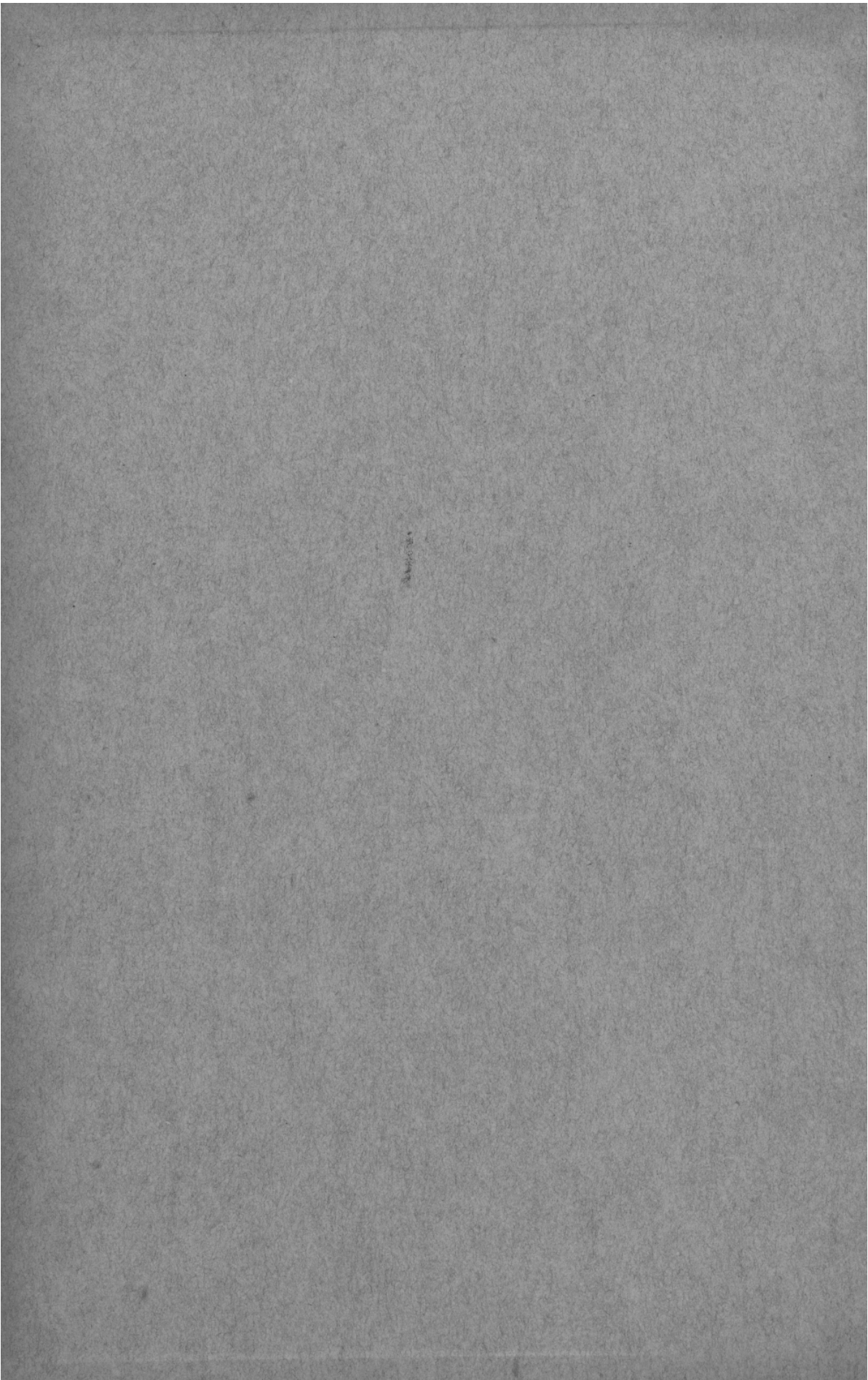
PARIS

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE BAUDRY ET C^{ie}, ÉDITEURS

15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

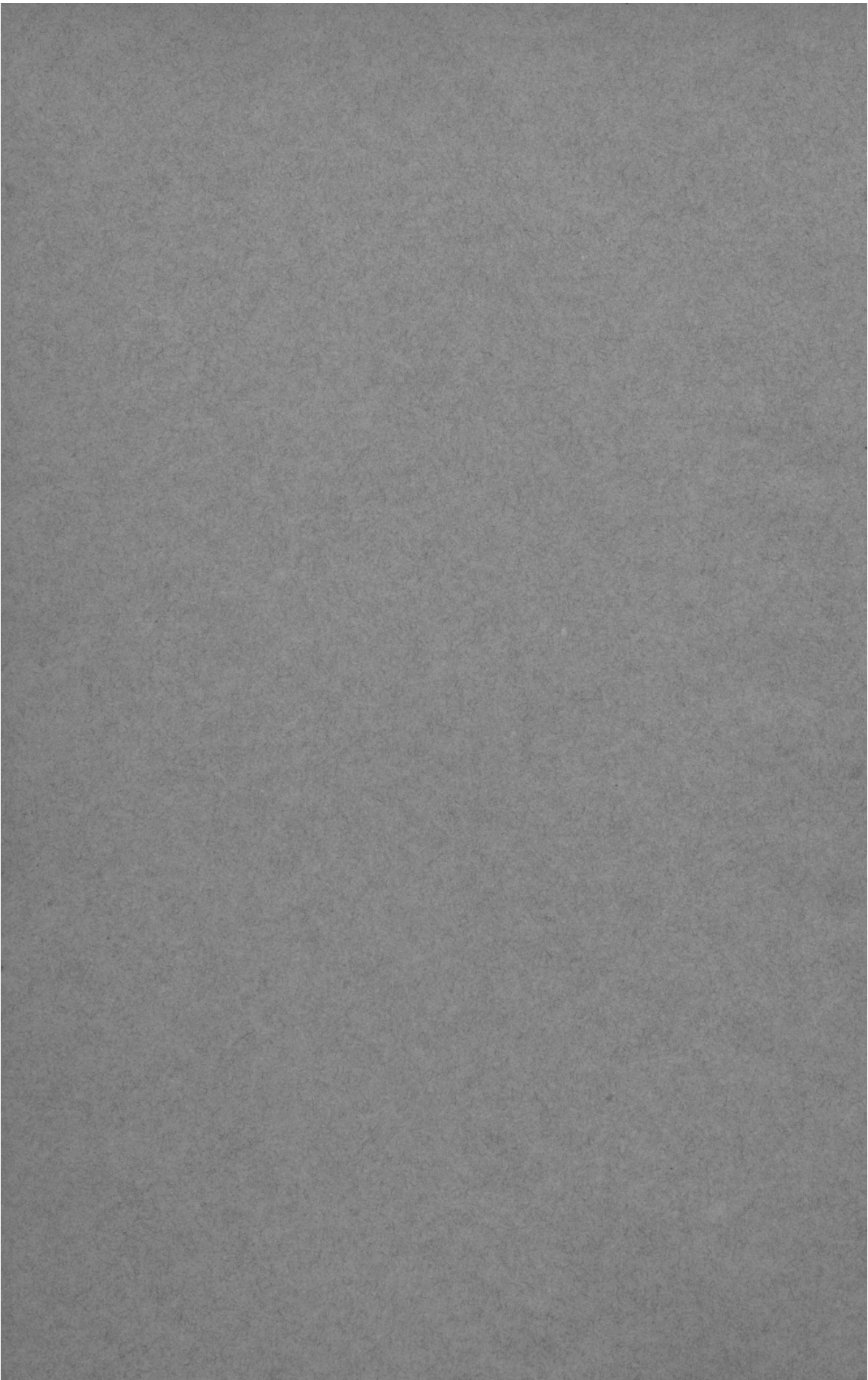
MAISON À LIEGE, RUE DES DOMINICAINS, 7

1890



Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires

offert par l'auteur



Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE



4° 44 . 4° Xae 40

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

MONOGRAPHIE DES TRAVAUX EXECUTÉS

PAR

LE SYNDICAT INTERNATIONAL DES ÉLECTRICIENS

PAR

HIPPOLYTE FONTAINE



29 PLANCHES TIRÉES A PART ET 32 GRAVURES DANS LE TEXTE

PARIS

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE BAUDRY ET C^{IE}, ÉDITEURS

45, RUE DES SAINTS-PÈRES, 45

MAISON A LIÈGE, RUE DES DOMINICAINS, 7

—
1890

Paris, 15 mars 1890.

A Monsieur E. Mascart, de l'Institut.

CHER MONSIEUR,

En vous dédiant cet ouvrage, je désire vous donner un témoignage de ma profonde affection et reconnaître, dans la mesure du possible, au nom des constructeurs électriciens, les grands services que vous avez rendus à la science électrique et aux industries qui s'y rattachent, pendant l'année du centenaire national.

Vous étiez, en effet, l'année dernière :

Président de la Société française de physique ;

Président de la grande Commission technique d'électricité ;

Président du Comité d'organisation du Congrès ;

Président de la Commission du Laboratoire central d'électricité ;

Président du Jury des récompenses de la classe 62 ;

Président du Congrès international des électriciens, etc., etc. ;

Et vous avez rempli ces multiples fonctions, toutes dues à l'élection, avec une autorité, une aménité et un zèle unanimement admirés, qui vous ont acquis de nouveaux titres à la reconnaissance de tous les électriciens.

C'était donc un devoir, pour le Président du Syndicat, d'inscrire votre nom sur la première page d'un livre entièrement consacré à l'éclairage électrique de l'Exposition universelle de 1889.

Veuillez agréer, cher Monsieur, l'assurance de mes sentiments bien sincèrement dévoués.

HIPPOLYTE FONTAINE.

AVANT-PROPOS

L'Exposition universelle de 1889 possédait la plus grande installation connue d'éclairage électrique. Une force motrice de 4000 chevaux, transformée en lumière, alimentait chaque soir plus de 14500 foyers dont l'intensité individuelle allait de 4 bougies jusqu'à 2000 carcels. Les fontaines lumineuses absorbaient un courant qui aurait été capable d'éclairer *à giorno* tous les grands boulevards de Paris. Le palais des Machines recevait plus du double de lumière que n'en possède l'ensemble des voies publiques de la Capitale. Les massifs des jardins et les pelouses elles-mêmes étaient brillamment illuminés par des milliers de lampes à incandescence. Comme tous les autres services de l'Exposition, l'éclairage avait donc une importance de premier ordre et méritait de fixer vivement l'attention des personnes compétentes.

Tous les principaux systèmes de machines et de chaudières à vapeur, tous les types industriels de dynamos et de brûleurs étaient représentés dans cette immense installation qui possédait un grand nombre d'appareils originaux.

Durant six mois, le public a pu ainsi se rendre compte des progrès réalisés depuis 1881 dans l'éclairage à arc et à incandescence, et comparer entre eux les différents modes de production et d'utilisation en lumière des courants électriques. En 1881, il assistait aux débuts d'une nouvelle science appliquée; en 1889, il en constatait l'entier développement et les innombrables ressources.

Le Conseil d'administration du Syndicat, chargé de mener à bonne fin cette vaste entreprise, a pensé qu'une œuvre collective aussi importante ne devait pas disparaître sans laisser une trace de son éphémère mais splendide existence, et il m'a prié de préparer une note détaillée sur les travaux de tous les participants.

En acceptant cette mission, je ne me suis pas dissimulé les difficultés qu'elle présentait : passer en revue une foule d'appareils, sans louer ni blâmer aucun constructeur ; supprimer, d'un récit souvent aride, les réflexions personnelles qui pourraient seules le faire lire sans fatigue ; n'oublier rien de ce qui était neuf et intéressant ; passer sous silence, à dessein, tout ce qui ne donnait pas de bons résultats ; en un mot, faire une monographie qui pût donner une juste idée du travail d'ensemble sans blesser aucune susceptibilité, ce n'était pas, en effet, chose facile à réaliser.

Je me hâte de dire que, malgré les bonnes résolutions qui m'animait, il ne m'a pas été possible de rester toujours dans le ton purement descriptif et impersonnel dont je viens de parler : j'ai souvent donné mon avis sur les appareils employés et sur leur fonctionnement ; mais mes appréciations ont presque toujours été favorables, et leur absolue sincérité, lorsque par hasard elles se sont trouvées un peu défavorables, doit en faire facilement pardonner les légères critiques.

Rien de plus simple que la marche suivie dans l'exposé des faits : un rapide historique de la formation du Syndicat et de son rôle, l'énumération de toutes les parties de l'entreprise, l'examen des installations de chaque électricien, et, comme conclusion, la valeur de l'intensité lumineuse obtenue dans les divers emplacements éclairés.

Les renseignements que j'ai donnés sur les rendements électriques et les rendements industriels de quelques dynamos, sur les poids des machines, sur les nombres de watts par kilogramme de cuivre employé dans les induits et les inducteurs, sur la puissance maximum des appareils électriques ou mécaniques, etc., m'ont été communiqués par les membres du Syndicat : il ne m'a pas été possible de contrôler ces chiffres, et je ne saurais, par suite, en garantir l'exactitude. Je puis néanmoins dire qu'en général ils ne m'ont point paru exagérés, sauf toutefois quelques rendements de dynamos, auxquels il y aurait peut-être lieu d'opérer de petites réductions.

Il est à peine besoin de faire remarquer que les intensités lumineuses

indiquées dans les tableaux de répartition ou dans l'analyse des expériences de photométrie sont loin d'être rigoureuses. Il n'existe encore aucun moyen d'obtenir avec précision des mesures d'éclairage ou d'éclairement, mais les photomètres Mascart et Weber que les expérimentateurs ont employés donnent des approximations suffisantes en pratique, et peuvent, en tout cas, servir à comparer les lumières répandues dans les divers emplacements. C'est là le point essentiel.

Les 29 planches qui accompagnent le texte ont été établies avec grand soin; elles constituent, bien certainement, la partie la plus intéressante de l'ouvrage.

Les documents contenus dans le dernier chapitre ont également une valeur particulière, en ce sens qu'ils pourront servir de base ou tout au moins de guide pour la formation de Syndicats futurs.

Les fontaines lumineuses n'ont eu qu'un rapport assez indirect avec l'éclairage électrique proprement dit de l'Exposition (le rôle du Syndicat, à leur égard, s'est en effet borné à la fourniture du courant et à celle de certains accessoires). J'en avais, pour cette cause, parlé assez brièvement; mais M. de Bovet, directeur du Syndicat, ayant préparé une notice complète sur leur fonctionnement, j'ai supprimé ma propre rédaction et inséré la sienne, de sorte que le chapitre VII est entièrement écrit par lui.

En relisant les épreuves, il me semble que deux reproches peuvent surtout être adressés à la monographie que je présente au nom de mes collègues du Conseil et de mes confrères du Syndicat : *elle vient un peu tard et elle est incomplète.*

Je tiens, pour mon compte personnel, à me justifier de ces deux critiques, et à montrer que j'ai fait tout le possible pour éviter qu'elles pussent être faites.

La décision du Conseil a été prise en août 1889, alors que le succès de l'Exposition battait son plein et que nous étions tous absorbés par des occupations urgentes et multiples : opérations du Jury des récompenses, surveillance des installations électriques du Champ-de-Mars ou des Invalides, expériences diverses, travaux extérieurs, etc. Chacun remettait l'envoi de notes et de renseignements à une époque ultérieure, de sorte qu'au 6 novembre, quand le rideau tomba pour la dernière fois sur cette brillante et solennelle manifestation de l'art et de l'industrie, je ne possédais qu'un très petit nombre de documents utiles à la rédaction de

la monographie. J'envoyai lettre sur lettre aux membres du Syndicat pour obtenir des renseignements exacts sur le matériel électrique et mécanique qu'ils avaient exposé. Les réponses m'arrivèrent lentement, très lentement ou pas du tout. Beaucoup d'adhérents avaient perfectionné leurs appareils depuis un an (les progrès en électricité vont vite) et ne désiraient pas faire connaître les types qu'ils ne fabriquaient déjà plus; d'autres, insuffisamment protégés par des brevets, ne voulaient pas livrer à la publicité des détails trop explicites sur leur fabrication; d'autres, au contraire, ne voulaient m'envoyer que des dessins cotés et tout à fait complets, assez longs à préparer. Ce n'est guère avant le 15 janvier 1890 que j'ai pu commencer mon travail de classement et de rédaction. J'étais loin de posséder l'ensemble des documents que j'avais demandés, mais j'avais acquis la conviction que je ne les aurais jamais tous et j'aimais mieux faire une monographie incomplète que de n'en faire aucune.

Les opérations financières, qui ont été la conséquence des travaux du Syndicat, ne présentent qu'un intérêt secondaire dans une monographie technologique; elles ne sont d'ailleurs pas encore terminées et ne le seront vraisemblablement pas avant la fin de l'année actuelle. Il ne m'a donc pas paru utile de leur consacrer un chapitre spécial; mais il est indispensable de les résumer ici brièvement, afin d'en conserver le souvenir parmi les participants.

Chaque part de 10 chevaux a donné lieu à un versement de 1 000 francs et à une recette qui s'élèvera très approximativement à 5 900 francs. A la clôture des opérations, les adhérents auront donc reçu une somme nette d'environ 4 900 francs pour l'installation et le fonctionnement d'un matériel électrique et mécanique correspondant à 10 arcs de 8 ampères ou à 140 lampes de 10 bougies. Ceux d'entre eux qui avaient souscrit un grand nombre de parts et qui ont bien conduit leur entreprise partielle, ont dû réaliser un bénéfice satisfaisant. Ceux qui, au contraire, avaient souscrit un petit nombre de parts ou qui ont rencontré quelques difficultés imprévues et onéreuses en cours de montage ou d'exploitation ne recevront pas autant qu'ils ont dépensé.

Considérée dans son ensemble, l'entreprise du Syndicat a été suffisamment rémunératrice, moins cependant qu'elle n'aurait dû l'être, étant donné le grand succès des soirées de l'Exposition et l'aléa auquel

s'étaient volontairement soumis les électriciens au début des pourparlers avec l'Administration supérieure.

A mon avis, les futures expositions universelles seront éclairées le soir dans toutes leurs parties (il ne sera pas possible de priver les trois quarts des exposants, comme on l'a fait en 1889, du supplément de visiteurs que procure la lumière électrique). Mais l'éclairage ne sera pas réalisé par un syndicat où chaque membre prend la responsabilité entière de l'œuvre, encore moins par un groupe d'industriels faisant tous les frais, sans avoir la certitude de les recouvrer entièrement. Les électriciens ont fait leurs preuves et méritent enfin d'être traités sur le même pied que les autres entrepreneurs. L'éclairage des divers emplacements sera donc mis en adjudication, comme les constructions elles-mêmes, la menuiserie, la charpente, la serrurerie, la peinture, etc., etc. Il n'y a aucune raison pour nous soumettre à un régime exceptionnel, alors que chacun de nous peut garantir la marche régulière des appareils qui lui seront adjugés. Les syndicats conviennent surtout au début des industries pour en faire connaître les aspects divers et les qualités essentielles : en 1881, les électriciens ne pouvaient guère espérer faire une belle exposition sans grouper leurs efforts ; en 1889, il était déjà devenu très difficile de réunir en un seul faisceau toutes les grandes sociétés d'électricité ; plus tard, cela sera matériellement impossible, les intérêts en jeu étant devenus beaucoup trop considérables.

Ces explications données, il me reste à remercier les électriciens de France et de l'étranger qui, ayant adhéré aux statuts du Syndicat, ont participé à ses travaux, et tout le personnel de l'entreprise (MM. de Bovet, Picou et Révérend, en tête) pour son concours zélé et son absolu dévouement pendant les périodes de préparation et de fonctionnement de l'éclairage.

J'adresse aussi de vifs remerciements à mes amis MM. Lemonnier, Rau et Fabry, membres du Conseil d'administration, pour la grande preuve de confiance et de sympathie qu'ils m'ont donnée en me nommant Président du Syndicat avant même que les pourparlers fussent engagés avec le Ministre de l'Industrie et du Commerce. J'ai été très heureux de les avoir pour collaborateurs pendant les trois années qui viennent de s'écouler ; et je constate avec plaisir que le plus parfait accord n'a jamais cessé de régner entre nous ; que toutes les décisions du Conseil ont été prises à

l'unanimité et que c'est surtout grâce à cette entente cordiale qui ne s'est jamais démentie, que l'œuvre du Syndicat a pu être menée à bonne fin.

Enfin, au nom du Syndicat tout entier, j'exprime à MM. Alphant, Berger et Grison, directeurs généraux de l'Exposition, toute notre reconnaissance pour l'extrême bienveillance dont ils ont toujours fait preuve à notre égard.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
AVANT-PROPOS.	7

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE

Organisation générale de l'Exposition.	21
Premiers Pourparlers relatifs à l'Éclairage	22
Propositions faites par les Électriciens.	23
Examen de ces Propositions par les Commissions compétentes	26
Intervention du Conseil d'État.	27
Constitution du Syndicat.	28
Statuts du Syndicat.	28
Premier Traité avec le Ministre.	29
Cahier des Charges annexé au Traité.	30
Étude du Projet définitif	30
Organisation du Personnel du Syndicat.	31
Demandes de Souscription	32
Liste des Adhérents au Syndicat.	32
Première Assemblée générale des Membres du Syndicat.	33
Commencement des Travaux d'Installation du Syndicat.	34
Nouvelle Organisation financière de l'Exposition.	35
Modifications apportées aux Conventions.	35
Deuxième Traité avec le Ministre	36
Conséquences de ce Traité sur les Installations électriques.	37

CHAPITRE II

ENTREPRISE

§ 1. — Éclairage public

	Pages.
Ensemble de l'Éclairage public	39
Éclairage du Palais des Machines.	40
Éclairage de la Galerie de 30 Mètres.	43
Éclairage du Dôme central	44
Éclairage des Galeries Rapp et Desaix.	45
Éclairage des Bâtiments divers.	45
Éclairage du Jardin supérieur.	46
Éclairage du Jardin central.	46
Éclairage du Jardin inférieur.	47
Éclairage des Bords de la Seine.	47
Éclairage des Cours diverses	48
Importance de l'Éclairage public.	48

§ 2. — Éclairage privé

Considérations sur les Contrats du Syndicat avec l'État.	49
Tarif sur l'Éclairage des Lampes et la Fourniture de la Force motrice.	49
Polices d'Abonnement	50
Liste des Abonnés.	51
Éclairage du Palais des Produits alimentaires.	54
Éclairage de l'Esplanade des Invalides	56
Éclairage des Travaux de l'Exposition	57
Éclairage du 1 ^{er} Banquet des Maires (14 juillet 1888).	57
Importance de l'Éclairage privé.	58
Récapitulation générale de l'Entreprise	58

CHAPITRE III

STATIONS CENTRALES

Production de la Force motrice.	59
Station Gramme. — Dispositions générales.	61
Matériel électrique de cette Station.	61
Matériel mécanique de cette Station.	65
Station Edison. — Dispositions générales.	68

TABLE DES MATIÈRES.

13

Pages.

Matériel électrique de cette Station	70
Matériel mécanique de cette Station.	72
Station de la Société <i>l'Éclairage électrique</i> . — Dispositions générales	74
Matériel électrique de cette Station	75
Matériel mécanique de cette Station.	78
Station de la Société anonyme pour la Transmission de la Force par l'Électricité. — Dispositions générales.	80
Matériel électrique de cette Station	80
Matériel mécanique de cette Station.	83
Station Steinlen et C ^{ie} . — Dispositions générales	84
Matériel électrique de cette Station	84
Matériel mécanique de cette Station.	86
Stations du Syndicat. — Dispositions générales.	87
Installation de la Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée.	88
Installation de M. Borssat	89
Installation de la Société française de matériel agricole	91
Installation de M. Garnot.	92
Chaudière De Naeyer.	92
Chaudière Pressard	93
Chaudière Durenne	93
Chaudière Terme et Deharbe	95
Chaudière Roser	95
Chaudière Montupet.	96
Chaudière Lacroix.	97
Chaudière Archambault et Soucaille.	97
Installation de M. Pieper à la station du Syndicat de la Berge.	97
Installation de la Compagnie électrique à la Station du Syndicat de la Berge.	98
Batteries d'Accumulateurs de cette Installation	99
Station de M. Garnot à l'Esplanade des Invalides	99
Matériel électrique de cette Station	99
Matériel mécanique de cette Station.	100
Station de la Compagnie électrique à l'Esplanade des Invalides.	100
Matériel électrique et mécanique de cette Station.	100
Consommation de charbon.	101

CHAPITRE IV

POSTES D'ÉLECTRICITÉ

Emplacements des Postes d'Électricité	103
Installation de MM. Sautter-Lemonnier et C ^{ie}	103
Installation de MM. Crompton et C ^{ie}	103
Installation de MM. Alioth et C ^{ie}	108
Installation des ateliers d'Oerlikon.	110
Installation de M. Jaspar	112
Installation de M. Dulait	114

	Pages.
Installation de la Compagnie électrique.	114
Installation de M. Mildé	116
Installation de la Société belge pour l'Éclairage et la Transmission électriques à longue distance.	120
Installation de M. Fabius Henrion.	120
Installation de MM. Latimer Clark, Muirhead et C ^{ie}	121
Installation de M. Popp.	123
Installation de M. Cance	123
Poste de la Compagnie électrique dans le Pavillon Geneste et Herscher (Esplanade des Invalides).	125
Locomobiles de la Société l'Éclairage électrique.	125
Installation du Restaurant de France au Trocadéro.	125
Ensemble du Matériel électrique et mécanique.	126
Moteurs à gaz.	127

CHAPITRE V

BRULEURS

Classification des Brûleurs.	129
Suspension des Lustres Gramme.	130
Suspension des Régulateurs Jaspar.	131
Suspension des Lustres de la Galerie Desaix.	132
Suspension Borssat.	132
Suspension Crompton.	133
Suspension Cance.	134
Mât Dulait.	135
Transformateurs appliqués à la bougie Jablochkoff.	135
Description du Régulateur Alioth.	136
Description du Régulateur Borssat.	137
Description du Régulateur Brown.	139
Description du Régulateur Doubrava (montage en tension).	140
Description du Régulateur Doubrava (montage en dérivation).	143
Considérations générales sur les Régulateurs employés à l'Exposition.	145

CHAPITRE VI

INTENSITÉS LUMINEUSES

Quantité de lumière demandée.	147
Intensité prévue dans le Projet du Syndicat.	148
Relation entre l'Énergie et l'Intensité lumineuse.	148
Mesures photométriques prises dans le Palais des Machines.	149
Mesures photométriques prises dans la Galerie de 30 Mètres.	151

TABLE DES MATIÈRES.

	17
	Pages.
Mesures photométriques prises dans les Galeries Rapp et Desaix.	151
Intensité de l'Éclairage dans les jardins.	152
Éclairage des Emplacements divers.	152
Comparaison de l'Éclairage de l'Exposition avec celui des voies publiques.	153
Résumé.	153

CHAPITRE VII

FONTAINES LUMINEUSES

Dispositions générales des Fontaines.	155
Lampes et Projecteurs.	156
Éclairement des Jets verticaux.	158
Éclairement des Jets paraboliques.	158
Installation des Fontaines.	160
Fontaine française.	160
Fontaine anglaise.	161
Manœuvre des Verres de couleur.	163
Considérations sur le fonctionnement des Fontaines lumineuses.	166
Origines des Fontaines lumineuses.	167

CHAPITRE VIII

DOCUMENTS DIVERS

Premier Contrat pour l'Éclairage public.	170
Cahier des charges annexé à ce Contrat.	171
Statuts du Syndicat international des Électriciens.	176
Lettre adressée aux Électriciens par les fondateurs du Syndicat.	182
Devis primitif pour l'Éclairage public.	183
Mesures d'intérêt général concernant l'éclairage public et privé.	184
Règlement pour l'Installation et la Pose des conducteurs.	186
Règlement relatif à l'Éclairage privé et à la fourniture de courants.	187
Répartition des Emplacements à éclairer.	190
Deuxième Contrat pour l'éclairage public.	192
Polices d'Abonnement pour l'éclairage privé.	195
Communication de M. Colladon à l'Académie des Sciences.	199

TABLE DES PLANCHES

	Numéros des planches.
Ensemble de l'Éclairage de l'Exposition	1
Ensemble de l'Éclairage du Champ-de-Mars et du Palais des Machines	2
Éclairage du Palais des Machines	3
Éclairage de l'Esplanade des Invalides	4
Station Gramme	5
Tableau de distribution de la Station Gramme	6
Station Edison	7
Inverseurs de courant et Rhéostats de champ de la Station Edison	8
Station de la Société <i>l'Éclairage électrique</i>	9
Tableau de distribution de cette Station	10
Station de la Société <i>pour la transmission de la force par l'électricité</i>	11
Tableau de distribution de cette Station	12
Machine Marcel Deprez	13
Station du Syndicat international des Électriciens	14
Installation de la Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée	15
Installation de M. Borssat	16
Station de MM. Steinlen et C ^{ie}	17
Dynamo de MM. Steinlen et C ^{ie}	18
Installation de MM. Sautter-Lemonnier et C ^{ie}	19
Tableau de distribution de cette Installation	20
Installation de MM. Jaspar et Dulait	21
Fontaines lumineuses	22
Chaudières de la Station du Syndicat international des Électriciens	23
Chaudières de la Station du Syndicat international des Électriciens	24
Chaudières Davey Paxman et Chargeurs automatiques Godillot (station Gramme)	25
Machine américaine dite <i>Straight line</i> (station Steinlen et C ^{ie})	26
Machine Davey Paxman (station Gramme)	27
Machine Weyher et Richemond (station Edison)	28
Machine Lecouteux et Garnier (station de la Société <i>l'Éclairage électrique</i>)	29

TABLE DES GRAVURES

	Pages
1. — Station de la Société Gramme.	62
2. — Dynamo Gramme de 900 ampères.	64
3. — Dynamo Edison de 800 ampères.	69
4. — Dynamo Rechniewski.	76
5. — Dynamo Marcel Deprez.	81
6. — Induit des Dynamos Pieper.	98
7. — Installation de MM. Crompton et C ^{ie}	106
8. — Dynamo Helvetia.	108
9. — Enroulement de l'induit des Dynamos Helvetia.	109
10. — Dynamo Brown.	110
11. — Machine pilon des Ateliers d'Öerlikon.	112
12. — Dynamo Dulait.	114
13. — Installation de la Compagnie électrique (ensemble).	115
13 bis. — Installation de la Compagnie électrique (détails).	117
14. — Régulateur de courant Clerc pour courants alternatifs.	119
15. — Dynamo Fabius Henrion.	121
16. — Tableau de Distribution (système Cance).	123
17. — Rhéostat Cance.	124
18. — Suspension des Lustres Gramme.	131
19. — Suspension des Régulateurs Jaspar.	131
20. — Suspension des Lustres de la Galerie Desaix.	132
21. — Suspension Borssat.	133
22. — Suspension Crompton.	133
23. — Suspension Cance.	133
24. — Mât Dulait.	135
25. — Régulateur Alioth.	136
26. — Régulateur Borssat.	138
27. — Régulateur Brown.	139
28. — Régulateur Doubrava (principe).	141
29. — Régulateur Doubrava (montage en tension).	143
30. — Régulateur et Projecteur Sautter-Lemonnier.	157
31. — Manœuvre des Verres colorés sous les Fontaines lumineuses.	165

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE

L'Exposition universelle de 1889, décrétée le 8 novembre 1884, n'entra dans sa véritable période active qu'à la fin d'avril 1886, quand le projet d'organisation générale préparé par M. Lockroy, ministre du Commerce et de l'Industrie, fut voté par les Chambres.

Ce projet réglait plus particulièrement l'organisation financière de l'Exposition, dont la dépense totale était estimée à 43 millions, savoir :

Administration	3 350 000	francs.
Travaux	29 650 000	—
Exploitation	5 000 000	—
Réserve pour l'Esplanade des Invalides, le quai d'Orsay et l'histoire de l'habitation	2 000 000	—
Réserve générale	3 000 000	—
TOTAL	43 000 000	—

Les recettes étaient évaluées à 18 millions : 14 500 000 francs pour les entrées, 1 million pour les diverses concessions et 2 500 000 francs pour la revente des bâtiments et des matériaux.

Pour solder la différence entre les dépenses et les recettes, l'État donnait 17 millions et la Ville de Paris 8 millions.

Afin d'enlever à l'État tout mécompte lors de la liquidation des comptes, M. Lockroy avait imaginé de demander aux industriels français

de former entre eux une Société garantissant un minimum de 18 millions de recettes et renonçant à ses bénéfices une fois son capital remboursé. Cette Société, librement constituée par des souscriptions privées et placée sous la haute direction du Crédit Foncier, donna immédiatement à la future Exposition un appui moral des plus précieux.

Une Commission fut chargée du contrôle des dépenses et par suite de l'examen de tous les projets relatifs à l'Exposition. Elle se composait de 43 membres, 1 par million; l'État nomma 17 membres, la Ville de Paris 8 et la Société de garantie 18.

Rien dans toute cette combinaison, rien dans les projets de construction soumis aux délibérations des 43, qui fût relatif à l'ouverture du soir de l'Exposition. On pensait ouvrir les portes à 8 heures du matin et les fermer, au plus tard, à 6 heures du soir.

L'organisation administrative suivit de près l'organisation financière : un décret présidentiel du 22 juillet 1886 nommait, en effet, le Ministre du Commerce et de l'Industrie, commissaire général de l'Exposition; M. Alphand, directeur général des travaux; M. Georges Berger, directeur général de l'exploitation, et M. Grison, directeur général des finances.

Les directeurs généraux constituèrent immédiatement leur personnel et les travaux entrèrent dans leur période d'exécution.

Voyant que décidément on ne s'occupait pas d'éclairage et craignant qu'une fois les bâtiments définitivement arrêtés et adjugés, il ne fût plus possible d'en modifier certaines dispositions pour pouvoir y placer des grands foyers électriques, j'avais fait, dès le 10 mai 1886, une démarche personnelle auprès du Ministre pour lui offrir de constituer un Syndicat chargé d'éclairer l'Exposition. M. Lockroy me fit bon accueil, écouta ma proposition avec bienveillance et finalement me promit de l'examiner *en temps utile*.

Deux mois et demi plus tard, dès que la constitution des Directions générales fut connue, M. Rau, administrateur délégué de la Compagnie Continentale Edison, et moi, renouvelâmes la même démarche auprès de M. Alphand. M. le Directeur des travaux, avec la netteté et la précision qui le caractérisent, nous répondit qu'il était, en effet, possible d'ouvrir les portes au public le soir pour visiter certaines parties de l'Exposition, mais que tous les fonds mis à sa disposition avaient déjà une affectation spéciale et qu'il doutait que la réserve pût être fortement entamée pour l'installation d'appareils électriques; qu'il fallait donc seulement envisager l'hypothèse d'une entreprise d'éclairage payée sur les recettes du soir. Je

me plais à rendre cette justice à M. Alphand qu'il nous a surtout indiqué les risques que l'affaire présentait, au lieu de nous pousser à y donner suite, sans cependant nous décourager : « Étudiez très sérieusement, nous dit-il en terminant, les conditions dans lesquelles le palais des Machines et les Jardins peuvent être éclairés, établissez vos devis, combinez un mode de paiement qui ne lèse en rien les intérêts de l'État et faites-nous une proposition acceptée par les grandes maisons françaises d'électricité : je vous promets mon appui. » Nous nous retirâmes satisfaits et nous convinmes d'étudier l'affaire sur les bases indiquées par M. Alphand.

Les choses en étaient là, quand M. Berger, le 21 août 1886, écrivit à M. Lemonnier, Président de la Chambre syndicale des industries électriques, la lettre suivante :

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Un de mes premiers soins, en prenant possession de mes fonctions de Directeur général, a été de m'inquiéter de l'éclairage électrique des locaux couverts et découverts de l'Exposition de 1889.

J'estime, en principe, qu'il conviendrait d'établir, comme je l'avais fait sur une plus petite échelle en 1881, au Palais de l'Industrie, une entente entre l'Administration de l'Exposition et les exposants électriciens.

En 1881, je m'étais adressé, tout d'abord, au Président de la chambre syndicale d'électricité. Je considère que j'ai le devoir d'agir de même aujourd'hui.

Je vous serai donc obligé de vouloir bien saisir vos honorables collègues de cette question, qui demande à être étudiée longuement et sérieusement.

La démarche que je fais aujourd'hui auprès de vous sera l'origine de pourparlers entre nous, qui me mettront à même de présenter à M. le Ministre et à la Commission de l'Exposition les bases d'un projet et, peut-être, d'un contrat.

Je suis tout à votre disposition pour vous fournir les renseignements qui pourront vous sembler utiles.

Agréez, Monsieur le Président, l'assurance de mes sentiments les plus distingués.

Signé : *Le Directeur général*, G. BERGER.

La Chambre syndicale se réunit et chargea M. Lemonnier d'étudier la question avec le président honoraire, c'est-à-dire avec moi. Nous nous adjoignîmes les représentants des maisons Bréguet, Edison et Jablochkoff et nous eûmes, avec M. Berger, une série de pourparlers pour connaître tout d'abord les emplacements à éclairer.

M. Berger, d'accord avec M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie et M. Alphand, demanda, sauf avis contraire de la Commission des 43, que l'enceinte du Champ-de-Mars restât seule accessible au public

pendant les ouvertures du soir et que, dans cette enceinte, les bâtiments des sections industrielles, le palais des Beaux-Arts et le palais des Arts libéraux, à l'exception de leurs vestibules et des galeries latérales réservées aux concessionnaires ainsi que du passage couvert de 30 mètres qui conduit à la grande nef des machines, fussent fermés à partir de six heures.

En conséquence, il s'agissait d'éclairer :

1° L'ensemble du parc du Champ-de-Mars, avec les bandes de jardins comprises entre la grande nef des machines et les bâtiments des sections industrielles;

2° La grande nef des machines;

3° Le grand passage couvert de 30 mètres qui conduit à la grande nef des machines; et les deux vestibules qui séparent le palais des Beaux-Arts d'une part et le palais des Arts libéraux d'autre part, des bâtiments des sections industrielles;

4° Les bâtiments de service et les établissements publics qui pourront être placés dans l'enceinte du parc du Champ-de-Mars;

5° Les galeries latérales de 15 mètres occupées par les concessionnaires.

Une étude préliminaire faite par les représentants des cinq grandes maisons d'électricité, dans le but d'évaluer les dépenses d'installation nécessitées par la réalisation de ce programme, donna les résultats suivants que je cite surtout pour en faire ressortir les différences considérables.

Maison Gramme.	2 400 000 francs.
— Edison.	2 200 000 —
— L'Éclairage Électrique	3 242 000 —
— Sautter-Lemonnier	3 200 000 —
— Bréguet	4 350 000 —

En discutant ces évaluations, nous nous aperçûmes vite que la quantité de lumière était très différente dans plusieurs des projets, et nous arrivâmes bientôt à nous convaincre que les dépenses de pose, de dépose et de remise en état du matériel pouvaient être estimées à 1 400 000 francs et celles d'exploitation à 600 000 francs. La dépense totale atteignait donc 2 millions¹.

M. Berger nous ayant confirmé que l'Administration ne pouvait, en

1. Voir, p. 183, le devis établi à cette époque.

aucun cas, subvenir, même partiellement, aux dépenses de premier établissement, nous lui écrivîmes, le 7 février 1887 la lettre que voici :

MONSIEUR LE DIRECTEUR GÉNÉRAL,

Votre lettre du 21 août dernier au Président de la Chambre syndicale des industries électriques a été communiquée aux intéressés et a donné lieu à divers pourparlers entre les représentants des principales compagnies françaises s'occupant d'éclairage électrique.

Ces compagnies se sont mises d'accord pour vous présenter, sous le patronage de la Chambre syndicale des industries électriques, le projet suivant :

Les soussignés,

FONTAINE (Hippolyte), agissant au nom et pour le compte de la Société des machines magnéto-électriques Gramme, dont le siège social est à Paris, 15, rue Drouot, et de la Compagnie électrique, Société anonyme au capital de 1 500 000 francs, dont le siège social est à Paris, 42, avenue Philippe-Auguste ;

LEMONNIER (Paul), agissant au nom et pour le compte de la Société en commandite Sautter-Lemonnier et C^{ie}, au capital de 2 millions de francs, dont le siège social est à Paris, 26, avenue de Suffren ;

MARTIN (Eugène), agissant au nom et pour le compte de « l'Éclairage électrique », Société anonyme au capital de 2 750 000 francs, dont le siège social est à Paris, 250, rue Lecourbe ;

RAU (Louis), agissant au nom et pour le compte de la Compagnie continentale Edison, Société anonyme au capital de 3 500 000 francs, dont le siège social est à Paris, 8, rue Caumartin ;

Et SCIAMA (Gaston), agissant au nom et pour le compte de la maison Bréguet, Société anonyme au capital de 3 millions de francs, dont le siège social est à Paris, 39, quai de l'Horloge ;

Ont l'honneur de vous exposer qu'après avoir pris connaissance du plan des différentes parties de l'Exposition, dont l'éclairage pourrait être décidé, et après s'être rendu compte des frais que nécessiterait cet éclairage, ils seraient disposés à l'entreprendre aux conditions suivantes :

Les soussignés prendraient à leur charge, risques et périls, la construction et la pose de toutes les machines et appareils exigés par ledit éclairage, et son entretien pendant toute la durée de l'Exposition. L'appareillage des terrasses découvertes du Palais principal, du palais des Beaux-Arts et du palais des Arts libéraux, serait fourni par l'Administration de l'Exposition. L'appareillage de la galerie des machines, des jardins et des espaces découverts serait exécuté par les soussignés, à leurs frais, et sur dessins approuvés par l'Administration de l'Exposition.

Pour mener cette œuvre à bonne fin, les soussignés s'engageraient à former un syndicat, et à admettre dans ce syndicat tous les exposants d'éclairage électrique, sans distinction de nationalité, qui adhéreraient aux conditions posées par l'Administration et aux statuts du syndicat, et qui participeraient à tous les avantages de l'entreprise, sans aucune exception.

De son côté, l'Administration de l'Exposition donnerait aux soussignés et à leurs adhérents la moitié des entrées du soir, étant entendu que le prix d'entrée par personne ne pourra pas être inférieur à 2 francs, sans le consentement des deux parties contractantes.

L'Administration donnerait également aux soussignés et à leurs adhérents la concession exclusive de l'éclairage des divers locaux : cafés, théâtres, restaurants, water-closets, etc., concédés dans les parties de l'Exposition ouvertes le soir. Cette concession serait faite à des conditions de prix et d'entretien approuvées par l'Administration.

Si ces conditions vous agréent, les soussignés pourraient vous soumettre un projet de convention, et préparer sans retard la formation du syndicat international dont il vient d'être question.

Veuillez agréer, Monsieur le Directeur général, l'assurance de notre respectueux dévouement.

Signé : FONTAINE, LEMONNIER, MARTIN, RAU, SCIAMA.

Quelque temps après, la Commission technique d'électricité nommée par le Ministre fut saisie de la question et, chose curieuse, après une assez longue discussion, il fut impossible d'obtenir de cette Commission un vote quelconque, approuvant ou désapprouvant le projet soumis à son examen. Tout naturellement, on passa outre, les commissions techniques n'étant que consultatives.

La Commission des 43, appelée à son tour à délibérer sur la même question, émit un avis favorable à l'ouverture du soir de l'Exposition, mais refusa de sanctionner un contrat basé sur nos offres. Le Président de la Société de garantie prétendit que l'Administration supérieure n'avait pas le droit d'aliéner une partie des recettes du soir au profit des électriciens, que le traité projeté était donc contraire aux conventions qui liaient sa Société avec l'État.

Le Ministre, partisan convaincu de la formation d'un syndicat international, en appela au Conseil d'État, et l'affaire se reposa encore pendant de longs mois.

Pour ne pas compromettre l'œuvre à laquelle nous désirions apporter un concours actif par une précipitation dangereuse à la dernière heure, nous adressions le 27 juin 1887 à M. Berger la nouvelle lettre que voici :

MONSIEUR LE DIRECTEUR GÉNÉRAL,

Nous avons eu l'honneur de vous écrire le 7 février dernier au sujet de l'éclairage des différentes parties de l'Exposition, qui seront ouvertes le soir aux visiteurs.

Nous proposons à l'Administration d'entreprendre le service complet de cet éclairage, à la condition de recevoir à titre d'indemnité la moitié des entrées du soir. Pour

remplir ce programme, nous nous engageons à constituer un syndicat ouvert à tous les industriels de notre spécialité.

Le 12 mars, nous vous avons soumis un projet des statuts de ce syndicat, dont la rédaction met en évidence notre intention de faire œuvre utile sans nous réserver aucun avantage particulier en raison de notre initiative, de notre travail et de la responsabilité qui nous incomberait vis-à-vis de l'Administration.

Depuis, nous sommes sans nouvelles de l'accueil fait à nos offres.

Permettez-nous, Monsieur le Directeur général, d'appeler votre bienveillante attention sur le peu de temps qui nous sépare de l'ouverture de l'Exposition, sur l'importance de l'installation à effectuer pour l'éclairage du Champ-de-Mars et sur la nécessité où nous serions, avant d'étudier et de construire le matériel, de recueillir des adhérents.

L'éclairage obtenu au moyen de courants électriques est d'origine française : c'est à Paris, en effet, qu'ont été réalisés ses premières applications sur la voie publique, dans les ateliers et les magasins ; mais il a été récemment très perfectionné, notamment en Angleterre et aux États-Unis, où son usage a pris un développement beaucoup plus rapide qu'ici même. L'Exposition de 1889, étant ouverte le soir, doit posséder, en activité, l'ensemble des systèmes et des procédés relatifs à la nouvelle industrie, afin que le public puisse étudier, sous toutes ses formes et ses diverses intensités, la seule lumière vraiment hygiénique, le seul éclairage supprimant les dangers d'incendie.

Si notre proposition est acceptée, nous enverrons des agents à l'étranger et nous réunirons tous nos collègues français pour obtenir le concours du plus grand nombre possible d'électriciens ; puis, après avoir coordonné les éléments mis à notre disposition et préparé, d'accord avec l'Administration, l'étude définitive de l'installation, nous confierons à chacun de nos co-participants la partie de l'éclairage pouvant le mieux mettre en relief les qualités de son système.

Pour être digne de l'Exposition de 1889, l'élaboration de ce programme demande du temps, beaucoup de temps ; c'est pourquoi nous venons vous prier, Monsieur le Directeur général, de nous faire connaître le plus tôt possible les décisions prises à l'égard de notre proposition.

Veuillez agréer, Monsieur le Directeur général, l'assurance de notre respectueux dévouement.

Signé : L. RAU, LEMONNIER, FONTAINE.

Le Conseil d'État, vers la fin de l'année 1887, donna gain de cause au Ministre contre la Société de garantie ; mais il décida que, pour rendre valable la convention à intervenir entre l'État et les électriciens, il fallait en modifier profondément la forme primitive.

Le Ministre devait accorder l'autorisation à un groupe d'électriciens de faire une exposition collective dans le palais des Machines et les Jardins du Champ-de-Mars, et permettre à ce groupe d'électriciens de recevoir un prix d'entrée sur les visiteurs du soir à la condition de verser à

l'État la moitié des recettes. Ainsi, au lieu de recevoir de l'État une partie des recettes du soir, les électriciens ouvraient l'Exposition le soir, percevaient un prix d'entrée et payaient à l'État une redevance sur leurs recettes. On ne demandait plus aux électriciens d'entreprendre l'éclairage public de certains emplacements, on leur prêtait l'Exposition elle-même pour servir de cadre à leurs divers systèmes d'éclairage, en leur demandant seulement, à titre d'indemnité, une partie de leurs recettes, comme cela avait d'ailleurs lieu pour un grand nombre de concessionnaires qui s'installaient dans les jardins du Champ-de-Mars.

En agissant ainsi, le Conseil d'État ne se bornait pas à donner raison au Ministre contre la Société de garantie, il donnait aux électriciens la véritable place à laquelle ils avaient droit. Puisqu'on ne pouvait pas les payer, il fallait tout au moins les traiter avec les mêmes égards que les autres permissionnaires.

Le projet primitif fut alors remanié et discuté article par article par les Directeurs généraux et moi, puis il passa à l'examen d'une sous-commission du contrôle présidée par M. Magnin, gouverneur de la Banque de France, puis enfin il arriva très amendé devant la Commission des 43, qui l'approuva dans toutes ses parties.

Tout cela avait pris un temps considérable, car ce n'est que le 15 février 1888 que le traité fut signé par le Ministre du Commerce et de l'Industrie, commissaire général de l'Exposition, et par les membres du Conseil d'administration du Syndicat projeté. Au traité étaient annexés les statuts dudit Syndicat approuvés par le Ministre et un cahier des charges dressé par la Commission technique de l'électricité présidée par M. Mascart.

Voici le résumé des statuts, du traité et du cahier des charges qu'on trouvera plus loin, page 169, reproduits in extenso :

STATUTS

Le Syndicat international des électriciens est une société en participation fondée par les maisons Gramme, Edison, Sautter-Lemonnier et « l'Éclairage Électrique »¹. Cette Société a pour unique objet l'éclairage public et privé de l'Exposition de 1889. Son capital social est de

1. Pendant le cours des négociations, la maison Bréguet, dont M. Georges Berger est l'administrateur délégué, avait cru devoir se retirer pour des motifs de convenance personnelle.

300 000 francs; il est représenté par 300 parts de 1000 francs chacune.

Tous les exposants électriciens, sans distinction de nationalité, étaient appelés à prendre part à la souscription.

Chaque souscripteur s'engageait à verser 1000 francs, puis à installer, à entretenir et à faire fonctionner à ses frais, pendant toute la durée de l'Exposition, tout le matériel électrique nécessaire à l'utilisation d'une puissance de 10 chevaux, et cela pour chacune des parts qui lui seraient attribuées. La puissance motrice devait être produite par divers entrepreneurs aux frais du Syndicat et fournie à chaque souscripteur par les soins du Conseil d'administration.

Le Conseil d'administration, responsable devant l'État, se composait statutairement des représentants des maisons fondatrices, savoir :

M. Hippolyte Fontaine, président;

MM. Paul Lemonnier, Louis Rau et Pol Fabry, membres.

Le rôle du Conseil était d'organiser l'éclairage public et privé, de maintenir le bon accord entre les participants et de suppléer aux défections qui auraient pu se produire au dernier moment. Les administrateurs ne recevaient ni jetons de présence, ni aucune autre rémunération pour l'accomplissement de leurs fonctions.

Les bénéfices ou pertes de l'entreprise devaient être partagés entre tous les souscripteurs au prorata des parts souscrites.

TRAITÉ

Le Ministre du Commerce et de l'Industrie autorisait MM. Hippolyte Fontaine, Lemonnier, Rau et Fabry à installer une grande exposition collective d'éclairage électrique et à percevoir, sur chaque entrée du soir, 2 francs la semaine et 1 franc le dimanche; à la charge par eux : 1° de former un Syndicat et d'y admettre tous les électriciens français ou étrangers qui adhéreraient aux statuts; 2° de faire, à leurs frais, risques et périls, toutes les dépenses de construction, de pose et de fonctionnement nécessitées par l'éclairage électrique du palais des Machines, des jardins et de divers autres emplacements indiqués sur un dessin annexé au traité; 3° d'abandonner à l'État la moitié des recettes brutes jusqu'à concurrence d'une recette totale de 3 600 000 francs. Au delà de cette somme, quand le Syndicat aurait déjà encaissé 1 800 000 francs, il devait remettre à l'État les 7/10, puis les 8/10, puis enfin, à partir de 4 600 000 francs, les 9/10 des recettes du soir.

CAHIER DES CHARGES

Les exigences du cahier des charges étaient presque nulles; la Commission technique demandait seulement que le travail d'installation fût exécuté de manière à ne créer aucun danger pour les ouvriers et les visiteurs; elle interdisait l'emploi de la terre, des charpentes et des conduites pour compléter les circuits; elle indiquait quelques précautions à prendre pour la pose des conducteurs et demandait à ce que les appareils générateurs d'électricité et les groupes d'appareils récepteurs fussent munis d'organes permettant de les isoler rapidement du réseau général. Le cahier des charges était complété par quelques indications relatives au service des eaux froides d'alimentation et de condensation et aux eaux chaudes provenant des condenseurs.

ÉLABORATION DU PROJET

Pendant que les pourparlers se poursuivaient en vue d'arriver aux conventions qui précèdent, j'allais fréquemment voir M. Alphand et nous établissions, d'un commun accord, les bases du projet définitif de l'éclairage public. Je m'étais réservé l'étude de l'éclairage du palais des Machines, de la Galerie de 30 mètres et de l'intérieur du dôme. J'avais dit : « Je mettrai dans ces emplacements tant de foyers de telles puissances » et le grand chef m'avait répondu : « Faites. » Mais pour les jardins, les cours, les galeries Rapp et Desaix, les quais et les ponts, M. Alphand réunissait ses ingénieurs et ses architectes, examinait une à une mes propositions, les mettait en discussion, les modifiait, s'il y avait lieu, et fixait ensuite la répartition des foyers. Les bordures lumineuses des pelouses, l'éclairage des velums et celui des massifs, les projections sous la tour, la décoration électrique de l'extérieur du grand dôme, etc., sont dus personnellement à M. Alphand; le Syndicat n'a eu qu'à mettre ses plans en exécution, sans la moindre modification.

La question des fontaines lumineuses a été l'une des plus discutées; je tenais beaucoup à voir adopter les appareils anglais, que j'avais vus fonctionner à Londres et à Manchester, car je prévoyais qu'il était impossible de faire mieux pendant le peu de temps qui nous séparait de l'ouverture de l'Exposition; M. Alphand trouvait les prétentions de la maison Galloway, propriétaire des appareils anglais, un peu exagérées, surtout en ce qui concernait le diamètre du bassin, lequel forçait à remanier le dessin du

jardin central; il ne voulait d'ailleurs, à aucun prix, se borner à imiter les Anglais, il lui fallait des fontaines françaises. Sur mes instances, il pria MM. Bechmann, ingénieur en chef du service des Eaux, et Formigé, architecte de l'Exposition, de se rendre à Glasgow pour voir la fontaine Galloway en fonction, et, à leur retour, il les chargea de faire un projet où l'œuvre magistrale du statuaire Coutan, les gerbes Galloway et d'autres jets colorés devaient concourir à former un ensemble grandiose, une fontaine lumineuse inédite. M. Formigé modifia les plans des bassins, M. Bechmann étudia une nouvelle disposition de jets colorés et on traita avec la maison Galloway. On verra plus loin quels furent les résultats de cette triple collaboration.

Dès que notre contrat fut signé, le Conseil d'administration du Syndicat fit toutes les démarches, toute la publicité possible pour recruter des adhérents parmi les entrepreneurs d'éclairage électrique de tous les pays. Il envoya des délégués en Belgique, en Angleterre et aux États-Unis, et fit rendre des visites, à plusieurs reprises, aux électriciens français.

La direction des travaux et des opérations du Syndicat fut confiée à M. A. de Bovet, ancien élève de l'École Polytechnique et de l'École des Mines.

M. Picou, ingénieur-conseil de la Compagnie Continentale Edison, fut choisi comme ingénieur en chef.

M. Révérend, auteur de l'*Annuaire de l'Électricité*, reçut la mission de représenter le Syndicat dans toutes les affaires relatives à l'éclairage privé.

Le Conseil nomma ensuite trois inspecteurs principaux :

M. Napoli, secrétaire de la Société Internationale des électriciens, M. Dumont, secrétaire du Comité d'installation de la classe 62, et M. Lafon, ingénieur-mécanicien.

M. Brault, ancien élève de l'École Polytechnique, fut adjoint à la direction en qualité d'électricien.

Les demandes de souscriptions furent très rares, principalement au début. M. le Directeur général des finances avait fait introduire dans les statuts une clause qui rendait tous les membres du Syndicat solidairement responsables des engagements dudit Syndicat; ce fut la pierre d'achoppement qui entrava toutes les démarches du Conseil d'administration auprès des électriciens français et toute la publicité faite auprès des électriciens étrangers. Les uns et les autres voulaient bien s'engager pour la part d'éclairage qui leur incomberait, mais pas pour celles de leurs voi-

sins et surtout pas pour l'ensemble de l'entreprise. En présence de l'effet déplorable produit par cette clause, les administrateurs, animés du désir de voir réussir l'exposition collective qu'ils étaient autorisés à ouvrir, durent souscrire, au nom des maisons qu'ils représentaient, 160 parts, c'est-à-dire plus de la moitié du capital social. Sans cette courageuse initiative, il eût fallu renoncer, au grand détriment de l'industrie de l'éclairage électrique, à l'autorisation ministérielle du 15 février 1888.

Vingt-sept électriciens demandèrent à faire partie du Syndicat : 16 Français, 5 Belges, 3 Anglais, 2 Suisses et 1 Alsacien.

Sur 300 parts, 284 furent souscrites; les 16 autres restèrent à la disposition du Conseil d'administration.

Voici la liste des adhérents et l'importance de leurs souscriptions :

NOMS DES SOUSCRIPTEURS.	NATIONALITÉ.	NOMBRE de parts.	MONTANT de la souscription.
			francs.
Société Gramme	France.	50	50 000
Compagnie continentale Edison	»	50	50 000
Société « l'Éclairage électrique »	»	50	50 000
MM. Sautter-Lemonnier et C ^{ie}	»	10	10 000
Société pour la transmission de la force par l'électricité.	»	20	20 000
Société pour le travail électrique des métaux	»	5	5 000
M. Borssat	»	5	5 000
Société Cance	»	5	5 000
Société des forges et chantiers de la Méditerranée	»	3	3 000
Compagnie électrique	»	4	4 000
Syndicat des brevets Clerc (M. Mildé et C ^{ie})	»	3	3 000
M. Jarriant	»	2	2 000
M. Fabius Henrion	»	2	2 000
Société française de matériel agricole	»	2	2 000
M. Popp	»	1	1 000
M. Garnot	»	1	1 000
MM. Heilmann, Ducommun et Steinlen	Alsace.	20	20 000
MM. Crompton et C ^{ie}	Angleterre.	18	18 000
MM. Latimer Clark, Muirhead et C ^{ie}	»	3	3 000
MM. Woodhouse et Rawson	»	1	1 000
M. Jaspar	Belgique.	4	4 000
Société belge pour éclairage et transmission électriques à longue distance	»	3	3 000
M. Dulait	»	5	5 000
M. Pieper	»	5	5 000
Société « l'Électrique » de Bruxelles	»	2	2 000
MM. Alioth et C ^{ie}	Suisse.	3	3 000
Ateliers d'Oerlikon	»	4	4 000
TOTAUX		281	281 000

Une assemblée générale du Syndicat eut lieu le 22 septembre 1888. Cette assemblée qui comptait 23 membres présents sur les 27 adhérents procéda à la répartition des espaces à éclairer, à l'examen des mesures d'intérêt général à prendre pour coordonner les efforts individuels des souscripteurs, à l'élaboration d'un règlement relatif à l'éclairage privé, et à la rédaction d'une note concernant l'installation et la pose des conducteurs. L'ensemble du programme avait été préparé par les soins du Conseil; chaque partie fut soumise à la discussion et ne donna lieu à aucune demande de modification. Toutes les résolutions furent votées à l'unanimité¹.

Pour pourvoir aux exigences du service mécanique dont la puissance totale était évaluée à 4 000 chevaux-vapeur, le Conseil s'était adressé aux adhérents du Syndicat; à la Compagnie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz; à la Compagnie Française des moteurs à gaz système Otto; à M. de Naeyer et C^{ie}, de Willebroeck (Belgique).

Il avait en outre projeté l'établissement d'une usine complémentaire de 500 chevaux environ.

La répartition, entre les membres du Syndicat, des espaces à éclairer et l'indication précise du lieu où devaient se trouver les dynamos de chacun d'eux, permirent de commencer les projets de canalisation des conducteurs et de préparer le matériel électrique. Comme il s'agissait de faire des expositions et non de réaliser une entreprise unique, chaque adhérent étudiait son réseau de câbles sans se préoccuper du réseau de ses collègues; les plans étaient cependant, avant leur exécution, soumis à l'ingénieur en chef du Syndicat, mais celui-ci ne se préoccupait uniquement que d'examiner si les indications du cahier des charges étaient suivies. Les administrateurs désiraient pouvoir montrer au public les divers systèmes d'éclairage électrique fonctionnant d'une manière tout à fait indépendante les uns des autres; et cela pour se tenir rigoureusement dans les idées du Conseil d'État et dans l'esprit même du traité ministériel.

La construction des stations fut un peu retardée pour diverses causes : inondation des berges de la Seine, encombrement du jardin intérieur, bâtiments confiés à des entrepreneurs surchargés de travaux, etc.,

Les conducteurs électriques menacèrent un moment de manquer, tant les demandes excédaient la puissance normale de fabrication des manu-

1. Les décisions prises par l'assemblée générale sont contenues *in extenso* dans les quatre notes reproduites pp. 184 et suivantes.

factures. Ce n'était pas l'Exposition qui en absorbait de bien grandes quantités, ni la Ville de Paris qui commençait enfin sa canalisation; mais tous les entrepreneurs d'éclairage électrique, qui avaient alors beaucoup de travaux particuliers à exécuter, voulaient être servis promptement. De là, la pénurie qui, pendant plusieurs mois, pesa sur le marché des câbles électriques.

Les concessionnaires du Champ-de-Mars qui désiraient employer la lumière électrique dans leurs établissements, ne se décidèrent que tardivement : la plupart des polices d'abonnement ne furent signées qu'au commencement de l'année 1889; quelques-unes ne nous revinrent qu'en mars et avril après être restées plusieurs mois chez les clients.

En relatant ces faits, mon intention n'est pas d'excuser les membres du Syndicat qui ont été un peu en retard, encore moins de récriminer contre les concessionnaires, je veux seulement montrer les difficultés que rencontre une entreprise d'éclairage électrique dans une Exposition.

Il n'y a là absolument rien de spécial à l'Exposition de 1889, il en est toujours ainsi; j'ai déjà participé à six expositions universelles et j'ai remarqué que les mêmes faits se reproduisent, non seulement dans les questions d'éclairage, mais dans tous les services d'installation et d'exploitation.

C'est surtout la pose des appareils et des fils dans les jardins du Champ-de-Mars et dans l'intérieur des monuments qui rencontra de sérieuses difficultés. Les électriciens ne pouvaient guère commencer leur travail que lorsque les autres entrepreneurs avaient terminé le leur, et comme la majeure partie de ces derniers n'avait aucune avance, il était presque impossible d'espérer qu'on éclairerait le jour de l'inauguration. Les plombiers, les maçons, les vitriers, les jardiniers, etc., dérangent fréquemment les câbles électriques, les mettaient à nu, les coupaient même; il fallait chaque jour refaire des sections entières de canalisation. La direction du Syndicat adressait bien des plaintes réitérées à qui de droit, mais cela ne pouvait porter aucun remède à un état de choses inhérent, je le répète, à tous les travaux d'exposition.

Malgré toutes ces difficultés, les installations électriques se poursuivaient, sur tous les points, avec une rare activité et on nous demanda bientôt d'éclairer un nouvel emplacement d'assez grande étendue, je veux parler de la partie Est de l'Esplanade des Invalides réservée aux colonies.

Au milieu du mois de mars 1889 surgit le projet des bons de l'Expo-

sition qui apporta à nos conventions avec l'État un changement radical. M. Christophle, directeur du Crédit Foncier, proposait de remplacer les recettes probables des entrées de l'Exposition, évaluées à 14 500 000 francs, par une somme fixe de 21 500 000 francs : à cet effet, il demandait l'autorisation d'émettre pour 30 millions de francs de tickets, remboursables au pair en 75 ans, avec une série de gros lots en espèces à tirer pendant l'Exposition. Une somme de 8 500 000 francs devait être affectée aux frais d'émission, aux lots et à la réserve devant servir à reconstituer le capital. Le solde 21 500 000 francs devait être encaissé par l'État à bref délai. La Société de garantie n'avait plus de raison d'être et le mode de paiement de l'éclairage électrique devait naturellement être modifié.

M. Georges Berger m'invita à venir le voir, quand la proposition de M. Christophle était encore secrète, m'expliqua l'opération projetée et me demanda si le Syndicat consentirait à abandonner les recettes auxquelles son traité lui donnait droit pour une somme de 1 800 000 francs payable par mensualités.

Cette somme de 1 800 000 francs résultait de notre premier devis estimatif dont le total avait subi une réduction de 10 p. 100 pour tenir compte des frais à attribuer aux expositions personnelles des électriciens; elle avait déjà servi de base à la rédaction de l'article 4 du premier contrat pour fixer le point où les recettes du soir ne seraient plus partagées également entre l'État et le Syndicat.

Je fis observer à M. Berger que les bons de l'Exposition seraient une excellente création pour le Syndicat, que ses chances de gain s'en trouveraient beaucoup augmentées, que la somme de 1 800 000 francs me paraissait minime, eu égard aux avantages que nous abandonnerions et qu'en cherchant bien nous pourrions trouver une solution plus équitable; j'ajoutai que cependant si cela pouvait lui être agréable et faciliter la conclusion de l'affaire des bons, je ne doutais pas que mes collègues n'acceptassent son offre pour ne contrecarrer en rien les projets de l'État.

M. Berger, m'ayant confirmé le désir qu'il avait de porter à M. le Président du Conseil des ministres une réponse favorable, recevait le surlendemain le consentement du Syndicat¹.

Il fut donc entendu que le traité primitif serait modifié et que le Syndicat échangerait son rôle d'associé avec l'État contre celui beaucoup plus

1. Ce consentement a pu être régulièrement donné par le Conseil d'administration du Syndicat qui s'était réservé le droit de modifier les statuts constitutifs en soumettant les changements à l'approbation ministérielle.

modeste d'entrepreneur d'éclairage. Je tiens à faire remarquer que le Syndicat agissait dans cette occasion, comme dans toutes les autres, avec un complet désintéressement, sans aucune discussion sur les chiffres, sans l'ombre d'un marchandage. On lui avait dit : « Vous aurez la moitié des recettes du soir », il avait accepté; on lui disait : « Vous recevrez une somme de 1 800 000 francs », il acceptait encore.

Cette modification dans le régime financier troubla profondément nos prévisions et nous regrettâmes qu'il nous fût impossible de revenir sur l'ensemble du projet d'éclairage public. L'œuvre en cours d'exécution n'était en réalité qu'une série d'expositions distinctes, distribuées de façon à couvrir toute la surface du Champ-de-Mars. Si l'entreprise eût été prévue dès les débuts, le Syndicat aurait établi dans l'enceinte de l'Exposition une canalisation générale sur laquelle seraient venues se brancher toutes les dynamos d'une part, et tous les brûleurs d'autre part. On aurait exigé des adhérents que leurs dynamos fussent construites pour fonctionner suivant un régime déterminé à l'avance, ce qui ne présentait aucune difficulté. Une telle canalisation, au point de vue d'un service public, présentait de grands avantages sur les câbles individuels : elle procurait à l'ensemble une plus grande souplesse et permettait de suppléer plus facilement aux défections possibles; mais, je le répète, il était trop tard pour refaire le projet.

Il y a plus : le traité primitif nous *autorisait* à faire une exposition collective et ne renfermait aucune clause pénale pour retards ou extinctions partielles.

Les adhérents préparaient donc leur matériel en vue de profiter de l'autorisation ministérielle, dans le but de faire connaître leurs procédés d'éclairage et non pour remplir les prescriptions rigoureuses auxquelles entraîne un service public aussi étendu et aussi compliqué que celui dont il s'agit. Leur intention était de ne laisser entrer le public, le soir, que lorsqu'ils seraient tous absolument prêts et après avoir fait, en commun, des essais d'ensemble, de véritables répétitions.

En 1881, les électriciens n'ouvrirent les portes du Palais de l'Industrie, le soir, au public, que 15 jours après l'ouverture officielle de l'Exposition, et ils ne subirent de ce chef, ni mise en demeure, ni retenues, ni reproches. Ils avaient le droit de penser qu'il en serait de même en 1889 et d'agir en conséquence. M. Alphand ne l'entendait pas ainsi : l'ouverture était irrévocablement fixée au 6 mai; tout devait s'ouvrir, tout devait être terminé, tout devait fonctionner à cette date. Il nous fallut donc

bon gré mal gré, éclairer le soir même de l'inauguration officielle de l'Exposition, et ne pas interrompre une seule fois l'éclairage jusqu'au 6 novembre, jour de la clôture générale.

L'éclairage n'était pas complètement terminé le 6 mai, mais rien n'était complètement terminé le 6 mai : ni les palais, ni les jardins, ni les expositions particulières, ni même la tour Eiffel. On y voyait assez et c'était l'essentiel.

Je ne dois pas dissimuler que le Conseil du Syndicat était fort inquiet, presque désespéré à la fin d'avril : l'installation des chaudières de la Société « l'Éclairage Électrique » n'était pas terminée, et il avait grand-peur de ne pouvoir éclairer les jardins le jour de l'inauguration. Mais ladite Société, en présence de la lourde responsabilité qui lui incombait, fit un véritable tour de force pour arriver à temps. Elle installa, *en quatre jours*, avenue de Suffren, une station provisoire de 90 chevaux et plaça 20 kilomètres de nouveaux câbles à travers les jardins. Cette station put alimenter 80 foyers Jablochkoff et permit d'attendre que le fournisseur de force motrice eût achevé ses chaudières.

La grande activité déployée en cette circonstance ne constitue d'ailleurs pas un fait isolé dans l'histoire du Syndicat. Un mois plus tard, la Compagnie Électrique éclairait, *huit jours après en avoir reçu l'ordre*, le grand velum de l'Esplanade des Invalides et une partie des jardins de l'Algérie ; au mois de juillet, la même Compagnie installait, *en six jours*, les appareils d'éclairage du grand Théâtre International, etc., etc.

Ces faits sont la preuve évidente que si l'électricité est aujourd'hui, de l'avis de tous, apte à procurer un éclairage intense et régulier, elle peut aussi se plier facilement aux exigences d'un service très compliqué et très pressé.

Le palais des Machines et la galerie de 30 mètres ne furent ouverts, *le soir*, qu'à partir du 18 mai, bien que l'éclairage électrique y fût, sinon complet, du moins suffisant depuis l'inauguration. Les exposants du palais n'avaient pas terminé leurs installations, et il eût été dangereux de laisser pénétrer le public à travers des machines en cours de montage, pendant la soirée, la surveillance étant moins facile, quoi qu'on fasse, à la lumière artificielle qu'elle ne l'est à la lumière solaire.

Le nouveau traité du Syndicat ne fut signé que le 1^{er} juin 1889 (voir page 192). Il contient la modification convenue, relative au mode de paiement et donne à l'Administration supérieure le droit d'imposer des amendes au Syndicat chaque fois que le nombre des foyers éteints dépas-

sera le dixième de leur nombre total. Cette clause, juste en principe, et qui n'a été appliquée qu'avec modération, était malgré cela très dure pour des industriels venus spontanément offrir leur concours à l'État. On fait, chaque jour, de pressants appels à l'initiative privée, et quand cette initiative se manifeste, loin de l'encourager, on cherche à en comprimer les effets et à paralyser les bonnes volontés. Personnellement, je ne pouvais parvenir à me consoler de cette petite humiliation. Heureusement qu'au dernier moment MM. les directeurs généraux ont bien voulu nous restituer toutes les amendes, à la condition que nous éclairerions gratuitement du 1^{er} au 6 novembre. Les frais de ce supplément d'éclairage dépassaient la valeur des amendes, mais l'honneur du Syndicat était sauf.

CHAPITRE II

ENTREPRISE

§ 1. — Éclairage public

Ensemble. — L'étendue de l'éclairage public est nettement spécifiée dans le deuxième traité ministériel :

« Le Syndicat s'engage à exécuter à ses risques et périls tous les travaux de construction, de pose, de fonctionnement et d'entretien des machines, appareils, régulateurs, câbles, etc., et à faire tous les frais quelconques exigés par ledit éclairage qui s'étendra au palais des Machines (grande nef et bas côtés), à la cour de la force motrice et aux deux cours en retour, jusqu'à la hauteur du jardin de 30 mètres sur le côté Suffren, et jusqu'à l'extrémité nord du palais des Beaux-Arts sur l'avenue de Labourdonnais, à la galerie de 30 mètres et au Dôme central, aux terrasses des galeries des expositions diverses, aux galeries Rapp et Desaix, aux terrasses des palais des Beaux-Arts et des Arts libéraux sur le Jardin, aux jardins bas du Champ-de-Mars, au quai d'Orsay, devant le parc du Champ-de-Mars, au pont d'Iéna, au bâtiment de l'Exploitation, à la voie passant devant le palais des Produits alimentaires et allant du Champ-de-Mars au pont de l'Alma, à la passerelle de l'Alma, enfin aux fontaines et bassins éclairés sous l'eau, suivant, en un mot, les indications portées à l'état et au plan ci-annexés. L'ensemble de l'éclairage prévu comprendra une surface de 300 000 mètres carrés et une intensité totale d'environ 150 000 becs Carcel, obtenue par une puissance motrice de 3 000 chevaux-vapeur, environ. »

La planche 1 représente l'ensemble de l'Exposition de 1889, à l'échelle de 1/5000. Toutes les parties teintées en rouge ont été éclairées à l'élec-

tricité. Le service public comprenait seulement le Champ-de-Mars, le pont d'Iéna, la passerelle de l'Alma et les galeries de l'Alimentation. La parcelle teintée du Trocadéro et la moitié de l'Esplanade des Invalides étaient comprises dans l'éclairage privé. La planche 2 représente à l'échelle de 1/2500 le Champ-de-Mars et le palais des Machines avec l'indication de tous les foyers à arc voltaïque qui ont été installés par le Syndicat, et la position des sept stations centrales.

Palais des Machines. — L'éclairage du palais des Machines constituait évidemment la plus belle partie du programme du Syndicat; jamais salle si grandiose n'avait été édifiée et, en l'absence du soleil, l'électricité seule pouvait y donner la lumière sans nuire à son bel effet architectural.

Le palais proprement dit se compose : 1° d'une nef ayant 383 mètres de longueur, 114 mètres de largeur, 45 mètres de hauteur à l'axe et d'une surface de 43 662 mètres carrés; 2° d'une galerie au rez-de-chaussée de 18 mètres de largeur régnant sur tout le pourtour (encadrant la nef pour ainsi dire) et présentant une surface totale de plancher de 16 675 mètres carrés sur 8 mètres de hauteur de plafond; 3° d'une galerie au premier étage couvrant entièrement la précédente et ayant, par suite, la même surface de 16 675 mètres carrés. La surface totale des planchers est donc approximativement de 77 000 mètres carrés, près de 8 hectares. Le volume de ce gigantesque vaisseau atteint 2 millions de mètres cubes, ce qui correspond à une hauteur moyenne de 30 mètres.

L'éclairage de la nef était obtenu au moyen de deux séries d'appareils qui, dans ma pensée, devaient fonctionner, tantôt simultanément, tantôt isolément.

La première série était formée de 4 lustres ayant chacun 12 régulateurs de 60 ampères. Ces lustres étaient placés à 40 mètres du sol; les deux extrêmes sur les fermes n° 4 (comptées à partir des avenues Suffren et Labourdonnais) et les deux du milieu sur les fermes n° 8 (comptées de la même manière). La distance entre les lustres du milieu était de 112^m,40, tandis que celle comprise entre un lustre extrême et un lustre du milieu n'était que de 86 mètres.

Au début des essais, vers la fin d'avril 1889, avant que le palais des Machines ne fût encombré par des constructions à plusieurs étages, véritables manufactures qui rendaient impossible un éclairage d'ensemble, ces quatre lustres suffisaient à eux seuls à assurer l'éclairage de toutes les

parties de la nef. On pouvait lire facilement partout, les détails les plus délicats des machines se voyaient comme en plein jour, toutes les fermes du palais profilaient leur belle courbure d'un bout à l'autre, et l'effet général était en même temps grandiose et attrayant.

Les régulateurs étaient suspendus à des tubes en fer formant une étoile à huit branches ; il y avait un régulateur au bout de chaque branche et un régulateur au milieu sur quatre des branches. La distance entre chaque foyer était au minimum de 0^m,80. Dans mon projet, il ne devait pas y avoir de globes, afin d'éviter une trop grande concentration de chaleur autour des foyers ; un simple cendrier en fil métallique devait recevoir les débris de charbons. Sur la demande de l'Administration, la Société Gramme à laquelle le Syndicat avait confié l'installation et le fonctionnement des lustres, mit des globes aux 48 régulateurs et remplaça les cendriers métalliques par des cendriers en cristal. Pendant le montage, le service des travaux craignant que la grande simplicité des supports pût nuire à l'effet décoratif du palais, m'avait demandé d'étudier un lustre un peu moins primitif ; mais quand les régulateurs furent en place et allumés, M. Dutert, architecte du palais, et M. Alphand se déclarèrent satisfaits. La grande hauteur des foyers n'aurait pas permis de distinguer les formes plus ou moins élégantes d'un lustre, et la silhouette de l'étoile tubulaire et des régulateurs n'était pas du tout désagréable aux yeux.

La seconde série des appareils d'éclairage se composait de 86 régulateurs de 25 ampères, munis de globes clairs, placés à 15 mètres du sol, sur 5 rangs longitudinaux et 18 rangs transversaux. Il y avait ainsi 1 foyer de 25 ampères par 400 mètres carrés de plancher.

Le point de suspension de chaque régulateur avait été choisi de telle sorte que l'appareil descendu fût dans un des chemins de la nef, entre deux rangées d'exposants, ce qui permettait de nettoyer les globes et de changer les charbons sans gêner personne.

Comme l'indique la planche 3, les régulateurs de 25 ampères avaient été répartis entre huit adhérents du Syndicat, savoir :

M. M. Crompton et C ^{ie} (Angleterre).	24
Maison Ducommun (MM. Steinlen et C ^{ie}) (Alsace).	20
MM. Sautter-Lemonnier et C ^{ie} (France).	12
M. Jaspar (Belgique).	11
Société belge pour éclairage et transmission électriques à longue distance.	6
M. Borssat (France).	5
Société de matériel agricole (France)	4
M. Henrion (France)	4

L'éclairage produit par ces 86 foyers était plus que suffisant pour assurer le libre accès dans toutes les allées et même pour l'examen des appareils exposés; cependant les grandes installations, faites par divers exposants dans le secteur compris entre la cour de la force motrice, l'avenue de Labourdonnais et les deux allées principales (longitudinale et transversale), nuisaient beaucoup à l'éclairage de l'allée qui longeait les galeries du pourtour. Il y avait là des parties sinon obscures, du moins faiblement éclairées. En se reportant à la planche 3, on verra que les allées longitudinales extrêmes n'étaient pas pourvues de régulateurs, ce qui n'avait aucun inconvénient partout où les exposants avaient mis des machines, c'est-à-dire dans les 9/10 de la nef. Si j'avais pu prévoir l'installation de véritables usines à plusieurs étages, dans un emplacement destiné à recevoir seulement des machines et des outils, j'aurais ajouté une trentaine de foyers pour compléter mon projet.

Les bas côtés du rez-de-chaussée et les galeries du premier étage étaient éclairés au moyen de 276 régulateurs de 8 ampères, placés à 5 mètres du plancher et attachés par des câbles au plafond.

L'installation et l'entretien de ces 276 régulateurs ont été confiés aux adhérents dont les noms suivent :

MM. Crompton et C ^{ie}	79
Maison Ducommun (MM. Steinlen et C ^{ie}).	76
MM. Sautter-Lemonnier et C ^{ie}	30
MM. Alioth et C ^{ie}	30
Ateliers d'Öerlikon	25
Société française de matériel agricole.	8
Société belge pour éclairage et transmission électriques à longue distance.	8
M. Henrion	8
M. Jaspar	7
MM. Popp et C ^{ie}	5

Toutes ces parties du Palais des Machines étaient convenablement éclairées; la lumière était régulière, abondante et bien répartie.

Les escaliers étaient éclairés par des girandoles de lampes à incandescence : la maison Woodhouse et Rawson avait fourni les lampes et l'appareillage de l'escalier central du côté de l'École-Militaire et de l'escalier du fond près de l'avenue de Suffren, et la maison Crompton avait installé les lampes et l'appareillage des escaliers placés à l'entrée du côté de l'avenue de Labourdonnais. Le courant nécessaire à l'alimentation des lampes de l'escalier central était envoyé par M. Garnot, celui pour l'escalier du fond par la maison Ducommun et celui pour les escaliers de l'entrée par

MM. Crompton et C^{ie}. Il y avait en tout, dans ces escaliers, 410 lampes à incandescence de 16 bougies. Les bureaux du service médical, ceux du service mécanique et électrique et ceux des classes 52 et 62 étaient éclairés par des lampes à incandescence recevant le courant de la dynamo de M. Garnot.

Le vestibule du palais des Machines avait été primitivement muni de 10 régulateurs et de 320 lampes à incandescence de 10 bougies, mais la difficulté de remettre tous les jours des charbons a fait remplacer les arcs par des foyers à incandescence. Il entraînait dans mes vues que les entrées du palais fussent peu éclairées pour faire mieux ressortir l'intensité lumineuse de la grande nef, mais je dois avouer que le vestibule, fort artistique d'ailleurs, était un peu trop sombre. Je le regrette d'autant plus qu'il s'agissait d'installer là un plafond lumineux et que j'avais précédemment fait de cette question une étude spéciale : le temps seul m'a manqué pour réaliser un éclairage digne du joli dôme de M. Dutert.

C'est la Société des forges et chantiers de la Méditerranée qui éclairait le vestibule en question.

L'annexe de la classe 61 (Chemins de fer), qui dépendait aussi du palais des Machines, occupait un grand rectangle de 187^m,50 de longueur sur 30^m,50 de largeur et d'une surface de 5718 mètres carrés. Son éclairage comprenait 5 régulateurs de 25 ampères et 30 régulateurs de 8 ampères. L'installation et l'entretien de cet éclairage avaient été confiés à M. Borssat.

Galerie de 30 mètres. — La Galerie de 30 mètres, reliant le palais des Machines au Dôme central, a été éclairée par les soins de la Société anonyme d'appareillages et d'éclairages électriques (système Cance) au moyen de 42 régulateurs, à point lumineux fixe, de 8 ampères. Ces régulateurs étaient disposés ainsi : 1° 28 placés sur des candélabres, par groupes de deux, en face des entrées des galeries des Industries diverses; 2° 12 suspendus sur deux rangs de manière à alterner avec les premiers; 3° 2 autres suspendus au-dessus de l'escalier du vestibule.

Cet éclairage était régulier et uniforme. MM. Alphand et Berger le trouvaient très suffisant; le Conseil d'administration du Syndicat partageait cet avis. Plusieurs personnes lui ont cependant reproché sa trop faible intensité et m'ont communiqué leurs impressions.

Voici les explications que j'ai données à ce sujet :

Primitivement, la Galerie de 30 mètres ne devait recevoir aucune

exposition privée; c'était, dans l'esprit des architectes, une avenue spacieuse qui conduisait les visiteurs du Champ-de-Mars au palais des Machines et aux galeries des Industries diverses. Pendant la période d'installation, la place venant à manquer, la Direction de l'Exposition admit successivement, au milieu de cette avenue, une série de très belles expositions; si bien que l'éclairage, conçu en vue d'une vaste galerie de communication, devint un peu faible pour une salle d'exposition. Il m'était impossible, avant l'inauguration, de prévoir cet envahissement des exposants, et le Syndicat n'avait pas le droit de modifier ses installations (il n'en avait même plus les moyens), après que le public eut été admis, le soir, dans la Galerie de 30 mètres.

Dôme central. — Le Dôme central, dû à M. Bouvard, est, sans conteste, une des plus belles œuvres architecturales de l'Exposition. C'est une entrée splendide qui fait pressentir le gigantesque palais des Machines, entrée triomphale extrêmement remarquable par ses larges proportions, ses formes élégantes et la richesse de sa décoration. A un aussi beau monument il fallait naturellement un éclairage exceptionnel et ce n'était pas trop d'avoir, pour le réaliser, la précieuse collaboration de M. Alphan.

L'intérieur fut pourvu : 1° d'une couronne de 48 lampes à incandescence de 500 bougies placée à la naissance du Dôme (ces 48 lampes, peu poussées, brûlant un peu rouges, donnaient aux peintures du pourtour un ton chaud des plus agréables); 2° de 10 lampes à incandescence semblables aux précédentes placées sur la galerie du 1^{er} étage; 3° de 8 lampes de même intensité disposées dans les escaliers; 4° de 14 lustres, comprenant en tout 520 lampes à incandescence de 10 bougies sous les grands arcs et sous les voussures d'angle (7 lustres au rez-de-chaussée et 7 au 1^{er} étage); 5° enfin de 16 lampes Soleil placées dans les pavillons adossés.

L'extérieur reçut 16 régulateurs de 8 ampères et 3 de 25 ampères.

Pour compléter le tout, M. Alphan fit installer des rampes à gaz dessinant toutes les lignes architecturales de la façade extérieure et du Dôme, et il obtint ainsi une décoration lumineuse tout à fait féerique qui fit, pendant six mois, l'admiration des innombrables visiteurs du soir.

Les lampes à incandescence de 500 bougies avaient été installées et étaient alimentées par la Société Gramme; celles de 10 bougies par la « Société anonyme pour la transmission de la force par l'électricité »;

les lampes Soleil, par le Syndicat pour l'exploitation des brevets Clerc (MM. Mildé et C^{ie}). Les arcs de l'extérieur ont été placés et alimentés par la « Société anonyme pour la transmission de la force ».

Galeries Rapp et Desaix. — L'éclairage de la galerie Rapp, confié à la Compagnie Edison, était obtenu par 2 lustres composés chacun de 6 régulateurs de 8 ampères, et par 26 régulateurs de même intensité, fixés le long des parois longitudinales. Il y avait en tout 38 arcs de 8 ampères pour une surface totale de 3 600 mètres carrés.

L'éclairage de la galerie Desaix, confié à la « Société anonyme pour la transmission de la force par l'électricité », était obtenu par 3 lustres de 6 régulateurs et par 26 régulateurs fixés le long des parois longitudinales : en tout, 44 arcs de 8 ampères pour une surface totale de 3 600 mètres carrés, égale à la précédente.

Les visiteurs trouvaient que la galerie Rapp était plus éclairée que la galerie Desaix, malgré que ce fût, en réalité, le contraire. Cela tient à ce que la première de ces galeries renfermait beaucoup de sculptures en marbre blanc qui réfléchissaient la lumière dans toutes les directions, tandis que la seconde renfermait des pianos et des tapis foncés qui en absorbaient beaucoup. Personne d'ailleurs ne s'est plaint du manque de clarté dans la galerie Desaix, la comparaison seule des deux éclairages faisait naître ces réflexions.

Primitivement, le Syndicat avait fait placer trois lustres dans la galerie Rapp. C'est l'Administration, pour les besoins du service de l'exposition de sculpture, qui a demandé la suppression du lustre central.

Les quatre pylônes d'angle de la galerie Rapp étaient surmontés chacun d'un groupe supportant une grande sphère en fer et verre dans laquelle la Compagnie Edison avait placé un régulateur de 25 ampères. Il en était de même pour les deux pylônes (côté jardin) de la galerie Desaix où la Société de la transmission de force avait placé deux régulateurs de même puissance.

La porte Rapp possédait un très brillant éclairage réalisé par la Compagnie Edison et composé de 22 régulateurs de 8 ampères et de 32 lampes à incandescence.

Bâtiments divers. — Le bâtiment affecté aux services de l'exploitation était éclairé par 160 lampes à incandescence de 10 bougies réparties dans les divers bureaux et les salles de réunion.

Le pavillon de la Presse était pourvu de 110 lampes de même intensité.

Le pavillon du Bulletin officiel de l'Exposition était éclairé par 20 lampes également de 10 bougies.

Ces trois éclairages avaient été confiés à la Compagnie Edison.

Jardin supérieur. — La « Société anonyme pour la transmission de la force » avait sa principale exposition dans le jardin supérieur du Champ-de-Mars : c'est elle, comme je l'ai dit plus haut, qui éclairait électriquement la façade extérieure du Dôme ; c'est également elle qui éclairait le pourtour des pavillons de la Ville de Paris, les pavillons dits de raccordement, les velums du haut, les kiosques d'orchestres et les terrasses des restaurants et des cafés comprises entre la galerie Rapp, le Dôme central et la galerie Desaix.

Les deux pavillons de la Ville de Paris possédaient chacun, extérieurement, 12 régulateurs de 8 ampères placés dans des candélabres.

Les terrasses des restaurants et des cafés étaient éclairées par 48 régulateurs de 8 ampères (24 de chaque côté du dôme Bouvard) placés dans des lanternes artistiques fournies par la Direction générale des travaux.

Les deux pavillons de raccordement étaient munis chacun de 4 régulateurs de 8 ampères suspendus au centre desdits pavillons.

Les velums du jardin supérieur étaient éclairés par 424 lampes à incandescence de 10 bougies réunies par séries de 4 et placées dans l'axe longitudinal du passage couvert. Les kiosques d'orchestres étaient éclairés par 60 lampes à incandescence de 10 bougies.

La « Société pour le travail électrique des métaux » éclairait la grande pelouse située entre le dôme Bouvard et la fontaine Coutan, au moyen de 1180 lampes à incandescence de 4 bougies.

En outre des foyers qui précèdent, le Syndicat avait fait placer, après l'ouverture, avec l'autorisation de M. Alphand, 4 régulateurs de 8 ampères en avant de la fontaine, entre les velums du jardin supérieur. Ces 4 régulateurs étaient logés dans les lanternes de 4 candélabres analogues à ceux du pourtour des pavillons de la Ville.

Jardin central. — Les escaliers du Jardin central étaient garnis de 28 candélabres dans la lanterne de chacun desquels la Société « l'*Éclairage Électrique* » avait disposé un chandelier à bougies Jablochkoff.

La même Société éclairait la façade du palais des Arts libéraux avec 31 régulateurs de 8 ampères.

La « *Compagnie Électrique* » éclairait la façade du palais des Beaux-Arts avec 31 régulateurs de 8 ampères. Ces régulateurs, comme ceux de la façade du palais des Arts libéraux, étaient renfermés dans des lanternes suspendues, installées par la Direction générale des travaux.

Dans les massifs du Jardin central, M. Alphand avait fait placer, sur candélabres, 22 arcs de 8 ampères : 11 du côté Labourdonnais et 11 du côté Suffren. L'installation et l'entretien de ces foyers avaient été confiés à la Société « *l'Éclairage Électrique* ».

Pour compléter l'éclairage et la décoration lumineuse du Jardin central, la Compagnie Edison avait placé, sous les porches des palais des Beaux-Arts et des Arts libéraux, 315 lampes à incandescence de 10 bougies ; dans les kiosques d'orchestres, 108 des mêmes lampes ; dans les massifs, 800 lampes de 4 bougies ; sous les velums, 360 lampes de 10 bougies ; autour des pelouses, 3600 lampes de 4 bougies ; au couronnement de la vasque supérieure de la fontaine, 250 lampes de 4 bougies¹ ; et 24 régulateurs de 8 ampères au pourtour du palais des Beaux-Arts, côté Labourdonnais.

A part des extinctions partielles assez fréquentes des arcs placés dans les massifs et à l'entrée des escaliers, l'éclairage du Jardin central a été des plus réussis. La disposition des foyers et leur intensité relative étaient bien combinées ; je le dis d'autant plus volontiers que M. Alphand a collaboré très activement à cette partie de notre projet, et que c'est lui qui a fixé l'emplacement de tous les brûleurs.

Jardin inférieur. — Le Jardin inférieur était exclusivement éclairé par la Société « *l'Éclairage Électrique* » au moyen de 60 arcs de 8 ampères disposés de manière à faciliter l'accès de tous les chemins et à conserver à l'ensemble l'aspect pittoresque et animé qu'il avait pendant le jour. Ici encore M. Alphand a complètement remanié notre projet primitif et a assigné à chaque candélabre la place qu'il a occupée.

Sous la tour Eiffel, 4 projecteurs électriques illuminaient les eaux de la fontaine Saint-Vidal.

Bords de la Seine. — C'est encore la Société « *l'Éclairage Électrique* »,

1. Ces 250 lampes n'ont été allumées que pendant fort peu de temps. Elles ne pouvaient résister aux infiltrations et aux projections de l'eau.

dont l'usine se trouvait située sur les berges du fleuve, qui a été chargée de l'éclairage des ponts, du quai et des galeries de l'Agriculture. Ce service était réalisé par :

25	foyers de 8 ampères	dans les annexes de l'Agriculture.
10	—	sur le pont d'Iéna.
16	—	sur la passerelle du pont de l'Alma.
31	—	le long de la tranchée du chemin de fer.
3	—	sur le pont devant la station.
60	lampes à incandescence de 10 bougies	sur le pont d'Iéna, sous le velum.

Cours diverses. — La cour de la force motrice était éclairée par 22 régulateurs de 8 ampères suspendus à des consoles, le long du palais des Machines, et installés par MM. Steinlen et C^{ie}, de Mulhouse.

La cour intérieure de Labourdonnais, depuis la galerie Rapp jusqu'à l'École-Militaire, était éclairée par 22 régulateurs installés par la Société « Électricité et Hydraulique » de Charleroi (Belgique). Huit de ces régulateurs, placés devant la façade du palais des Machines, étaient suspendus en haut de pylônes métalliques; les quatorze autres étaient placés dans les lanternes de candélabres ordinaires.

La cour Suffren, dans sa partie Sud, en face le palais des Machines, était éclairée par 7 régulateurs de 8 ampères placés sur candélabres et installés par MM. Steinlen et C^{ie}.

Résumé. — En résumé, le service public de l'éclairage de l'Exposition, non compris les Fontaines lumineuses, était réalisé au moyen de :

48	arcs de	60 ampères.
86	—	25 —
911	—	8 —
66	lampes de	300 bougies.
416	—	16 —
2523	—	10 —
5830	—	4 —

En tout, 1 045 arcs et 8 837 lampes à incandescence.

Par contrat, le Syndicat devait installer 954 arcs et 7 716 lampes à incandescence. C'est donc une augmentation de 9,5 p. 100 sur les arcs et de 14,5 p. 100 sur les lampes à incandescence que le Syndicat avait jugé utile d'installer pour compléter l'éclairage public.

§ 2. — Éclairage privé

Les contrats du Syndicat avec l'État, aussi bien celui du 15 février 1888 que celui du 1^{er} juin 1889, contenaient les clauses suivantes relatives à l'éclairage privé :

Le Syndicat s'engage à fournir, sous sa responsabilité, l'électricité nécessaire à l'éclairage des exposants ou exploitants qui demanderont à être éclairés à l'électricité, et à faire dans ce but tous les travaux d'installation et d'entretien.

Les dépenses comprises dans cette catégorie seront soldées par abonnements par les exposants et les exploitants, conformément à un tarif soumis à l'approbation de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie.

L'emploi de l'électricité n'est pas obligatoire, et les exposants ou exploitants auront le droit de faire usage de tout autre mode d'éclairage; mais le Syndicat fera seul les fournitures et travaux relatifs à l'emploi de l'électricité.

Tarif. — En conformité de ce qui précède, le Conseil d'administration du Syndicat prépara, dès le 14 août 1888, le tarif suivant :

ÉCLAIRAGE

Pose et entretien des foyers lumineux pendant la durée de l'Exposition :

Lampes à incandescence de 10 bougies.	45 fr. l'une
— — 16 —	60 —
Lampes à arc voltaïque de 500 bougies	500 —
— — 1000 —	750 —

FORCE MOTRICE

Jusqu'à 500 chevaux-heure (fourniture du courant).	0 fr. 50 le cheval-heure.
Au delà de 500 — — — — —	0 fr. 40 —

Le tarif contenait les indications suivantes :

Les prix ci-dessus pour l'éclairage comprennent la pose des conducteurs jusqu'aux lampes, la fourniture et, s'il y a lieu, le remplacement des lampes à incandescence, la fourniture des lampes à arc, leur entretien et le remplacement des charbons.

L'appareillage (lustres, candélabres, appliques, suspensions de toute nature) est, dans tous les cas, à la charge des abonnés.

Les prix sont établis pour une durée totale d'éclairage de 900 heures au maximum. Ils seront dus lors même que les lampes ne seraient pas utilisées pendant la totalité de ce temps.

Le paiement sera effectué, moitié lors de la mise en marche des appareils, moitié trois mois après.

Au delà de 900 heures et pour chaque heure en plus, il sera perçu :

Pour une lampe à incandescence de 16 bougies	0 fr. 04
— — — — — 10 —	0 fr. 03
Pour une lampe à arc de 500 bougies	0 fr. 75
— — — — — 1000 —	1 fr. 00

Ce tarif, soumis à l'Administration supérieure, fut approuvé par arrêté ministériel en date du 6 septembre 1888.

Polices d'abonnement. — Les polices d'abonnement contenaient le tarif, quelques indications sur le service et l'engagement nettement formulé des clients (voir le modèle de police page...).

Le Syndicat agissait au nom de tous ses adhérents et s'occupait lui-même des détails du service privé. L'article 8 était formel à ce sujet; le voici *in extenso* :

Toute demande de fourniture de lumière ou de courant devra être adressée directement à l'administration du Syndicat.

Il en est de même de toute réclamation relative au service de l'éclairage privé ou à la vente du courant.

Tous recouvrements des sommes dues par les abonnés seront faits exclusivement par les soins de la direction du Syndicat.

En un mot, le Syndicat, quelques moyens d'exécution qu'il croie devoir employer pour satisfaire au service de l'éclairage privé, aura seul, vis-à-vis des abonnés, la responsabilité et le bénéfice des engagements souscrits.

S'il se produit un désaccord entre un abonné et l'administration du Syndicat, la question sera portée devant le Directeur général de l'Exploitation, qui statuera en dernier ressort.

Grâce à cette clause et à l'absence d'engagement de notre part d'être prêts à une date fixe, aucun désaccord sérieux ne se produisit entre les abonnés et le Syndicat. Chacun des abonnés désirait ouvrir son établissement dès le soir de l'inauguration officielle, mais pour beaucoup d'entre eux, la chose était impossible, par suite du retard qu'ils avaient mis à signer leurs polices. Les électriciens firent de grands efforts pour

satisfaire rapidement à toutes les demandes qui leur furent faites, et vers le 15 mai, la plupart des abonnés furent éclairés complètement.

Sur 147 polices signées et réalisées, il ne s'est élevé définitivement que 8 réclamations : 5 ont été arrangées amiablement; 2 ont été soumises à l'arbitrage de M. Georges Berger qui a donné raison au Syndicat; une seule est en ce moment pendante au Tribunal civil de la Seine. (Cette dernière contestation ne concerne pas directement l'Administration du Syndicat qui n'agit ici qu'au nom d'un adhérent, auquel le Conseil avait donné l'autorisation d'éclairer, à ses risques et périls, un exposant voisin de son installation.)

En général, aucune réduction n'a été consentie sur les prix de base du tarif; ces prix n'étaient d'ailleurs pas très rémunérateurs et leur application aurait même occasionné une assez forte perte, si le Syndicat ne s'était pas servi des stations centrales installées en vue d'assurer le service public de l'éclairage, pour alimenter la presque totalité des brûleurs placés chez les abonnés. Cependant l'éclairage de plusieurs établissements importants a fait l'objet de traités spéciaux. Je citerai, parmi ces établissements, le palais de la République Argentine, et le grand Théâtre international; le premier a été entrepris, à forfait, pour la somme de 50 000 francs, ce qui correspond à une réduction de 10 pour 100 environ sur les prix du tarif; le second a été établi, à forfait aussi, pour la somme de 27 000 francs correspondant à une augmentation de 40 pour 100 sur le tarif. Cette augmentation a été exigée à cause de l'époque tardive où la demande d'éclairage a été faite, le Syndicat n'ayant plus alors de dynamos, ni de moteurs en disponibilité.

Abonnés. — La liste que je publie ci-après contient le nom de tous les abonnés du Champ-de-Mars et de l'Esplanade des Invalides, le nombre et l'intensité des brûleurs employés et l'indication des membres du Syndicat qui ont été chargés de faire les installations et d'assurer leur fonctionnement. Je compléterai plus loin cette liste par quelques renseignements sur plusieurs installations particulières.

Pour ne pas compliquer la nomenclature des abonnés de la rue du Caire et de la section marocaine, qui étaient au nombre de 53, je les ai groupés sous quelques dénominations principales, tout en conservant les nombres totaux de brûleurs installés dans cette partie de l'Exposition.

ABONNÉS.	LAMPES ▲ INCANDESCENCE.		LAMPES ▲ A R.C.		LAMPES DIVERSES.	ENTREPRENEURS.
	10 bougies.	16 bougies.	500 bougies.	1000 bougies.		
Folies-Parisiennes. . .	75	40	12	3	886 ^l de 7 h ^{tes} . 1 ^a de 3 000 h ^{tes} .	C ^{ie} Edison. L'Éclairage élec- trique et Saut- ter-Lemonnier. L'Éclairage Électr.
Palais des Enfants. . .	136	»	34	4		—
République Argentine .	»	»	20	10		—
Pavillon du Brésil . . .	»	»	19	2		—
Panorama du Pétrole. .	»	66	»	»		—
Panorama Transatlanti- que.	»	4	»	»	6 ^l de 250 h ^{tes} .	C ^{ie} Edison.
Postes et Télégraphes .	20	15	»	»		—
Tabacs (Manufactures de l'État).	»	17	»	»		—
Canal de Suez.	»	»	12	»		—
République de l'Équa- teur.	20	24	»	»		—
Pavillon du Mexique. .	100	158	16	2		—
Théâtre International. .	52	25	26	»		C ^{ie} Électrique et Pieper.
Ville japonaise	48	»	3	»		Pieper.
Vagues de la Mer . . .	2	2	6	4		—
République du Guaté- mala	»	25	5	»		—
Commissariat du Cap. .	20	»	6	»		C ^{ie} Edison.
Régie des Tabacs Turcs.	»	»	3	»		—
Société Générale des Té- léphones	116	»	5	»		—
Pavillon Coignet. . . .	»	5	»	»		—
Restaurant Kuhn	»	176	3	»		—
Deswarte et Chenet . .	»	40	»	»		—
Dumesnil.	»	»	2	»		—
Ducastaing	»	»	2	»		—
Marie Brizard et Roger.	15	»	»	»		—
Brunet	»	»	2	»		—
Duval-Crémeux.	7	»	»	»		—
Rivière	10	»	3	»		—
Ghio	20	»	»	»		—
Gossnell.	69	»	»	»		—
Roulina.	»	6	»	»		—
Restaurant Russe . . .	170	»	»	»		Soc. pour la trans. de la force.
Van Houten.	»	53	»	»		—
Fimatis.	»	»	2	»		—
Maillet	»	6	»	»		—
Ducarre et Keller . . .	3	29	»	»		—
Champigneulle	»	40	»	»		—
Van Poecke Renault . .	»	»	1	»		Société Cance.
Brasserie de Maxeville.	173	»	»	»		Sautter-Lemonnier.
Restaurant des Petites- Marmites	»	8	24	»		—
Restaurant Hongrois. .	»	»	6	»		Pieper.

ABONNÉS.	LAMPES A INCANDESCENCE.		LAMPES A ARC.		LAMPES DIVERSES.	ENTREPRENEURS.
	10 bougies.	16 bougies.	500 bougies.	1 000 bougies.		
Restaurant de France (Trocadéro)	130	30	2	»		Société Gramme. L'Éclairage Electr. L'Éclairage Élec- trique, Steinlen et C ^{ie} , Garnot. L'Éclairage Électrique.
Restaurant Duval (quai) .	375	»	3	»		
Decauville (Champ-de- Mars, Invalides) . . .	»	10	21	3		
Van Biesbrouck	»	»	1	»		
Worthington	»	»	3	»		—
De Quillacq et Meunier .	»	5	»	»		—
Concert Égyptien	»	»	2	»		Latimer Clark.
Galerie Égyptienne . . .	»	»	2	»		—
Rue du Caire	13	»	»	»		—
Baron Delort-Degléon . .	31	»	»	»		—
Dondoumadgi	7	»	»	»		—
Divers abonnés de la Ga- lerie Égyptienne . . .	39	»	»	»		—
Divers abonnés de la rue du Caire	4	»	»	»		—
Concert Marocain	14	»	»	»		—
Tente Marocaine	19	»	»	»		—
Soliman ben Yusef	5	»	»	»		—
Divers abonnés du Ma- roc	38	»	»	»		—
Postes et Télégraphes (aux Invalides)	»	7	11	»	2 ⁱ de 50 b ^{ies} .	Garnot.
Troupel frères et Rougé .	23	»	3	5	7 ⁱ de 50 b ^{ies} .	—
De Hoagen	»	5	»	»		—
Hulstkampf	»	7	»	»		—
Ostalet-Besserat	»	3	»	»		—
Kayser (boulangerie hol- landaise)	1	6	1	»		—
Ch. Lefresne	»	6	»	»		—
Lambert	»	3	»	»		—
Watts	»	4	»	»	1 ⁱ de 150 b ^{ies} .	—
Baker et sons (boulan- gerie anglaise)	»	»	3	»		—
Blanchard	»	»	5	»		—
Pilter	4	6	»	»	1 ⁱ de 50 b ^{ies} .	—
Lacarelle	»	4	1	»		—
Chemin de fer hydrau- lique glissant	»	»	3	»		—
Algérie	»	52	21	»	1 ^s de 3 000 bou- gies (Garnot).	L'Éclairage Élec- trique et Compag- nie électrique. L'Éclairage Électrique.
Rivoire et fils	»	5	»	»		—
Feau, Foureau et C ^{ie} . .	»	4	»	»		—
Sitico (Café Maure) . . .	»	25	1	»	2 ⁱ de 50 b ^{ies} (Gar- not) 2 ⁱ de 150 b.	—
Bouchy (Amer Picon) . .	»	16	»	»		—

ABONNÉS.	LAMPES A INCANDESCENCE.		LAMPES A ARC.		LAMPES DIVERSES.	ENTREPRENEURS.
	10 bougies.	16 bougies.	500 bougies.	1 000 bougies.		
Tunisie	36	8	22	»		C ^{ie} Électrique.
Café Tunisien	»	20	2	»		—
Saint-Martin (Tabacs)	»	2	»	»		—
Colonies et Protectorat	»	»	44	»		—
Théâtre Annamite	6	20	3	»		—
Restaurant Annamite	»	6	2	»		—
Restaurant Créole	10	20	»	»		—
Thomas	20	»	»	»		—
Pecqueur	»	8	»	»		—
Cahen	»	6	»	»		—
V ^e Franconie	»	6	»	»		—
Imbryzeck	»	4	»	»		—
Vidal	»	6	»	»		—
Guibert	2	4	»	»		—
Seing-Leing	4	»	»	»		—
Hurard	2	»	»	»		—
Guillain	2	»	»	»		—
Bille-Meyer	2	»	»	»		—
Guy	2	»	»	»		—
Abensour et Moaty	1	»	»	»		—
Heléna	1	»	»	»		—
Bunon	1	»	»	»		—
Rimmel	1	»	»	»		—
Bénard	2	»	»	»		—
Kampong javanais	54	»	14	»		—

En tout, le Syndicat a installé, pour le service de l'éclairage privé : 1 905 lampes à incandescence de 10 bougies, 1 047 lampes de 16 bougies, 886 de 7 bougies, 12 de 50 bougies, 4 de 150 bougies et 6 de 250 bougies ; 382 lampes à arc de 500 bougies, 27 de 1 000 bougies et 2 de 3 000 bougies. Soit, en somme : 3 860 lampes à incandescence et 411 arcs, sans compter les 40 arcs installés au palais des Produits alimentaires par M. Pieper et les 12 arcs du velum de l'Esplanade installés par la Compagnie Électrique.

Palais des Produits alimentaires. — Par traité spécial en date du 14 janvier 1889, le Syndicat s'était engagé, envers l'État, à éclairer le rez-de chaussée du palais des Produits alimentaires par 40 régulateurs de 5 ampères, pour une somme à forfait de 20 000 francs. L'éclairage devait avoir lieu, pendant toute la durée de l'Exposition, de 10 heures du matin à 6 heures du soir.

Le marché, bien que tardivement proposé au Syndicat, renfermait des clauses assez rigoureuses : il y était dit, notamment, qu'en cas d'interruption dans l'éclairage, le Syndicat devait tenir compte à l'Administration, par appareil éteint et par heure d'extinction, de 0 fr. 437, sans préjudice de plus amples dommages et intérêts, s'il y avait lieu. Ce prix de 0 fr. 437 correspondait à celui payé au Syndicat et majoré de 25 p. 100.

Le Conseil du Syndicat trouvait ces conditions dures, surtout pour des exposants, dont l'initiative favorisait l'action du Gouvernement ; mais, persistant dans son attitude si désintéressée des premiers jours, il accepta, sans discussion, les propositions de l'État. Quand la convention fut signée, on croyait que le rez-de-chaussée du palais des Produits alimentaires serait tellement sombre pendant la journée qu'il serait impossible d'y laisser circuler les visiteurs sans éclairage artificiel ; mais au fur et à mesure de l'achèvement du palais et du classement des produits, on s'aperçut que la lumière du jour pénétrait suffisamment dans les chais qui garnissaient ledit rez-de-chaussée ; si bien qu'il devenait inutile de les éclairer pendant le jour. M. Georges Berger nous proposa alors d'éclairer l'ensemble du palais pendant les soirées. Cela occasionnait un surcroît de dépenses au Syndicat, car il pensait profiter des moteurs et des dynamos installés en vue de l'éclairage du soir, pour allumer les 40 foyers prévus dans le rez-de-chaussée, pendant la journée ; mais, fidèle à sa règle de conduite, il se rendit encore au désir du Directeur général de l'Exploitation.

Le travail d'installation et d'entretien fut confié à M. Pieper, de Liège. Le Syndicat autorisa son adhérent à placer deux dynamos dans la station de la berge, et la Compagnie Parisienne du gaz nous prêta gracieusement deux moteurs Otto de 24 chevaux pour assurer le service. Malgré toute notre bonne volonté et l'activité des agents de M. Pieper, l'éclairage du palais des Produits alimentaires a été réalisé tardivement et incomplètement. Les conducteurs ont été fréquemment endommagés par les entrepreneurs des constructions voisines ; la position des foyers lumineux a été plusieurs fois modifiée par la commission d'organisation, les brûleurs électriques ont subi quelques avaries par suite de faits exceptionnels ; bref, remanié dès le début, exécuté dans des conditions défavorables et au milieu des exposants et des visiteurs, cet éclairage n'a pas donné tout le résultat que ses promoteurs en attendaient. Au lieu d'être une source de bénéfice pour le Syndicat, il a été la cause d'une perte assez notable.

Je tiens à constater que ce résultat défavorable n'est dû qu'à un état de choses qu'on ne pouvait ni prévoir ni empêcher : le Syndicat n'a aucun reproche à faire à l'Administration ; au contraire, il n'a eu qu'à se louer, en cette circonstance, comme toujours, de la droiture de M. Georges Berger. J'ajoute que M. Prevet, président du groupe de l'Alimentation, a été également très bienveillant pour le Syndicat.

Installations des Invalides. — En principe, il avait été convenu que l'Exposition ne serait ouverte le soir que dans les emplacements du Champ-de-Mars : palais des Industries diverses, des Beaux-Arts et des Arts libéraux exceptés. La passerelle de l'Alma devait être éclairée et servir d'avant-garde, pour ainsi dire, aux avenues amenant le public aux Fontaines lumineuses.

Cette manière de voir contrariait bien un peu les commissaires généraux des colonies et tous les concessionnaires installés dans la partie Est de l'Esplanade des Invalides, mais le Ministre voulait simplifier les choses et ne pas diviser les chances, déjà très problématiques, du succès des soirées de l'Exposition.

De son côté, le Syndicat, conscient des lourdes responsabilités qui lui incombaient, ne cherchait pas à augmenter son rayon d'action et résistait vivement aux demandes d'éclairage dont il était l'objet de la part d'un groupe influent d'exposants. Quelques mois avant l'ouverture de l'Exposition, M. Sanson, commissaire général de la Tunisie, M. Muller, commissaire général de l'Algérie, et M. Henricque, commissaire général des Colonies, parvinrent à vaincre la résistance de l'Administration supérieure et obtinrent l'autorisation d'ouvrir le soir. Le Syndicat fut de nouveau mis à contribution : son désir de faire une belle et grande démonstration des multiples ressources de l'éclairage électrique augmentait avec les difficultés et avec les développements inattendus que prenait son entreprise. Il accepta donc des polices d'abonnement et en confia la réalisation à la « Compagnie Électrique », à M. Garnot et à la Société « l'Éclairage Électrique ». Il fit plus : au moment où l'éclairage, commandé par les exposants et les divers commissariats, fut prêt et essayé, l'Administration trouva que les abords de l'Esplanade étaient trop peu éclairés pour qu'on pût ouvrir le soir. Le Syndicat fit alors installer à ses frais 12 arcs sous le velum et 16 bougies Jablochkoff à l'entrée principale de l'Esplanade. Ces 28 foyers qui occasionnèrent au Syndicat une dépense de plus de 30 000 francs, levèrent toutes les difficultés et l'Exposition des Invalides fut ouverte au public le soir dès le 11 juin 1889.

Éclairage des travaux. — Il faut également classer dans le service privé les divers travaux faits par le Syndicat pour l'éclairage des chantiers de M. Dutert, Bouvard et Formigé.

Ces travaux étaient exécutés aux conditions suivantes :

Pour chaque locomobile de 20 chevaux :

Installation première	3 000 francs.
Par arc de 8 ampères et par heure	1 —
Minimum garanti par jour.	100 —

Dès les premiers jours de janvier 1889, deux locomobiles ont été installées par la Compagnie Edison : l'une près de la galerie des Machines et l'autre au milieu du Jardin central.

La première fournissait de la lumière dans le palais des Machines, la Galerie de 30 mètres, le Dôme central et les pavillons de la Ville de Paris où étaient situés les ateliers de moulage.

La seconde éclairait les chantiers des palais des Beaux-Arts et des Arts libéraux, et les ateliers où M. Coutan préparait les éléments de sa fontaine monumentale.

Elles ont fourni :

La première, du 11 janvier au 5 mai.	11 911 lampes-heure.
La seconde, du 14 — 3 —	10 067 —

Pendant les dernières semaines qui ont précédé l'inauguration de l'Exposition, le service de l'exploitation a fait éclairer complètement le palais des Machines pour permettre aux exposants de terminer rapidement leurs installations. Cet éclairage a été réalisé en partie par les locomobiles de la Compagnie Edison, et en partie par la station Gramme qui était déjà terminée.

Il a été fourni en cette circonstance, du 22 mars au 11 mai, 3162 lampes-heure.

Premier banquet des maires. — Le banquet des maires du 14 juillet 1888 s'est tenu dans les bâtiments des sections étrangères et a été éclairé par les soins du Syndicat.

L'éclairage comprenait 60 régulateurs, fournis par la maison Sautter-Lemonnier et C^{ie}, qui recevaient le courant de l'usine même de cette maison, 40 bougies Jablochkoff alimentées par des locomobiles et des dynamos de la Société « l'Éclairage Électrique », et 150 lampes à incan-

descence installées et alimentées au moyen d'accumulateurs par la maison Jarriant et C^{ie}.

Importance de l'éclairage privé. — Si on ajoute aux 3860 lampes à incandescence et aux 411 arcs installés pour le service de l'éclairage privé proprement dit : les 40 arcs du palais des Produits alimentaires, les 12 arcs du velum de l'Esplanade des Invalides, les 100 arcs du banquet des maires, les 150 lampes à incandescence du même banquet et les 60 arcs qui ont fonctionné pour l'éclairage des travaux, on arrive aux totaux suivants :

623 foyers à arc et 4010 lampes à incandescence installés pour l'éclairage privé de l'Exposition.

Récapitulation générale de l'entreprise. — Le Syndicat a ainsi installé :

1° Pour l'éclairage public, y compris les Fontaines lumineuses :

1093 foyers à arc et 8837 lampes à incandescence.

2° Pour l'éclairage privé :

623 foyers à arc et 4010 lampes à incandescence.

L'entreprise totale de l'éclairage de l'Exposition était donc de :

1716 foyers à arc et de 12847 lampes à incandescence.

Aucun éclairage temporaire n'a jamais atteint une aussi grande importance.

CHAPITRE III

STATIONS CENTRALES

Force motrice. — Le Conseil d'administration du Syndicat s'est, dès les débuts de sa gestion, préoccupé d'assurer le service de la force motrice sur des bases assez larges pour n'éprouver aucun mécompte dans la période d'exploitation.

Il demanda tout d'abord à MM. Alphand et Berger l'autorisation d'établir des stations centrales dans diverses parties du Champ-de-Mars, afin de diminuer les frais de canalisation et de permettre aux grandes sociétés d'électricité de faire une démonstration complète de leurs moyens d'action. Cette demande venait à l'encontre d'une décision prise antérieurement par l'Administration supérieure en vertu de laquelle toutes les machines motrices devaient être disséminées dans le palais des Machines et tous les générateurs installés dans une vaste cour située entre le palais des Machines et l'École-Militaire. Cependant les Directeurs généraux, après une étude approfondie de la question, accordèrent au Syndicat trois emplacements tout à fait convenables : un sur l'avenue de Labourdonnais, près du pavillon de la Presse; un sur la berge de la Seine, à gauche du pont d'Iéna; et un troisième entre le palais des Machines et les galeries des Industries diverses, dans un jardin intérieur.

Une série de postes d'électricité, établis dans le palais des Machines, devaient fournir le complément de travail moteur nécessaire à l'éclairage; à cet effet, M. Berger avait demandé aux classes 50, 52, 53, 57, 62 et 63, ainsi qu'à la section anglaise et à la section suisse, de réserver un certain emplacement pour les besoins de ce service.

Le prix de 0 fr. 20 par cheval-heure fut offert par le Syndicat à tous les adhérents déjà connus qui désireraient construire des stations et se

fournir à eux-mêmes la puissance mécanique. Ce prix n'est évidemment pas rémunérateur, mais il pouvait être accepté par des constructeurs-mécaniciens ayant de nouvelles machines à exposer et désirant les montrer en mouvement. Le Conseil du Syndicat, en présence de l'aléa qui existait sur le chapitre des recettes, avait d'ailleurs le devoir de rechercher à limiter le plus possible les dépenses.

Ce prix fut accepté par : la Société Gramme, la Compagnie Edison, la Société « l'Éclairage Électrique », la « Société anonyme pour la transmission de la force », et par MM. Steinlen et C^{ie}.

Il restait à pourvoir à la fourniture de force motrice nécessaire aux autres adhérents :

1° A ceux qui désiraient réaliser eux-mêmes toute leur installation mécanique et électrique et ne demandaient que de la vapeur. C'était le cas de MM. Crompton, Sautter et Lemonnier, Alioth, des ateliers d'Erlikon, de MM. Borssat, Garnot, de la Société française de matériel agricole et de la Société des forges et chantiers de la Méditerranée.

2° A ceux qui n'apportaient que leurs dynamos et avaient besoin de prendre leur force motrice sur un arbre tournant.

Dans ce but, le Conseil accueillit la demande de la Chambre syndicale des mécaniciens-chaudronniers et fondeurs dont quelques membres désiraient exposer des chaudières en feu qui n'avaient pas été acceptées vu leur faible puissance par le service mécanique de l'Administration, et il s'adressa, en outre, à MM. de Naeyer et C^{ie} pour de la vapeur et à M. Boulet pour une machine à vapeur verticale d'une puissance nominale de 100 chevaux.

Enfin, la Compagnie parisienne du Gaz et la Société des moteurs Otto mirent à la disposition des électriciens un certain nombre de moteurs à gaz d'une puissance totale de 350 chevaux. Le Syndicat payait, pour l'usage de ces moteurs, le prix de 0 fr. 20 par cheval-heure, tous frais compris.

C'étaient là, bien entendu, des conditions exceptionnelles faites pour aider à la réalisation d'une œuvre également exceptionnelle.

L'emplacement de la berge fut attribué à la Société « l'Éclairage Électrique », celui de l'avenue de Labourdonnais à la Compagnie Edison, et celui du jardin intérieur à la Société Gramme et à la « Société pour la transmission de la force ». MM. Steinlen et C^{ie} s'installèrent dans la cour de la force motrice dans l'axe même de l'École-Militaire, et le Syndicat fit construire une petite station sur la berge et une station principale dans le jardin intérieur.

STATION GRAMME

Dispositions générales. — La station Gramme, représentée fig. 1 en perspective et planche 5 en élévation et plan, avait 38 mètres de longueur totale et 18 mètres de largeur; sa surface était donc de 684 mètres carrés. Sa puissance normale était de 700 chevaux, sa puissance maximum de 800 chevaux.

Le Syndicat avait confié à la Société Gramme l'éclairage de la nef du palais des Machines au moyen des gros foyers, l'éclairage de l'intérieur du Dôme central et l'illumination des fontaines. Ce programme était simple, eu égard à la petite quantité de foyers et au petit nombre des emplacements à éclairer; mais il offrait de sérieuses difficultés d'exécution et nécessitait surtout une sécurité absolue dans son fonctionnement de tous les jours. On comprenait, en effet, les jardins à moitié éclairés, les pelouses et les massifs complètement éteints, la galerie des restaurants avec des extinctions partielles : tout cela était désagréable, donnait lieu à des reproches et à des amendes, mais n'entraînait en fin de compte aucune conséquence fâcheuse. Il en eût été tout autrement si les grands lustres s'étaient éteints ou si les fontaines avaient cessé d'être lumineuses : le succès des soirées de l'Exposition était, de ce fait, irrémédiablement compromis.

La qualité primordiale de la station Gramme devait donc être de présenter une sécurité absolue dans sa marche quotidienne. Cette station devait en outre pouvoir satisfaire à une augmentation sensible dans sa production normale, au début des séances des fontaines, sans qu'il pût en résulter un échauffement trop grand des fils, des étincelles nuisibles aux balais, des irrégularités de vitesse aux moteurs et des baisses de pression aux générateurs de vapeur.

Pour remplir toutes ces conditions, la Société Gramme s'adressa à la maison Davey-Paxman, de Colchester, et lui demanda d'installer des machines horizontales, sans condensation, et des chaudières à grand volume d'eau. De son côté, elle mit en fabrication 6 dynamos pouvant, sans la moindre fatigue, satisfaire au programme.

Matériel électrique. — Le courant était fourni par 6 dynamos groupées deux par deux, du type supérieur, avec inducteurs en fer coulé,

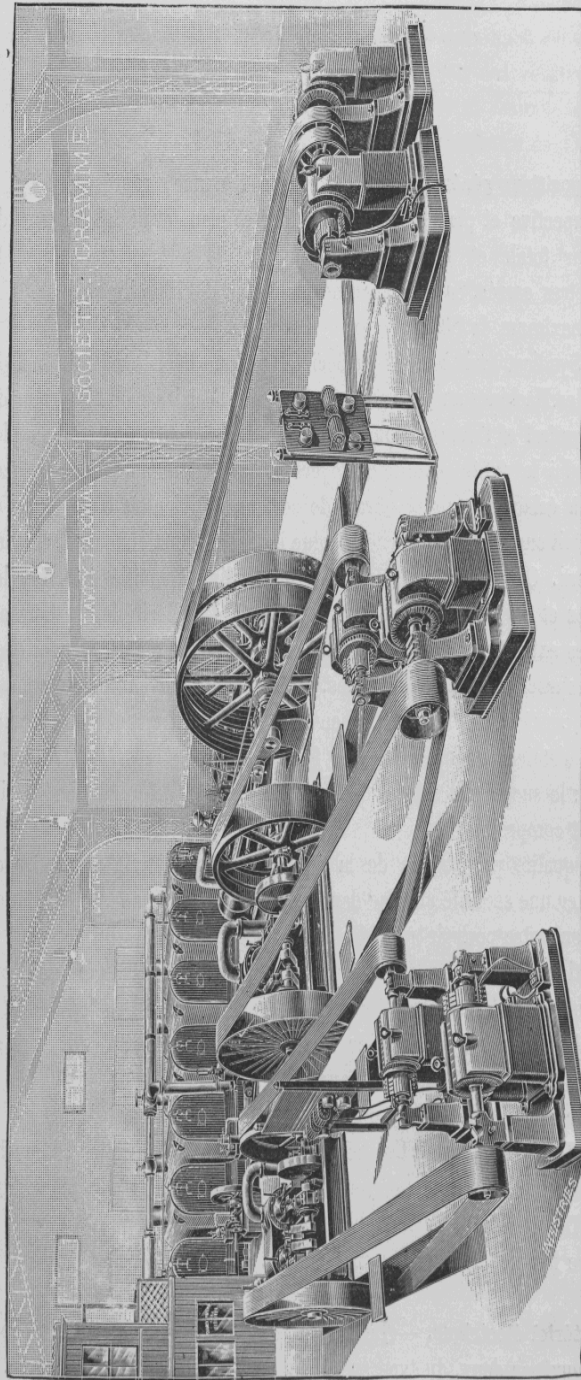


Fig. 1. — Station de la Société Gramme.

Voici les données principales de ces dynamos représentées fig. 2 :

DÉSIGNATION.	MACHINES de 900 ampères.	MACHINES de 480 ampères.	MACHINES de 275 ampères.
Puissance totale de chacune des dynamos, en watts (y compris l'excitation)	111 600	58 200	33 960
Volts disponibles aux bornes	120	120	120
Ampères.	900	480	275
Nombre de tours par minute.	310	440	750
Courant d'excitation dans les inducteurs, en ampères.	30	5	8
Résistance de l'induit à 15 degrés.	0,0030	0,00676	0,0134
— des inducteurs en dérivation	4,00	24,00	13,00
— — en série.	»	0,0056	»
Nombre d'ampères par millimètre carré de section: induit.	2,80	2,85	3,20
— — — — — induc- teurs.	2,00	2,00	1,90
Rendement électrique.	94,5	94	93,5
— mécanique industriel.	89,2	88	88
Longueur de la machine, y compris la poulie.	2 ^m ,950	2 ^m ,100	1 ^m ,845
— — — sans la poulie.	2 ^m ,465	1 ^m ,650	1 ^m ,560
Hauteur.	1 ^m ,790	1 ^m ,300	1 ^m ,100
Largeur.	1 ^m ,230	1 ^m ,200	0 ^m ,785
Poids.	10 600 kilog.	5 150 kilog.	2 200 kilog.

Les dynamos étaient couplées en tension, deux par deux; la différence de potentiel aux bornes d'une paire de dynamos était donc de 240 volts.

Le courant de chaque groupe pouvait, à volonté, être envoyé au palais des Machines, dans le dôme ou sous les fontaines, de manière que, si une dynamo quelconque venait à manquer, l'éclairage fût seulement amoindri sans jamais qu'il pût y avoir une extinction totale, même momentanée.

Le tableau principal de distribution est représenté planche 6. Il avait pour objet d'envoyer le courant des 2 dynamos de 900 ampères aux régulateurs des fontaines ou aux lustres du palais des Machines. La légende qui accompagne le dessin et l'indication complète d'un des circuits alimentant, en série, 3 lampes de 60 ampères, permettront au lecteur de se rendre compte de tous les détails de ce tableau. Les quelques renseignements généraux ci-après compléteront la légende et en rendront la lecture plus facile :

Deux câbles reliaient le tableau, l'un à la borne positive d'une dynamo de 900 ampères et l'autre à la borne négative de la seconde dynamo de

même puissance. Le câble partant du pôle positif aboutissait à l'extrémité d'une barre de cuivre horizontale, sur laquelle étaient branchés les 16 câbles qui desservaient les 48 régulateurs des grands lustres. Dans chacun des circuits étaient intercalés un commutateur, un ampèremètre, un coupe-circuit et une résistance. Les 16 câbles de retour des lustres aboutissaient à une barre de cuivre verticale située à droite du tableau,

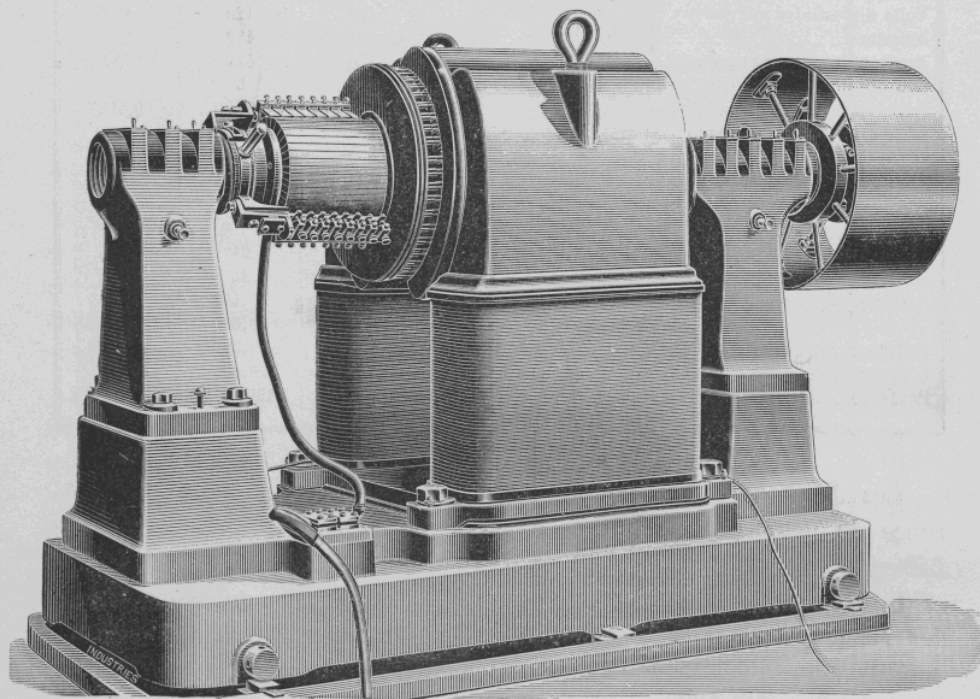


Fig. 2. — Dynamo Gramme de 900 ampères.

laquelle communiquait avec le câble de retour aux dynamos par l'intermédiaire d'une plaque mobile.

Sur les faces latérales du tableau se trouvaient des commutateurs reliés avec les conducteurs d'arrivée des deux autres groupes de dynamos et avec les circuits des grands lustres de manière à pouvoir allumer 12 régulateurs de 60 ampères (3 par lustre) pendant le fonctionnement des fontaines lumineuses. (Un déplacement de la plaque mobile permettait de relier la barre verticale de droite avec les conducteurs de retour des deux autres groupes.)

Lorsque le courant des dynamos de 900 ampères devait servir à l'alimentation des fontaines lumineuses, il passait du câble d'aller des dynamos dans la barre de cuivre horizontale, et, par l'intermédiaire de deux commutateurs, il était envoyé aux bornes de départ des deux fontaines et revenait ensuite par la barre verticale placée à droite du tableau.

Un ampèremètre indicateur et un ampèremètre enregistreur étaient intercalés dans le circuit de l'une ou l'autre des fontaines pour en étudier le fonctionnement journalier.

Les circuits inducteurs des deux dynamos de 900 ampères aboutissaient à des commutateurs à rhéostats placés à la partie inférieure du tableau et permettant de régler l'excitation.

Les tableaux de distribution, placés près des deux autres groupes de dynamos, étaient établis sur le même principe, mais ils comportaient naturellement beaucoup moins d'organes et d'instruments de mesure.

Matériel mécanique. — Chaque groupe de dynamos Gramme était conduit par une machine à vapeur Davey-Paxman; il y avait ainsi 3 machines motrices, savoir :

1 de 360 chevaux pour les dynamos de	900 ampères.
1 de 250 — — — — —	480 —
1 de 125 — — — — —	275 —

Ces trois machines étaient, comme je l'ai déjà dit, horizontales, sans condensation.

La première, représentée planche 27, est une machine compound à cylindres séparés dont les pistons sont accouplés sur manivelles à 90 degrés placées aux extrémités de l'arbre du volant.

Les cylindres, supportés chacun par un socle spécial, sont boulonnés aux extrémités d'un bâti du genre américain.

Voici ses principales dimensions :

Diamètres des cylindres.	0 ^m ,559 et 0 ^m ,888
Course commune.	1 ^m ,220
Nombre de tours par minute.	65
Volants-poulies : diamètre = 4 ^m ,270, largeur = 0 ^m ,457.	
Vitesse circonférentielle	14 ^m ,530
Poids de chaque volant-poulie.	7500 kil.

Chaque volant-poulie conduisait directement une dynamo de 900 ampères.

Cette machine est munie d'une distribution à détente variable par l'action du régulateur, imaginée par M. Paxman.

La distribution normale au petit cylindre s'effectue au moyen d'un tiroir plan conduit par un excentrique circulaire; ce tiroir détermine l'avance à l'admission, l'avance à l'échappement et la compression. Il est percé de deux orifices et reçoit un diaphragme également percé de deux orifices égaux aux premiers. Sur ce diaphragme repose un petit tiroir, commandé par deux excentriques et une coulisse mobile sous l'action du régulateur¹.

En pratique, cette distribution a donné d'excellents résultats.

La deuxième machine est du système compound à réservoir intermédiaire. Les cylindres sont accolés et montés sur un bâti à poutrelles formé de plusieurs parties assemblées et boulonnées (bonne disposition pour le transport, le montage et le démontage des appareils ne devant servir que temporairement ou devant être expédiés dans les pays lointains).

Ses dimensions principales sont :

Diamètre des cylindres	0 ^m ,470 et 0 ^m ,724
Course commune.	0 ^m ,609
Nombre de tours par minute	95
Volant. Largeur = 0 ^m ,610; diamètre = 3 ^m ,050.	
Poulie. Largeur = 0 ^m ,406; diamètre = 3 ^m ,050.	
Vitesse circonférentielle.	15 ^m ,16

La troisième machine est du même type que la précédente. Ses principales dimensions sont :

Diamètres des cylindres.	0 ^m ,324 et 0 ^m ,508
Course commune.	0 ^m ,610
Nombre de tours par minute	105
Volant. Largeur = 0 ^m ,432; diamètre = 2 ^m ,590.	
Poulie. Largeur = 0 ^m ,330; diamètre = 2 ^m ,590.	
Vitesse circonférentielle.	14 ^m ,23

MM. Davey Paxman avaient installé 9 générateurs timbrés à 8 kilogrammes et ayant chacun 66 mètres carrés de surface de chauffe. Cinq d'entre eux, réunis par un collecteur de vapeur, formaient un premier groupe destiné à l'alimentation des machines de la station Gramme. Les quatre autres générateurs formaient un deuxième groupe destiné à fournir

1. Voir pour la description complète de la distribution Paxman l'ouvrage *Sur les machines à vapeur à l'Exposition de 1889*, par M. BUCHETTI, pp. 11 et suivantes.

la vapeur aux machines motrices des sections anglaise et américaine dans le palais des Machines.

Ces générateurs (type locomotive) sont construits en tôle d'acier. Les plaques des foyers et des enveloppes extérieures sont embouties, d'un seul coup, à la presse hydraulique et recuites après emboutissage.

Voici quelques dimensions de ces chaudières :

Longueur totale	5 ^m ,590
Diamètre du corps cylindrique.	1 ^m ,346
Longueur du foyer.	1 ^m ,524
Largeur —	1 ^m ,178
Hauteur —	1 ^m ,319
Nombre des tubes	100
Diamètre extérieur des tubes	57 mill.

Le service d'alimentation des chaudières était assuré par deux pompes à vapeur, l'une verticale à un cylindre, l'autre horizontale à deux cylindres, capables l'une ou l'autre d'alimenter entièrement les deux batteries de générateurs.

Une série de mécanismes et de dispositions spéciales imaginés par M. Godillot et représentés planche 25 permettait d'obtenir un chauffage très régulier. Voici le fonctionnement de ces appareils.

Le combustible, composé essentiellement de fines et de poussier de charbon, est amené de l'extérieur de la station par une vis d'Archimède à deux autres vis placées perpendiculairement à celle-ci, dans le prolongement l'une de l'autre, et régnant dans toute la longueur de la batterie, au niveau du plancher.

Charrié par ces vis longitudinales, le combustible se déverse d'une manière à peu près égale dans des trémies placées en regard de chaque foyer. De ces trémies partent de nouvelles vis qui conduisent le charbon sur des grilles coniques munies d'une circulation d'eau.

Chaque grille se compose : 1° d'une grille conique disposée en escalier, à la façon de toutes les grilles de gazogènes; 2° d'une grille horizontale ordinaire, placée à la suite de la première, sur laquelle vient s'achever la combustion des fines déjà agglutinées. La grille conique est arrosée continuellement d'eau, ses barreaux sont à peine chauds en marche. Ce foyer constitue ainsi un véritable gazogène à grande flamme apte à brûler les menus.

Tout un système de transmissions et de cônes, mù par une machine de 10 chevaux, donnait le mouvement aux vis et servait à régler la vitesse de chargement des grilles.

La combinaison de M. Godillot m'a paru d'un emploi très facile et très économique. J'ai surtout constaté qu'elle donnait beaucoup moins de fumée que tous les autres systèmes de chauffage.

Les produits de la combustion passaient, au sortir des boîtes à fumée, par des conduits plongeants, dans un caniveau collecteur placé sous lesdites boîtes et aboutissant à une cheminée ayant 37 mètres de hauteur, 3^m,24 de diamètre intérieur à la base et 2^m,24 de diamètre en haut.

Tous les tuyaux d'échappement étaient placés dans le sol ; ils se réunissent en une seule conduite qui montait verticalement dans la cheminée et qui débouchait à 1 mètre du sommet de celle-ci, c'est-à-dire 36 mètres du sol.

Résumé. — En résumé, pour assurer à son service une sûreté absolue et une élasticité dans la production, la Société Gramme avait installé, d'accord avec M. Paxman : 1° des chaudières à grand volume d'eau, à foyers fumivores et à double appareil d'alimentation ; 2° des machines à vapeur horizontales, sans condensation, d'une grande simplicité, très abordables dans toutes leurs parties ; 3° des dynamos pouvant envoyer leur courant dans toutes les directions ; 4° des brûleurs, tous groupés de la même manière et pouvant fonctionner avec chaque paire de dynamos.

Toute l'installation fut prête le 25 avril 1889 et son fonctionnement ne laissa rien à désirer jusqu'à la clôture de l'Exposition. Si j'avais à résoudre de nouveau le problème posé par le Syndicat à la Société Gramme, je n'hésiterais pas à faire la même installation, sans aucune modification.

STATION EDISON

Dispositions générales. — La station Edison, représentée planche 7, située sur l'avenue de Labourdonnais, existe encore ; c'est la seule installation du Syndicat qui ait été conservée, parce que c'était la seule qui ne gênât en rien les services de la voirie, ni les projets de transformation du Champ-de-Mars. Au contraire, elle est utilisée dans lesdits projets et doit servir à l'éclairage quotidien des jardins et à l'éclairage intermittent des fêtes qui seront données au Champ-de-Mars pendant la belle saison.

Les administrateurs de la Compagnie Continentale Edison, en prévision de ce qui arrive, ont pris toutes les mesures nécessaires pour l'établissement d'une station centrale définitive : les bâtiments sont solidement édifiés,

les fondations des machines sont descendues au bon sol, etc., etc. Il n'y a rien de provisoire dans toute l'installation. C'est le type très réussi d'une station centrale pour l'intérieur d'une ville comme Paris où les grands emplacements sont rares et extrêmement coûteux.

Une station définitive, dans ces conditions, doit tenir peu de place, consommer peu de combustible par unité de courant produit, et être

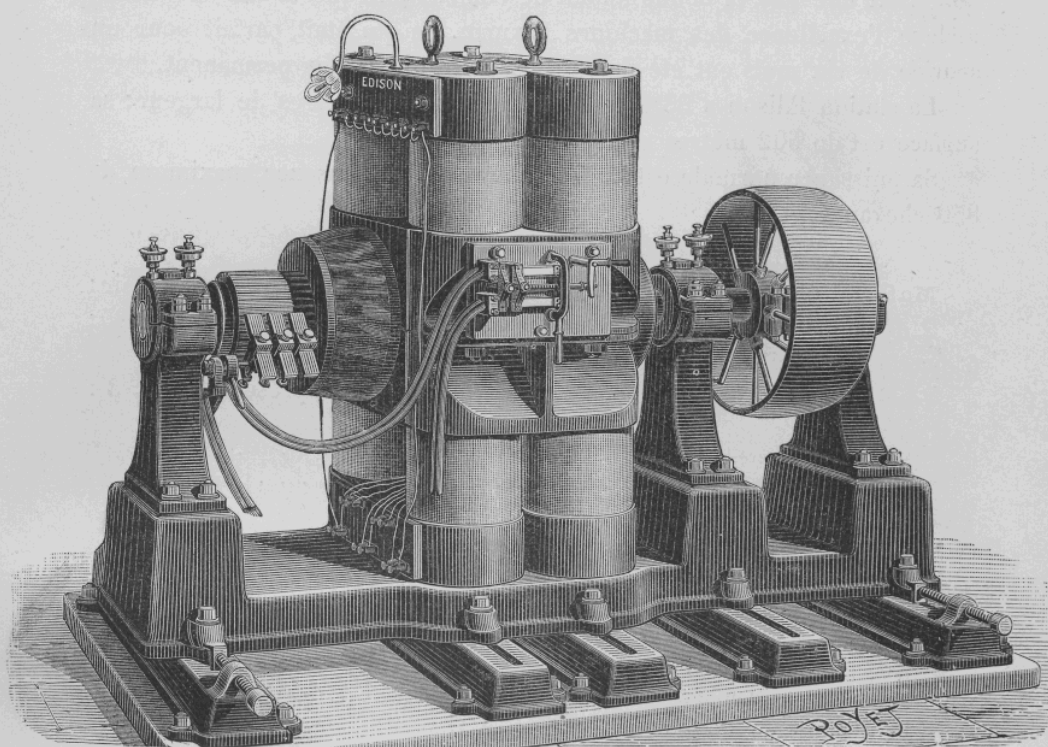


FIG. 3. — Dynamo Edison de 800 ampères.

composée d'éléments groupés de telle sorte qu'on puisse laisser reposer l'un d'eux sans arrêter le service.

L'emplacement restreint exige des machines verticales, des chaudières multitubulaires et des dynamos attelées directement ou par simples courroies aux machines. L'économie de combustible peut être réalisée à l'aide de dynamos perfectionnées, de machines à condensation et à longue détente, et de chaudières à grand rendement. Les tableaux de distribution et le mode de couplage des dynamos doivent enfin permettre de

réparer une dynamo, une machine ou une chaudière, sans arrêter aucune partie de l'éclairage.

Toutes ces conditions ont été remplies dans la station Edison de l'avenue de Labourdonnais.

Pour ne citer qu'un seul fait à l'appui de ce qui précède, je dirai que, pour une puissance développée sensiblement égale, la station Gramme dépensait une fois et demie autant de combustible que la station Edison, malgré l'excellence des machines Paxman. Ce qui était parfait pour un service de six mois eût été désastreux pour un service permanent.

La station Edison a 33^m,50 de longueur sur 15 mètres de largeur; sa surface est de 502 mètres carrés.

Sa puissance normale est de 750 chevaux; sa puissance, maximum, de 850 chevaux.

Matériel électrique. — Les courants sont fournis par 8 dynamos, savoir :
2 dynamos à excitation dérivée de 100 000 watts type n° 8, série 1885;
6 dynamos à excitation dérivée de 35 000 watts type n° 7, série 1885.

Voici les données principales des 2 dynamos n° 8 représentées fig. 3 :

Nombre d'ampères	800
— de volts	125

Induits.

Vitesse linéaire	10 ^m ,50
Nombre de tours par minute	350
Diamètre extérieur.	0 ^m ,630
Longueur de la génératrice.	0 ^m ,800
Nombre de divisions du collecteur.	40
Résistance	0,0054 ohm.
Poids du cuivre.	190 kil.

Inducteurs.

Résistance	4,25 ohms.
Courant d'excitation maximum.	29,5 ampères.
Poids du cuivre.	285 kil.
Rendement électrique	96,5 p. 100

Un détail important à noter dans ces dynamos à grand débit, c'est la construction du *commutateur-interrupteur* du courant qui est combiné en vue d'obtenir une action très rapide en même temps qu'une grande sécurité de fonctionnement. Il consiste en un verrou en forme de fer à cheval

dont les extrémités ferment le circuit en s'appuyant sur une autre pièce placée en regard. Une tige centrale armée d'un ressort antagoniste puissant fait corps avec l'étrier. Pour le manœuvrer, il suffit d'appuyer sur un levier dont l'autre extrémité, légèrement adoucie, s'applique sur un ergot et force l'étrier à se mouvoir vers les touches de contact. L'étrier reste ensuite calé dans sa position par un loquet transversal; on relève alors le levier. Pour rompre les communications, il suffit de libérer le loquet et brusquement, le ressort antagoniste ramène l'interrupteur à sa position primitive.

La distribution adoptée est celle dite à 3 fils.

Tous les circuits étaient alimentés par les 8 dynamos formant deux groupes égaux de 4 dynamos en quantité. Ces groupes étaient montés en tension.

La station possède un tableau de distribution et un appareil d'inversion.

Le tableau de distribution est analogue à ceux employés généralement par les électriciens : Sur un panneau de marbre sont placées les barres collectrices de courant; une série de bornes, où aboutissent les câbles des différents circuits extérieurs, sont reliées à ces barres par l'intermédiaire de coupe-circuits à lames fusibles et d'interrupteurs à verrou. Des ampèremètres placés sur tous les circuits permettent de s'assurer du débit, tandis que des voltmètres de contrôle facilitent la surveillance et le réglage des machines.

L'*appareil d'inversion et de réglage* comprend les régulateurs de champ magnétique des dynamos, les barres collectrices de courant et un mécanisme permettant le réglage individuel ou commun du champ magnétique des dynamos et le groupage de chaque dynamo sur l'un ou l'autre point de la canalisation. Un enclenchement très ingénieux rend automatiquement impossible toute inversion dans l'ordre établi pour les manœuvres.

La planche 8 montre les inverseurs de courant et les rhéostats de champ magnétique. Un schéma général de l'installation, avec une légende explicative, représenté sur la même planche, permet de se rendre compte de l'ensemble de la distribution Edison.

Comme on voit, les huit commutateurs-inverseurs sont montés séparément sur un bâti en fonte, lequel supporte également les rhéostats des dynamos.

On peut, à l'aide de leviers et de manettes, produire : l'excitation du champ magnétique d'une dynamo avant sa mise en circuit; la variation

individuelle et simultanée du champ; la mise d'une machine en quantité ou en tension avec plusieurs autres dynamos déjà en marche.

Ces trois manœuvres sont obtenues de la manière suivante :

1° Le commutateur d'excitation de chaque dynamo est muni d'un enclenchement le rendant solidaire du levier de mise en circuit de cette dynamo et empêchant son fonctionnement quand la mise en circuit existe. Lorsque le levier est dans sa position moyenne, la dynamo est hors du circuit, et le commutateur d'excitation peut être manœuvré, car dans cette unique position il est déclenché.

2° L'appareil porte une rangée demi-circulaire de contacts permettant d'intercaler des résistances variables dans le champ magnétique de chaque machine. Le levier de chaque commutateur est actionné par une simple poignée. La manœuvre simultanée de plusieurs de ces leviers se fait à l'aide de roues dentées au-dessus et au-dessous desquelles se trouvent des pignons montés sur deux arbres horizontaux. En agissant sur des leviers verticaux, on peut faire glisser les pignons sur l'arbre et les embrayer avec les engrenages correspondants. En manœuvrant ensuite les volants calés aux extrémités des arbres horizontaux, on règle simultanément le champ magnétique des dynamos en service. On peut aussi régler individuellement le champ des dynamos en agissant sur le levier correspondant.

3° La mise d'une dynamo en quantité ou en tension avec plusieurs autres dynamos déjà en marche, se fait à l'aide d'inverseurs proprement dits ou d'interrupteurs à deux directions munis d'un levier qu'il suffit de lever ou de baisser pour obtenir le résultat cherché. Ce levier ne peut être manœuvré que lorsque la dynamo est excitée; dans tout autre cas, le commutateur d'excitation et ledit levier sont enclenchés; le second ne peut se mouvoir tant que le premier n'est pas dans la position qui correspond à l'excitation de la dynamo.

Inutile d'insister sur tous ces mécanismes qu'on ne peut réellement bien étudier que sur place. J'ai tenu seulement à en donner une idée générale et surtout à en signaler l'ingéniosité et la simplicité d'emploi.

Matériel mécanique. — Les dynamos n° 8 sont actionnées chacune par une machine-pilon de 150 chevaux et les dynamos n° 7 sont mues également par des machines de 150 chevaux, mais par groupe de deux sur la même machine.

En se reportant à la planche 7, on verra la disposition adoptée dans

l'installation des cinq machines motrices : les quatre premières, placées au centre de l'usine, sont à triple expansion ; la cinquième, placée à gauche est du système compound. Toutes les cinq ont été étudiées et construites par la maison Weyher et Richemond, de Pantin.

Les machines à triple expansion étant nouvelles, je les ai représentées planche 28, et je vais en indiquer les dispositions essentielles :

Ces machines ont quatre cylindres : un petit, un moyen et deux grands. Les cylindres sont disposés deux par deux en *tandem* : petit et moyen cylindres en haut, grands cylindres en bas. Cette connexion permet de réduire à deux le nombre des manivelles et équilibre parfaitement l'effort sur chacune d'elles.

La vapeur, à la pression de 10 kilogrammes, agit dans un premier cylindre pendant la moitié de la course du piston, puis se rend au moyen cylindre où elle continue à se détendre, et enfin elle arrive dans les deux grands cylindres où s'achève l'expansion, avant l'échappement au condenseur. Le rapport du volume introduit au volume échappé est de 1 à 12. La distribution des cylindres à haute et à moyenne pression se fait au moyen de tiroirs cylindriques équilibrés ; les grands cylindres ont des tiroirs plans à double orifice. Deux excentriques calés sur l'arbre moteur suffisent pour actionner les quatre tiroirs.

Les cylindres sont entourés d'une enveloppe de vapeur et recouverts d'une épaisse chemise en substance isolante.

L'arbre moteur est en deux pièces ; il porte deux manivelles à angle droit et est supporté par quatre paliers faisant corps avec le bâti.

Le graissage intérieur se fait par un oléomètre à gouttes visibles. Toutes les articulations fixes ou mobiles sont lubrifiées à la graisse solide et à l'aide d'appareils fixes, facilement accessibles pendant la marche.

L'arbre moteur, dont les deux parties sont réunies par un manchon rigide à plateaux, porte à chaque extrémité une poulie-volant. L'un des volants est muni intérieurement d'un régulateur à force centrifuge qui actionne une valve équilibrée, placée à l'entrée du petit cylindre, par l'intermédiaire du compensateur Denis.

A la sortie des grands cylindres, la vapeur des quatre machines à triple expansion se rend dans un condenseur unique, composé d'une cloche verticale d'injection pourvue d'un pulvérisateur permettant de réduire la quantité d'eau froide à 150 litres par cheval-heure. Deux pompes à air automotrices et équilibrées servent à l'extraction de l'eau et de l'air du condenseur.

Le condenseur forme donc un appareil spécial qui peut être placé à une assez grande distance des machines. Cette disposition est heureuse : elle supprime du bruit, réduit l'encombrement et la complication des machines et permet de donner toujours aux pompes la vitesse qui leur convient.

D'après ce que les constructeurs m'ont affirmé, la consommation de vapeur de leurs machines à triple expansion ne dépasse pas 6 kilogrammes et demi par cheval-heure.

La vapeur était fournie par trois chaudières Belleville type 1889. Chaque générateur peut produire 2 600 kilogrammes de vapeur par heure à une pression de 10 kilogrammes. Deux suffisaient pour l'alimentation normale de l'usine; la troisième était en réserve.

Ces générateurs ont chacun une surface de chauffe de 127 mètres carrés; leur volume d'eau, le plein étant fait au niveau normal, est de 1 920 litres.

Un générateur est composé de 7 éléments doubles de 2^m,50 de longueur; les tubes, au nombre de 112, ont 0^m,125 de diamètre extérieur, une épaisseur de 10 millimètres pour les rangées placées directement au-dessus du foyer et de 5 millimètres pour les autres rangées.

Deux pompes d'alimentation indépendantes maintiennent le niveau de l'eau à une hauteur à peu près constante.

La cheminée a 35 mètres de hauteur avec 1^m,20 de diamètre intérieur au sommet et 2^m,12 de diamètre intérieur à la base.

STATION DE LA SOCIÉTÉ « L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE »

Dispositions générales. — Je viens de passer rapidement en revue deux usines : l'une destinée à un service temporaire, l'autre à un service permanent, ayant chacune les qualités propres à son usage : la première caractérisée par sa simplicité et la sûreté de son fonctionnement, l'autre par l'économie dans le combustible et l'emplacement restreint. Je vais maintenant présenter un troisième type de station centrale, répondant surtout au contrat primitif du Syndicat avec l'État, c'est-à-dire une station d'exposition.

La Société « L'Éclairage Électrique » a eu, en effet, pour principal objectif de faire une véritable exposition de tout le matériel qu'elle fabrique. Elle a même donné l'hospitalité à une dynamo Ferranti, ce qui a

procuré aux électriciens l'occasion d'étudier de près le système qui semblait alors prévaloir dans les grandes installations anglaises.

Grâce aux agencements de ses dynamos, de sa canalisation et de ses tableaux de distribution, cette Société a pu montrer une belle série d'appropriations de la lumière électrique aux nombreux cas qui peuvent se présenter en pratique.

Je signalerai parmi ces appropriations :

Éclairage par courant continu et par courants alternatifs;

Éclairage sous haute, moyenne et basse tension;

Éclairage par foyers Jablochkoff, par régulateurs et par incandescence;

Éclairage par arcs et incandescence simultanés;

Éclairage direct et éclairage par transformateurs;

Éclairage à grande et à petite distance;

Éclairage public et éclairage privé;

Éclairages des intérieurs et des espaces à découvert.

L'usine de la Société l'*Éclairage Électrique*, représentée planche 9, était située sur la berge de la Seine, à gauche du pont d'Iéna. Elle avait une longueur totale de 55 mètres et une largeur de 13 mètres. Sa surface, en comprenant les annexes des chaudières, était de 715 mètres carrés.

La puissance motrice normale était de 500 chevaux; la puissance maximum, de 650 chevaux.

Matériel électrique. — La variété des procédés et le désir d'exposer des appareils de vente courante ont déterminé le choix de faibles unités comme dynamos. Il ne s'agit plus ici de 3 ou 4 paires de machines comme dans les stations Gramme et Edison, mais bien de 19 machines, savoir :

6 dynamos, système Rehniewski, à courant continu, de	16 000 watts chacune.
4 dynamos, système Rehniewski, à courant continu, de	20 000 —
4 dynamos, système Gramme, à courants alternatifs, de.	32 foyers chacune.
4 dynamos, système Gramme, à courants alternatifs, de.	20 —
1 dynamo, système Ferranti, à courants alternatifs, de.	120 000 watts.

Les 4 dynamos Gramme de 32 foyers avaient chacune une machine excitatrice séparée.

Ces 19 générateurs d'électricité étaient divisés en deux groupes distincts : le premier, composé de 8 dynamos Rechnerowski et de 4 dynamos Gramme, était mis en mouvement par un arbre longitudinal tournant à 180 tours et actionné directement par deux machines à vapeur horizontales ; le second, composé d'une dynamo Ferranti, de 4 dynamos Gramme et de 2 dynamos Rechnerowski, recevait le mouvement d'un arbre

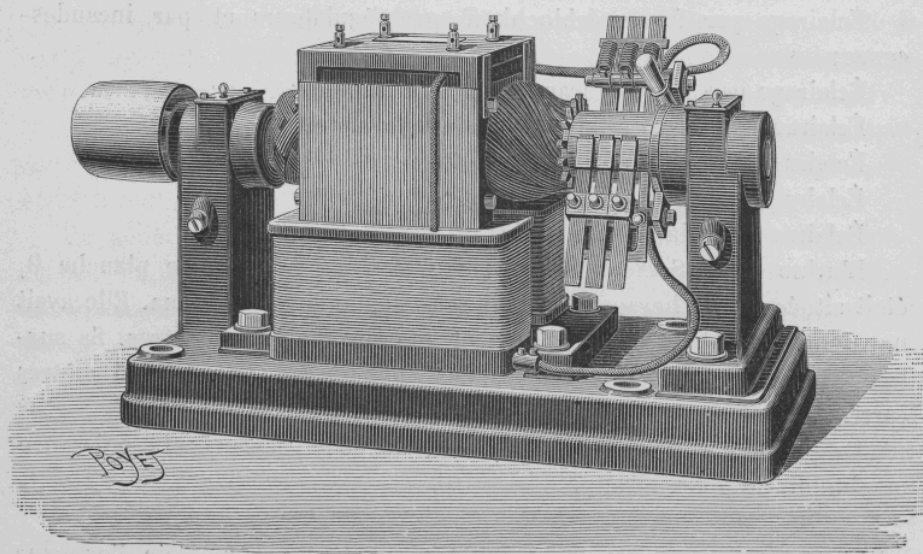


FIG. 4. — Dynamo Rechnerowski.

faisant 250 tours et également actionné directement par deux machines à vapeur horizontales.

Les dynamos Rechnerowski étant encore fort peu connues, je vais en donner une courte description et indiquer les poids, les vitesses et les puissances de celles qui figuraient dans la station de la Société *l'Éclairage Électrique*.

A première vue, cette nouvelle machine, représentée figure 4, diffère peu de la machine Gramme, type supérieur, figure 2.

L'inducteur a exactement la même forme ; seulement, alors qu'il est exécuté d'une seule pièce de fer coulé dans la machine Gramme, il est constitué dans la machine Rechnerowski au moyen de feuilles de tôle

découpées à l'emporte-pièce et réunies entre elles par des boulons. Les bobines enfilées directement sur les noyaux des électros sont en bois; le fil y est enroulé sans interposition d'isolant.

L'induit possède une âme dentelée, composée de rondelles en tôle, également découpées à l'emporte-pièce et clavetées sur un manchon en bronze. Des ailettes en hélice, disposées dans un vide annulaire près de l'arbre, donnent une ventilation énergique et refroidissent constamment les fils et la masse de fer. L'enroulement est du genre Siemens. Les dents de l'induit, renouvelées de Pacinotti, permettent de réduire l'*entrefer* à un minimum et d'obtenir un champ magnétique supérieur à ceux des dynamos où les fils sont superposés à l'âme¹.

Voici quelques renseignements sur les deux types de dynamos Rechinowski qui fonctionnaient à l'Exposition :

	Type de 16 000 watts.	Type de 20 000 watts.
Poids	587 kil.	980 kil.
Vitesse angulaire par minute.	2 000 tours	800 tours
Vitesse périphérique : induit.	12 ^m ,2	11 mèl.
— : poulie.	14 mèl.	12 ^m ,48
Watts par kilogramme de cuivre, induit.	823	800
— total	274	225

Les tableaux de distribution installés dans la station de la Société « l'Éclairage Électrique » sont représentés planche 10 : celui de gauche spécialement disposé pour envoyer le courant à 166 bougies Jablochkoff; celui de droite envoyant le courant aux régulateurs et aux lampes à incandescence au moyen d'une distribution à 3 fils. A l'exception des 10 foyers Jablochkoff qui éclairaient la station et qui étaient alimentés directement, toute la distribution des courants alternatifs se faisait à l'aide de transformateurs. Ces transformateurs, étudiés par M. Labour, étaient caractérisés par l'emploi de tôles de fer doux minces et isolées les unes des autres et par le grand développement donné à la section des joints magnétiques. Leurs faibles dimensions permettaient de les loger facilement dans les candélabres de la Ville.

Trois machines de 32 foyers alimentaient 6 circuits de 16 foyers chacun, et trois machines de 20 foyers alimentaient 6 circuits de

1. La description détaillée des dynamos Rechinowski a été donnée par M. Meylan, dans le *Bulletin* (mai 1889) de la Société Internationale des Électriciens.

10 foyers. Les premières fonctionnaient sous une différence de potentiel de 1000 volts et les secondes sous une différence de potentiel de 500 volts.

Les régulateurs et les lampes à incandescence alimentés par la machine Ferranti sous des différences de potentiel diverses, étaient branchés sur des transformateurs du même inventeur répartis dans divers emplacements. La machine Ferranti fonctionnait sous une différence de potentiel de 2400 volts.

L'emploi de transformateurs pour alimenter les foyers Jablochkoff simplifie beaucoup le tableau de distribution. En se reportant planche 10, on voit, en effet, qu'il ne se compose, pour 166 bougies, que de 4 rhéostats d'excitation, de 30 commutateurs coupe-circuit et de quelques appareils de mesure.

Le tableau de la distribution à 3 fils par courant continu est un peu plus compliqué, mais il est très bien compris et donne rapidement les indications dont on a besoin. Le plan montre le couplage des dynamos et la disposition adoptée pour régler l'excitation de leurs inducteurs.

Matériel mécanique. — C'est à la maison Lecouteux et Garnier que la Société « l'Éclairage Électrique » avait confié la fourniture de la puissance motrice dont elle avait besoin. Cette fourniture comprenait toute l'installation mécanique (machines, chaudières et cheminée), et son exploitation pendant la durée de l'Exposition.

Pour remplir leur programme, MM. Lecouteux et Garnier construisirent quatre machines à vapeur à grande vitesse, attelées directement aux arbres de couche et ayant leurs condenseurs en tandem.

Ces quatre machines formaient deux groupes complètement distincts actionnant les deux arbres à chacune de leurs extrémités.

Les deux machines du premier groupe, placées à gauche, planche 9, avaient une puissance de 170 chevaux chacune et tournaient à une vitesse de 180 tours par minute.

Elles étaient à 4 tiroirs genre Corliss.

La pression de la vapeur était de 7 kilogrammes.

Le régulateur, de l'invention des constructeurs, agissait, par l'intermédiaire de la barre d'excentrique, sur les deux tiroirs d'admission de vapeur.

Les deux tiroirs d'échappement étaient commandés par un deuxième excentrique.

Les déclics ordinaires des machines Corliss étaient supprimés, et la course des tiroirs d'admission était réglée par la course variable de l'excentrique du régulateur. Au départ, les tiroirs découvraient en grand les orifices de vapeur, car à ce moment la course était maximum; puis, quand le régime était établi, les tiroirs ne laissaient plus passer que la quantité de vapeur strictement nécessaire au maintien de l'allure normale du régime.

Les deux machines du deuxième groupe avaient une puissance de 150 chevaux chacune.

Leur vitesse était de 250 tours par minute.

Elles étaient munies d'un seul tiroir cylindrique équilibré.

Les deux machines de chaque groupe étaient jumelées au moyen de manchons d'embrayage de manière à pouvoir fonctionner ensemble ou séparément suivant les besoins du service.

Les paliers de la transmission étaient réglables dans tous les sens. Les coussinets étaient en quatre parties garnies de métal blanc.

Les deux manchons d'embrayage placés aux extrémités étaient à griffes, avec plaques de contact en acier fondu pour empêcher les dents de s'user. Il était facile de débrayer en marche; mais, pour embrayer, il était nécessaire d'amener préalablement les deux arbres à une vitesse à peu près égale.

Le manchon, placé au centre de la transmission, était muni d'un plateau mobile intermédiaire à clavette permettant de faire le service soit avec un seul des moteurs, soit avec les deux ensemble. A cet effet, il avait été convenu que chaque groupe de machines devrait pouvoir développer 500 chevaux, c'est-à-dire 250 chevaux par machine.

Ces quatre machines étaient alimentées par deux séries de chaudières, savoir :

Une série de 3 chaudières multitubulaires, système Terme et Deharbe, devant produire chacune 2000 kilogrammes de vapeur à l'heure, et une série de 2 chaudières multitubulaires, système Roser, fournissant chacune 2500 kilogrammes de vapeur à l'heure.

MM. Lecouteux et Garnier n'avaient primitivement commandé que les chaudières Terme et Deharbe qui devaient largement suffire au service de la station, mais le retard apporté à leur construction et quelques inconvénients manifestés au début de leur mise en marche, obligèrent les entrepreneurs à doubler leur installation de générateurs.

L'eau alimentant les chaudières était prise directement à la Seine.

La cheminée avait les dimensions suivantes :

Hauteur = 35 mètres; diamètre intérieur au sommet = 1^m,40; diamètre intérieur à la base = 2^m,56.

STATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ

Dispositions générales. — La station de la « Société anonyme pour la transmission de la force par l'électricité » a été conçue dans le même esprit que la station Edison, non dans la pensée d'être conservée au Champ-de-Mars (son emplacement ne le permettant pas), mais en vue de montrer le type d'usine permanente adopté par la Société pour ses grandes installations d'éclairage et de transmission. La station du Jardin intérieur était, en effet, composée d'éléments appartenant à la grande station de Saint-Ouen, en cours de construction et qui y ont fait retour après l'Exposition.

La seule différence sensible à signaler entre la station de la « Société de transmission » et celle de la Compagnie Edison, c'est que dans la première on ne s'est pas préoccupé de réduire l'emplacement des appareils et qu'on a fait usage de machines motrices horizontales à faible vitesse, communément employées dans les grandes manufactures.

Cette station est représentée planche 11; elle était située dans le Jardin intérieur, à 50 mètres de la station Gramme. Sa longueur totale était de 42 mètres, sa largeur de 18 mètres, sa surface de 756 mètres carrés.

Sa puissance normale était de 400 chevaux et pouvait être élevée à 600 chevaux.

Matériel électrique. — Tous les circuits étaient alimentés par quatre dynamos système Marcel Deprez, à enroulement Gramme et à excitation en shunt. Nous les représentons, planche 13, très détaillées, et en perspective *fig. 5*, avec leurs principales données électriques.

En principe, ces dynamos sont constituées au moyen de deux électro-aimants horizontaux, ayant des épanouissements polaires à chaque extrémité, et de deux bobines distinctes tournant entre ces épanouissements.

Chacune des bobines est calée sur un arbre, lequel porte une poulie folle et une poulie fixe et repose sur trois paliers.

Le palier du milieu est commun aux deux arbres.

Les pièces polaires sont réunies entre elles par une traverse arquée en métal delta, non magnétique.

Les dynamos Marcel Deprez sont d'une excellente construction mécanique : deux débrayages permettent de mettre en action ou d'arrêter l'une ou l'autre des bobines ; des vis sans fin, d'une manœuvre facile, permettent d'écarter les électro-aimants quand on veut monter ou démonter les bobines, etc. ; rien n'a été négligé pour assurer la stabilité, le bon fonctionnement et la durée de ces machines.

Il eût été sans doute préférable d'isoler complètement les deux parties de ces doubles dynamos et de faire deux machines au lieu d'une ; cela aurait permis de ne pas arrêter les deux bobines quand il y avait une réparation à faire dans l'inducteur.

Trois des doubles dynamos de la station produisaient un courant sous 75 ou 150 volts, suivant le couplage ; la quatrième était à haute tension : 600 volts pour chaque induit, 1 200 volts pour les deux induits couplés en série.

Deux tableaux (planche 12) commandaient les dix circuits de haute tension et les rhéostats du champ magnétique de la dynamo qui les alimentait. Chaque circuit comprenait 12 régulateurs disposés en série.

Les trois autres dynamos étaient affectées au service des arcs en dérivation et à celui des lampes à incandescence.

Pour le service direct des arcs, les bobines étaient utilisées séparément et fonctionnaient sous 75 volts de différence de potentiel aux bornes. Pour le service des lampes à incandescence, on éclairait directement ou on passait par l'intermédiaire d'accumulateurs : les induits étaient alors couplés en tension et produisaient des courants dont la force électromotrice variait de 115 à 160 volts, suivant qu'on était dans la période normale d'éclairage ou dans la période de charge des accumulateurs.

Le réglage de la différence de potentiel était obtenu par une modification du courant d'excitation qui était pris pour les quatre doubles dynamos sur les accumulateurs.

La planche 12 donne le schéma général de la distribution des courants et montre comment les accumulateurs remplissaient leur double fonction d'alimentation des circuits de basse tension et d'excitation des dynamos.

La station possédait deux batteries d'accumulateurs Julien, composées chacune de 65 éléments. Les plaques d'un élément pesaient 160 kilogrammes, leur capacité utile atteignait 10 ampères-heure par kilogramme. Les 130 éléments, en pleine charge, pouvaient donc débiter sous 2 volts,

150 millions de kilogrammètres, ce qui correspond environ à 555 chevaux-heure.

Matériel mécanique. — Les quatre dynamos Marcel Deprez étaient commandées au moyen d'un arbre de transmission actionné, en son milieu, par une paire de machines Corliss de la maison Lecouteux et Garnier.

La force nominale de ce groupe était de 500 chevaux, à la vitesse de 60 tours par minute, et, suivant le programme imposé par la « Société de transmission », il devait pouvoir développer une puissance de 1 000 chevaux au maximum. Aussi les constructeurs avaient-ils donné une importance exceptionnelle aux surfaces frottantes.

J'ai dit que ces machines étaient destinées à la grande station de Saint-Ouen où elles seront appelées à mettre en mouvement des dynamos fonctionnant nuit et jour, sans interruption. En cas d'arrêt de l'une d'elles, il faut que sa jumelle fasse le travail total, et toutes deux ensemble doivent pouvoir faire le travail d'un groupe voisin en supplément du leur. On comprend que, dans ces conditions, les machines de la station de l'Exposition aient été tout particulièrement bien étudiées et bien exécutées.

La pompe à air de chaque machine était à double effet.

La commande lui était donnée par un balancier recevant un mouvement d'oscillation de la crosse du piston. Ce balancier actionnait en même temps une pompe d'alimentation et une pompe de purge.

Les tiges de commande des obturateurs étaient en deux parties, et le joint était métallique, sans aucune garniture intermédiaire. C'est la pression de la vapeur aidée d'un petit ressort à l'arrière qui établissait le contact intime entre les surfaces de la tige d'acier et celles de la bague en bronze du guide.

Le volant, large de 1^m,55, était composé de deux volants juxtaposés. Son diamètre était de 6 mètres ; le poids de chaque partie, de 15 tonnes ; le poids total, de 30 tonnes.

La transmission intermédiaire qui devait pouvoir, à un moment donné, transmettre 1 000 chevaux à 180 tours, était, comme les machines elles-mêmes, particulièrement soignée.

Les coussinets, au nombre de 6, étaient garnis de métal blanc ; les portées avaient 0^m,480 de longueur et 0^m,220 de diamètre. Ils étaient en 4 pièces. Le serrage pouvait se faire dans tous les sens : à la partie supérieure, par les boulons du chapeau ; sur les côtés, par des vis latérales, et à la partie inférieure, par des vis verticales s'appuyant sur les semelles.

Les paliers étaient également réglables dans tous les sens. Les patins rabotés reposaient sur des semelles en fonte dressées et encastrées dans la maçonnerie.

La vapeur était fournie par 4 générateurs multitubulaires système Roser, fonctionnant à la pression de 12 kilogrammes et produisant chacun 2000 kilogrammes de vapeur. Deux de ces générateurs suffisaient au service ; les deux autres étaient en réserve.

La cheminée avait les dimensions suivantes : hauteur = 35 mètres ; diamètre intérieur au sommet = 1^m,40 ; diamètre intérieur à la base = 2^m,56.

STATION STEINLEN ET C^{ie}

Dispositions générales. — La station que MM. Steinlen et C^{ie}, de Mulhouse, avaient installée est représentée planche 17. Sa puissance normale était 200 chevaux, sa puissance maximum de 300 chevaux. Elle était située dans la cour de la force motrice à l'une des extrémités du bâtiment dans lequel les célèbres constructeurs exposaient une merveilleuse collection de machines-outils.

MM. Steinlen et C^{ie} avaient, sur mon conseil, préparé un certain nombre de dynamos de leur fabrication courante, au lieu d'en étudier de spéciales pour l'Exposition, et comme ils ne fabriquent ordinairement que des types de faible puissance, il en est résulté une assez grande série d'appareils pour une puissance relativement restreinte.

Appropriement parler, MM. Steinlen et C^{ie} ont exposé des dynamos en mouvement, des régulateurs en action et divers accessoires de matériel électrique, mais ils n'ont pas fait de *station centrale*, dans la véritable acception du mot. C'est la même organisation que celle réalisée par la Société « l'Éclairage Électrique », avec la variété dans les types en moins.

La partie du bâtiment occupée par l'usine électrique avait 17^m,65 de longueur sur 13^m,60 de largeur ; sa surface était de 240 mètres carrés.

Matériel électrique. — Les courants étaient produits par 22 dynamos genre Gramme, à deux pôles.

Ces dynamos, dont l'aspect extérieur ne varie pas sensiblement, sont représentées planche 18, en plan, coupe longitudinale et coupes transversales.

Elles se composaient : de 2 flasques verticales en fonte, servant de bâti

et reposant sur un socle de faible hauteur; de 2 barres d'électro-aimants à épanouissement polaire au milieu et d'un anneau plat induit sur ses faces latérales.

L'âme de l'induit était formée d'un ruban de fer doux, isolé et enroulé en spirale. Les socles étaient posés sur des glissières et pouvaient être déplacés pour donner aux courroies une tension convenable.

Voici quelles étaient la production normale et la destination des 22 dynamos :

Cinq dynamos, dont une de réserve, tournaient à 650 tours et produisaient chacune un courant de 25 ampères sous 250 volts de différence de potentiel. Elles desservaient 20 régulateurs de 25 ampères, montés par 5 en série, dans le palais des Machines.

Cinq dynamos, dont une de réserve, tournaient à 620 tours et produisaient chacune un courant de 8 ampères sous 1000 volts de différence de potentiel. Ces dynamos desservaient 76 régulateurs de 8 ampères, montés par série de 19, dans le palais des Machines.

Sept dynamos, dont deux en réserve, tournaient à 750 tours et produisaient chacune 8 ampères sous 650 volts de différence de potentiel; elles desservaient 45 régulateurs, montés par séries de 9, placés dans les cours.

Deux dynamos tournant à 520 tours produisaient chacune 110 ampères sous 110 volts de différence de potentiel.

Deux dynamos tournant aussi à 520 tours produisaient chacune 90 ampères sous 110 volts de différence de potentiel.

Une dynamo tournant à 650 tours produisait 8 ampères sous une différence de potentiel de 500 volts.

Ces cinq dernières dynamos assuraient le service des lampes à incandescence confié à MM. Steinlen et C^{ie}.

Il y avait 16 dynamos placées sur deux rangées parallèles aux arbres de transmission.

Chaque rangée était commandée par un des arbres, de manière à avoir toutes les courroies de la même longueur.

Les 6 autres dynamos étaient placées par groupes de 3, de l'autre côté des arbres, entre les machines à vapeur.

La distribution des lampes à arc était faite à l'aide de 3 tableaux; celle des lampes à incandescence, à l'aide d'un tableau unique. Le courant de chaque circuit, sur lequel était intercalé un ampèremètre, passait dans un rhéostat.

Ce rhéostat consistait en un cadre rectangulaire en fonte, à la partie supérieure duquel était fixée une plaque d'ardoise portant un commutateur à manette. Dans l'évidement supérieur resté libre étaient disposées les résistances en fil de maillechort, retenues verticalement par des isolateurs en porcelaine.

Le commutateur principal permettait de placer une des dynamos de 25 ampères sur tel ou tel circuit et de remplacer une des dynamos par celle de réserve.

En général, tous les accessoires du matériel électrique de cette station avaient été étudiés avec beaucoup de soin, comme le sont d'ailleurs tous les appareils sortant de la maison Ducommun dont MM. Steinlen et C^{ie} ont pris la suite.

Matériel mécanique. — Les dynamos recevaient le mouvement de trois machines à vapeur dont deux seulement ont fonctionné pendant la durée de l'Exposition. Ces machines à vapeur, appelées *straight line*, sont représentées planche 26. Elles sont du système Sweett et avaient été construites à Mulhouse, dans les ateliers des exposants.

Elles étaient d'une puissance nominale de 100 chevaux, et pouvaient développer au maximum 125 chevaux.

Voici les principales dimensions et une courte description de ces machines :

Diamètre du cylindre	0 ^m ,350
Course du piston	0 ^m ,410
Nombre de tours par minute	220
Diamètre des volants	1 ^m ,550
Largeur des volants	0 ^m ,300
Poids des deux volants	2 500 kil.
Poids total de la machine	6 000 kil.

Les paliers de l'arbre sont fondus avec le bâti et les glissières. Le tout présente, en plan, la forme d'un **V** et repose sur deux socles boulonnés sur les fondations.

La manivelle est en deux pièces; elle fait corps avec les deux poulies-volants. Les deux parties de l'arbre et le tourillon de la bielle sont emmanchés, à la presse hydraulique, dans les manivelles.

Entre les plateaux-manivelles et les coussinets sont placées deux rondelles en bronze remplissant exactement l'espace disponible, de manière à éviter tout déplacement latéral. La tête de bielle seule a un peu de jeu

latéral entre les plateaux, ce qui facilite le graissage de son tourillon.

Les coussinets sont en métal antifricition. Un petit chapeau, extérieur aux paliers de l'arbre, ramène l'huile, qui pourrait sortir, dans une cavité du palier.

La course du tiroir, et par suite la détente, varient avec la position de l'excentrique mobile sous l'action du régulateur. Ce dernier est formé d'une seule masse reliée, par une lame d'acier, à un ressort à lames droites superposées qui tend à maintenir l'excentrique dans la position correspondant au maximum d'admission.

La tige du tiroir n'a pas de presse-étoupes; l'étanchéité est obtenue au moyen de deux douilles en bronze parfaitement ajustées.

La tige du piston glisse dans une bague en métal antifricition et dans deux rondelles à faces sphériques maintenues par un chapeau vissé. Cette construction permet le centrage en tout sens de la tige et supprime ainsi tout frottement anormal.

Cette machine a donné lieu à plusieurs inconvénients pendant l'Exposition, mais ces inconvénients provenaient de quelques petits défauts dans la construction et non dans le système lui-même qui paraît excellent.

Les transmissions intermédiaires faisaient 300 révolutions par minute. Les paliers portaient, au milieu de leur longueur un renflement sphérique de manière à pouvoir pivoter autour du centre, dans toutes les directions.

La vapeur était fournie aux machines par deux chaudières multitubulaires, système Daydé et Pillé, munies des appareils de chauffage Godillot dont j'ai déjà parlé. Elles produisaient ensemble 3 500 kilogrammes de vapeur à l'heure, à la pression de 8 kilogrammes.

STATIONS DU SYNDICAT

Dispositions générales. — Le Conseil d'administration du Syndicat, pour compléter les diverses installations faites par les adhérents, fit construire deux petites usines : l'une dans le Jardin intérieur, entre la station Gramme et celle de la Société de la transmission; l'autre sur la berge de la Seine, à côté de la Société l'Éclairage Électrique.

La première contenait les moteurs et les dynamos de M. Borssat, de la Société des forges et chantiers de la Méditerranée, de la Société française de matériel agricole, et une machine électrique Parson exposée par M. Garnot. Elle contenait en outre une série de chaudières pour l'alimen-

tation de ces appareils et des machines Crompton placées dans la section anglaise du palais des Machines.

La seconde contenait deux dynamos Pieper mues par deux moteurs à gaz, une dynamo Gramme mue également par un moteur à gaz, et deux batteries d'accumulateurs.

La station du Jardin intérieur, représentée planche 14, avait 19^m,80 de longueur, 18 mètres de largeur, 356 mètres carrés de surface. Celle de la berge avait 24^m,60 de longueur, 13^m,10 de largeur, 322 mètres carrés de surface.

Ces stations n'avaient ni l'une ni l'autre de caractère propre, comme les précédentes : c'étaient des agglomérations d'expositions et non des expositions spéciales.

Je me bornerai donc à examiner successivement les installations qu'elles renfermaient.

Installation de la Société des forges et chantiers de la Méditerranée. — Cette installation, représentée planche 15, était composée d'une machine-pilon à grande vitesse actionnant directement une dynamo à 4 pôles et recevant la vapeur du générateur exposé par M. Durenne.

La machine à vapeur, système compound, avait une puissance de 50 chevaux; sa vitesse était de 350 tours par minute. Elle était caractérisée par une construction robuste, de larges surfaces frottantes et un bon équilibre de toutes les pièces en mouvement.

Les cylindres, pourvus de chemises de vapeur avec purge automatique, avaient respectivement 0^m,320 et 0^m,216 de diamètre. La course du piston était de 0^m,260.

La distribution dans le petit cylindre était obtenue au moyen de deux tiroirs cylindriques équilibrés mus par un excentrique. Le régulateur à ailettes placé sur l'arbre moteur, du côté opposé à la dynamo, agissait sur un petit tiroir également cylindrique et équilibré placé entre le robinet d'admission et la boîte à tiroirs.

Le volant, relativement petit, avait 0^m,900 de diamètre et 0^m,100 de largeur.

La dynamo, dont on trouvera le dessin détaillé planche 15, était du système Krebs; elle produisait, à 350 tours, un courant de 250 ampères sous 110 volts de différence de potentiel aux bornes.

L'inducteur, analogue à ceux combinés par Gramme pour les premières applications du transport électrique de la force motrice, était formé d'un

bâti octogonal en fonte recevant les 4 pièces polaires à l'intérieur. Ces pièces polaires en fonte étaient ajustées en queue d'hironde et vissées au bâti après l'enroulement des fils. Les 4 électros étaient couplés en tension et excités par deux circuits placés en dérivation sur les balais. Dans l'un des circuits, on interposait des résistances variables de manière à régler le champ magnétique.

L'induit était un anneau Gramme, dont l'âme était formée de disques en tôle de fer doux, de 1 millimètre d'épaisseur, isolés entre eux par des feuilles de papier. Ces disques, réunis par 12 boulons, étaient calés sur l'arbre par l'intermédiaire d'un manchon à ailettes en bronze et de clavettes de coinçage.

Les bobines élémentaires, au nombre de 70, étaient réunies en tension; celles, diamétralement opposées, étaient mises en communication au moyen d'une pièce spéciale logée à l'intérieur de l'anneau. Il n'y avait ainsi que deux balais, calés à 90 degrés.

Le courant était amené par deux câbles de 125 millimètres carrés de section au tableau de distribution. Ce tableau possédait un commutateur cylindrique, des coupe-circuits, un voltmètre et un ampèremètre. Le commutateur cylindrique qui établissait ou rompait les communications, au départ et à l'arrivée du courant, était bien étudié.

L'installation de la Société des forges et chantiers de la Méditerranée servait à l'éclairage du vestibule du palais des Machines, au moyen de 356 lampes à incandescence de diverses intensités.

Installation de M. Borssat. — La planche 16 représente l'ensemble de l'installation de M. Borssat, les détails des dynamos et un croquis du tableau de distribution.

La machine à vapeur, genre pilon, avait deux cylindres fondus ensemble, dont le fonctionnement était indépendant. En réalité, c'étaient deux machines accouplées à 90 degrés, agissant sur le même arbre, simultanément ou isolément. Chaque cylindre pouvait développer une puissance de 50 chevaux, à la vitesse de 140 tours.

Les deux cylindres étaient reliés à un bâti à quatre montants, boulonné sur le socle portant les trois paliers de l'arbre à manivelles.

Les quatre montants formant les glissières étaient venus de fonte avec l'entablement qui reçoit les cylindres et avec des entretoises, réunissant les patins, coupées après l'alésage des glissières.

La détente était du système Bonjour (modification très réussie de la

détente Farcot dont elle n'a guère conservé que la came). Le tiroir de distribution des machines-pilons était cylindrique et commandé par une contre-manivelle. Il recevait la vapeur en son milieu et était percé du côté de la came d'un orifice égal à celui du côté de l'arrivée, ce qui l'équilibrait parfaitement. A l'intérieur se trouvaient un tiroir de détente composé de deux petits pistons et un petit tiroir plan qui venait heurter une came centrale et distribuer la vapeur aux pistons de détente¹.

La machine ci-dessus recevait la vapeur des chaudières de MM. Montupet et Archambault; elle actionnait, par l'intermédiaire d'une transmission souterraine, deux dynamos Gramme construites par M. Borssat.

Ces deux dynamos étaient du type supérieur; la seule différence appréciable qu'elles présentaient avec celles qui fonctionnaient dans la station Gramme consistait dans la forme des masses polaires et leur ajustage sur le corps des électros.

Voici quelques renseignements sur la puissance et les dimensions de ces dynamos dont l'une produisait un courant de 40 ampères et l'autre un courant de 25 ampères :

DÉSIGNATIONS.	DYNAMO de 25 ampères.	DYNAMO de 10 ampères.
Nombre de volts.	600	1 500
— watts.	15 000	15 000
Vitesse. Nombre de tours par minute.	850	800
Nombre de sections du collecteur.	90	120
Diamètre de l'anneau.	0 ^m ,345	0 ^m ,345
Hauteur des inducteurs.	0 ^m ,470	0 ^m ,470
Diamètre —	0 ^m ,260	0 ^m ,260
Longueur d'une dynamo.	1 ^m ,820	1 ^m ,820
Largeur —	0 ^m ,850	0 ^m ,850
Hauteur —	1 ^m ,200	1 ^m ,200
Poids —	2 000 kilog.	2 000 kilog.

Chaque dynamo avait son tableau de distribution constitué au moyen d'un panneau en bois reposant sur un caisson dans lequel étaient renfermées les résistances pour l'excitation. Ces résistances étaient introduites dans le circuit d'excitation au moyen d'un régulateur automatique système Maquaire.

1. Les dessins complets des machines Borssat et de la détente Bonjour se trouvent dans l'ouvrage de M. Buchetti sur les machines à vapeur à l'Exposition universelle de 1889.

En quelques mots, voici quel était le mécanisme de ce régulateur :

Le circuit extérieur comprenait les lampes à arc, une balance et un électro-moteur. Une vis sans fin, calée sur l'axe de l'électro-moteur, donnait le mouvement à une roue dentée calée sur l'arbre d'une hélice métallique. Cette hélice était disposée de façon à venir se mettre en contact avec des lames flexibles reliées aux touches du rhéostat. Suivant le nombre des arcs en fonction, le courant exciteur traversait une résistance plus ou moins grande et donnait au champ magnétique l'intensité voulue pour l'obtention de la différence de potentiel réglementaire. Le nombre d'ampères du courant restait ainsi invariable, quel que soit le nombre de régulateurs en activité.

Installation de la Société française de matériel agricole. — Les ateliers de Vierzon, de ladite Société, avaient installé une machine à vapeur horizontale, système compound, à réservoir intermédiaire et à manivelles calées à 90 degrés.

Cette machine fonctionnait à échappement libre. Sa vitesse était de 130 tours par minute; sa puissance normale, de 35 chevaux.

Le diamètre du petit cylindre était de	0 ^m ,225
— grand —	0 ^m ,385
La course du piston de	0 ^m ,400

La détente dans le petit cylindre était variable à la main (système Meyer); dans le grand cylindre, elle était fixe. Un régulateur à boules, agissant sur une soupape double équilibrée, donnait une vitesse constante.

Les deux cylindres étaient à enveloppe de vapeur, laquelle enveloppe recevait directement la vapeur de la chaudière par la même conduite qui alimentait le réservoir intermédiaire.

Les orifices des cylindres étaient en contrebas pour que la purge pût se faire par l'échappement, sans le secours des robinets.

La machine était munie d'un appareil spécial qui permettait le démarrage dans n'importe quelle position des manivelles. A l'aide de cet appareil, on envoyait la vapeur à l'une ou à l'autre des extrémités du petit cylindre, ou bien dans le réservoir intermédiaire pour rendre le grand cylindre moteur, suivant le point où la machine était arrêtée.

La vapeur était fournie à la machine par la chaudière de M. Archambault.

La Société française de matériel agricole avait également installé une dynamo Gramme, type supérieur, mue par sa machine et développant, à 450 tours, 170 ampères sous une différence de potentiel de 70 volts.

Le courant alimentait 4 régulateurs de 25 ampères et 8 régulateurs de 8 ampères placés dans le palais des Machines, et 2 lampes à incandescence de 32 bougies éclairant le bureau du Syndicat.

Installation de M. Garnot. — M. Garnot avait placé dans la station du Syndicat une locomobile de 10 chevaux munie d'une turbine et d'une dynamo, système Parson.

Cette locomobile n'était pas chauffée, sa turbine recevait la vapeur du générateur de M. Pressard.

La vitesse de la turbine et de la dynamo était de 10 000 tours par minute. Le courant produit (100 ampères sous 70 volts) alimentait 90 lampes à incandescence de 16 bougies réparties au seuil de l'escalier du Zodiaque, dans les bureaux de M. Vigreux et dans ceux des classes 52 et 62.

Chaudière De Naeyer. — Dans mon projet primitif, j'espérais pouvoir suffire à tous les besoins du service avec les générateurs que la Chambre Syndicale des mécaniciens, chaudronniers et fondeurs nous avait priés de recevoir dans notre usine pour les faire fonctionner pendant la durée de l'Exposition. Mais six semaines avant l'inauguration, en présence du peu d'avancement des travaux d'installation desdits générateurs, j'ai craint un échec sérieux et j'ai demandé à M. De Naeyer, de Willebroeck, de mettre à notre disposition une de ses excellentes chaudières multitubulaires, avec laquelle nous avons pu alimenter, dès le 6 mai, les machines Crompton dans la section anglaise. Prévenu le dernier, M. De Naeyer est arrivé bon premier, grâce à la puissance de sa fabrication, à ses bonnes dispositions à notre égard et grâce aussi à la présence à Paris de son ingénieur en chef, M. Stein, qui a fait un véritable tour de force pour satisfaire à toutes les demandes tardives de vapeur venues de plusieurs sections de l'Exposition. Inutile de dire que le fonctionnement n'a rien laissé à désirer du premier au dernier jour.

Les chaudières de M. De Naeyer sont tellement répandues dans l'industrie qu'il est inutile de les décrire. Je donnerai seulement quelques renseignements sur les dimensions et la puissance de celle qui était installée à la station du Syndicat et qui est représentée planche 24.

Longueur totale de la chaudière	5 ^m ,450
Largeur	3 ^m ,030
Hauteur	5 ^m ,300
Capacité totale = 10 ^{m³} ,770 ; eau = 7 ^{m³} ; vapeur = 3 ^{m³} ,770	
Foyer. hauteur = 1 mètre ; profondeur = 2 mètres ; largeur = 1 ^m ,587	
Tubes. nombre = 118, longueur = 4 ^m ,080 ; diamètre extérieur = 0 ^m ,120	
Réservoir longueur = 5 mètres ; diamètre = 1 mètre.	
Dôme. hauteur = 0 ^m ,700 ; diamètre = 0 ^m ,800	
Surface de chauffe.	180 ^{m²}
Surface de grille	3 ^{m²} ,60
Pression de la vapeur	12 kil.

Chaudière Pressard. — Installée auprès de la chaudière De Naeyer, celle de M. Pressard était également du type multitubulaire avec grand réservoir cylindrique à la partie supérieure. Elle est représentée planche 24.

Tout le faisceau tubulaire était constitué par une série d'éléments de deux tubes raccordés, à l'avant, par une petite boîte en fonte et montés, à l'arrière, sur une caisse à eau servant de collecteur d'alimentation et de vapeur. Cette caisse communiquait directement avec le corps cylindrique longitudinal. Avant de sortir, la vapeur passait dans un sècheur situé entre le faisceau tubulaire et le corps cylindrique supérieur.

Le foyer était muni d'une grille rotative, système Broussas, qui permettait le décrassage complet des barreaux sans aucune rentrée d'air dans le foyer.

Voici quelques renseignements généraux sur la chaudière Pressard :

Emplacement sur le sol.	4 ^{m²} ,50
Volume d'eau	2000 litres.
Volume de vapeur.	1 050 litres
Surface de grille.	1 ^{m²} ,28
Surface de chauffe	50 ^{m²} ,40
Rapport entre la surface de grille et la surface de chauffe	1 à 39
Poids de vapeur produite par heure.	700 kil.
Surface du sècheur de vapeur.	2 ^{m²} ,50
Nombre des tubes.	60
Diamètre extérieur des tubes	0 ^m ,080
Longueur des tubes	2 ^m ,200

Chaudière Durenne. — La chaudière mise par M. Durenne, l'éminent constructeur de Courbevoie, à la disposition du Syndicat, est indiquée par la lettre K sur le plan de la station et représentée planche 24. C'est, par rapport à son volume, celle qui produisait le plus de vapeur et

l'une de celles dont le fonctionnement a donné toute satisfaction. Elle mérite, à ce double titre, au moins une description sommaire.

La chaudière Durenne est formée : 1^o d'un corps cylindrique vertical extérieur assemblé, au moyen de cornières, sur l'enveloppe du foyer, laquelle enveloppe repose sur un cendrier en fonte servant de support à la chaudière; 2^o d'un corps cylindrique de foyer portant la cheminée et rivé à l'enveloppe extérieure; 3^o d'un faisceau tubulaire curviligne attaché en haut sur le dôme du foyer et en bas sur la paroi du même foyer; 4^o d'un dispositif spécial pour supprimer les entraînements d'eau.

Le foyer est évasé à la partie inférieure pour augmenter la surface de la grille. La forme des tubes et leur assemblage avec le foyer permettent leur libre dilatation et donne à l'eau une circulation énergique qui empêche les incrustations d'obstruer l'intérieur de ces tubes. La circulation de l'eau s'établit par les tubes pour faire retour dans l'espace annulaire compris entre le corps cylindrique et le foyer. Afin que la vapeur qui se forme sous l'action directe des flammes ne vint pas faire obstacle à cette circulation, M. Durenne a placé dans cet espace une virole en tôle qui le divise en deux parties (le retour de l'eau en mouvement se fait le long de la paroi extérieure).

La prise de vapeur communique avec un petit cylindre cloisonné entourant la cheminée et percé de trous à la partie supérieure. La vapeur ne peut pénétrer que par ces trous; elle se débarrasse de l'eau à l'état vésiculaire et sort, par le tuyau de prise de vapeur, entièrement séchée. Un réservoir annulaire en tôle d'une contenance de 2000 litres, placé à droite de la chaudière sur les carnaux de fumée, recevait l'eau de la Ville et permettait, en cas d'arrêt du service des Eaux, d'alimenter le générateur pendant plus d'une heure¹.

Voici les données principales et les dimensions de la chaudière Durenne :

Diamètre extérieur de l'enveloppe.	1 ^m ,145
Diamètre du foyer	0 ^m ,965
Hauteur totale.	2 ^m ,950
Hauteur du foyer.	2 ^m ,100
Diamètre intérieur des tubes.	0 ^m ,030
Longueur totale des tubes	245 mètr.
Nombre des tubes.	192

1. Ce réservoir que des conditions locales avaient permis d'installer ne fait pas partie intégrante de la chaudière.

Surface de la grille.	1 ^m q,35
Surface de chauffe.	30 ^m q »
Volume d'eau.	890 litres
Volume de vapeur.	510 —
Production de vapeur à l'heure.	1 300 kil.
Poids de la chaudière.	3 270 kil.
Poids par mètre carré de surface de chauffe.	109 kil.

Chaudière Terme et Deharbe. — Chaque élément de cette chaudière (planche 23) se composait de trois tubes en fer soudé. L'un des tubes était incliné et montait de l'arrière à l'avant de la chaudière; les deux autres, parallèles entre eux, étaient inclinés en sens inverse. A l'avant, les trois tubes s'assemblaient au moyen d'une boîte de communication; à l'arrière, ils étaient tous en communication avec une boîte verticale servant de collecteur d'alimentation.

Je manque de renseignements précis sur la chaudière Terme et Deharbe installée dans la station du Syndicat; je sais seulement qu'elle avait une surface de chauffe de 56 mètres carrés et que, d'après les constructeurs, elle pouvait vaporiser jusqu'à 800 kilogrammes d'eau à l'heure.

Chaudière Roser. — La chaudière Roser, représentée planche 23, est très appréciée des mécaniciens; elle diffère essentiellement des précédentes par son faisceau tubulaire. Au lieu d'un tube ordinaire rempli d'eau, M. Roser place deux tubes concentriques, et l'eau circule seulement dans l'espace annulaire compris entre ces deux tubes. Les gaz chauds sont en contact avec l'intérieur des petits tubes et avec l'extérieur des gros tubes.

Le réservoir supérieur se compose d'un cylindre longitudinal et d'un cylindre transversal assemblés en T et surmontés d'un grand dôme de vapeur.

La vapeur prise au dôme, avant de quitter le générateur, passe dans un faisceau de six tubes réchauffeurs placés entre le réservoir supérieur et le faisceau tubulaire de chauffe.

La chaudière de la station du Syndicat avait les dimensions suivantes :

Longueur totale	3 ^m ,200
Largeur totale.	2 ^m ,500
Hauteur totale.	3 ^m ,500
Nombre de tubes doubles.	63

Diamètre des petits tubes.	0 ^m ,080
Diamètre des gros tubes.	0 ^m ,120
Surface de chauffe.	85 ^{m²} »
Surface de grille.	1 ^{m²} , 62
Rapport entre la surface de grille et la surface de chauffe.	1 à 52
Capacité totale.	2 ^{mc} ,945
Production normale de vapeur à l'heure.	1 200 kil.

Chaudière Montupet. — Cette chaudière est représentée planche 23. Elle se composait d'un faisceau tubulaire incliné et d'un grand réservoir supérieur en forme de double T.

Le faisceau tubulaire était formé d'éléments de deux rangs de tubes aboutissant à l'avant et à l'arrière dans des boîtes en tôle. Les boîtes d'avant étaient assemblées avec le réservoir supérieur par l'intermédiaire de tubes en tôle ondulée facilitant la dilatation. Les boîtes d'arrière étaient assemblées avec un réservoir décanteur placé à la partie inférieure du générateur, à l'opposé du foyer. Ce décanteur d'eau d'alimentation était relié au réservoir supérieur au moyen de deux gros tubes ondulés.

Pour empêcher tout entraînement d'eau, le constructeur avait isolé le dôme de vapeur du réservoir et n'avait réuni ces deux capacités que par un tuyau coudé percé de trous à sa partie supérieure et prenant la vapeur contre la paroi du fond (voir la coupe longitudinale de cette chaudière, planche 23).

La longueur totale de la chaudière Montupet était de.	5 ^m ,030
Sa largeur.	2 ^m ,200
Sa hauteur.	4 ^m ,500
Nombre de tubes.	48
Longueur des tubes.	4 ^m ,000
Diamètre des tubes.	0 ^m ,100
Surface de grille.	1 ^{m²} ,90
Surface de chauffe.	80 ^{m²} »
Production totale de vapeur par heure.	800 kil.

Chaudière Lacroix. — La chaudière exposée par M. Lacroix, et figurée planche 23, est du système Maniguet. Elle était constituée, comme celle de M. Roser, d'un réservoir supérieur en forme de T et d'un faisceau tubulaire oblique. Le faisceau tubulaire était d'un type tout particulier et constituait la partie vraiment originale de ce générateur. Voici en quoi il consiste :

Chaque élément se compose d'un gros tube allant d'un caisson placé

à l'avant jusqu'à l'extrémité du foyer, et de quatre petits tubes mandrinés sur une rondelle soudée au bout du gros tube et reliés à un deuxième caisson, placé à l'arrière du générateur.

L'alimentation d'eau se fait dans un compartiment placé à l'extrémité arrière du réservoir supérieur. L'eau est projetée contre les parois de ce réservoir et tombe en pluie dans le compartiment où les sels calcaires se précipitent en grande partie. Au moyen d'un robinet de purge, on fait des extractions pour nettoyer le compartiment même pendant que la chaudière est en feu.

La vapeur, prise à la partie supérieure du dôme, traverse un détendeur qui la dépouille partiellement de l'eau entraînée; elle débouche ensuite dans un tube incliné à grande section où se termine son séchage.

La chaudière de la station du Syndicat avait :

Surface de chauffe.	44 ^{mq} »
Surface de grille.	1 ^{mq} ,08
Rapport entre ces deux surfaces	1 à 41
Timbre.	12 kil.
Puissance maximum de vaporisation à l'heure	800 kil.

Chaudière Archambault et Soucaille. — Cette chaudière, représentée planche 24, est du système Thomas et Laurens, à foyer intérieur et amovible. Sa construction était très soignée, mais elle ne présentait aucune disposition bien originale. Sa surface de chauffe était de 25 mètres carrés. Sa production maximum de vapeur pouvait, au dire des exposants, atteindre 900 kilogrammes à l'heure; ce qui est considérable pour une surface de chauffe aussi réduite.

Les générateurs Pressard, Montupet, Lacroix, Archambault, Durenne, Roser, Terme et Debarbe, envoyaient leur fumée par une canalisation en sous-sol dans la cheminée de la station Gramme. Le générateur De Naeyer seul envoyait sa fumée dans la cheminée de la station de la « Société pour la transmission de la force », également par un carneau souterrain.

STATION DE LA BERGE

Installation Pieper. — M. Pieper, qui avait reçu la mission d'éclairer le palais des Produits alimentaires et divers abonnés du Syndicat demeurant aux environs de la tour Eiffel, avait installé son matériel électrique dans notre petite station de la berge.

Ce matériel se composait essentiellement de 2 dynamos et de 2 tableaux de distribution.

Les dynamos étaient à 4 pôles avec bâti circulaire et à enroulement Gramme. Les induits étaient constitués par des barres de cuivre assemblées au moyen de lames recourbées, comme il est indiqué *fig. 6*.

La vitesse de rotation de ces dynamos était de 700 tours par minute.

Leur production normale était de 130 ampères sous 130 volts. Cou-

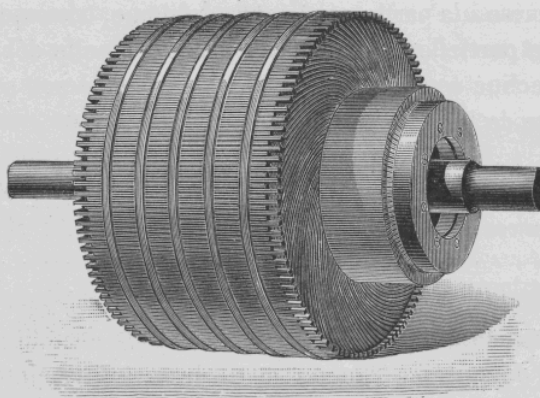


FIG. 6. — Induit des dynamos Pieper.

plées en tension le plus souvent, elles donnaient 130 ampères sous 260 volts.

Ces dynamos alimentaient :

54 lampes à arc Pieper différentielles de	6 ampères.
10 — — — à friction de	6 —
60 lampes à incandescence de	10 bougies.
30 — — —	16 —

Elles recevaient le mouvement de deux moteurs à gaz, système Lenoir, de 24 chevaux, à 2 cylindres, tournant à la vitesse de 140 tours par minute. Ces moteurs avaient été obligeamment mis à la disposition du Syndicat par la Compagnie Parisienne du gaz.

Installation de la Compagnie Électrique. — La Compagnie Électrique, qui avait sa grande installation à l'Esplanade des Invalides, avait

en outre deux postes d'électricité au Champ-de-Mars : l'un dans le palais des Machines et l'autre dans la station de la berge, près des appareils de M. Pieper.

Dans cette station, la Compagnie Électrique avait placé une dynamo Gramme du type supérieur donnant 60 ampères sous 140 volts, à la vitesse de 1300 tours par minute.

Cette dynamo, actionnée par un moteur à gaz Lenoir de 16 chevaux également prêté par la Compagnie Parisienne du gaz, chargeait, pendant la journée, une batterie de 60 accumulateurs Julien et alimentait le soir 20 régulateurs Gramme de 6 ampères. Les accumulateurs envoyaient leur courant dans 52 lampes à incandescence de 10 bougies.

Accumulateurs. — Le Syndicat avait à sa disposition deux séries d'accumulateurs : l'une, dont je viens de parler, fournie par M. Julien, de Bruxelles, et l'autre, composée de 120 éléments, fournie par la maison Jarriant, de Paris.

Chacun des éléments Julien pesait 90 kilogrammes en matière utile et pouvait contenir 900 ampères-heure, à raison de 10 ampères-heure par kilogramme de plaques.

Chacun des éléments Jarriant pesait 50 kilogrammes et pouvait contenir 400 ampères-heure, à raison de 8 ampères-heure par kilogramme de plaques.

STATION DE M. GARNOT

Emplacement. — La station de M. Garnot était située près du quai des Invalides, en face du pavillon des Postes et Télégraphes. Elle occupait une superficie d'environ 120 mètres carrés.

Matériel électrique. — Les courants étaient produits par 3 dynamos système Lahmeyer, à enroulement Siemens, pouvant débiter chacune 180 ampères sous 70 volts de différence de potentiel aux bornes.

La dynamo appelée Lahmeyer a un induit composé d'un tambour denté formé de rondelles de tôle mince séparées par du papier et maintenues au moyen de boulons isolés, exactement comme dans la dynamo Rechinewski exposée par la Société l'Éclairage Électrique. L'inducteur est formé d'un encadrement très épais avec appendices polaires à l'intérieur,

le tout fondu en une seule et même pièce suivant la disposition adoptée par M. Gramme, depuis six ans, dans ses dynamos à pôles conséquents.

Pour compenser les pertes de charge au centre de distribution le plus éloigné, M. Garnot avait installé une quatrième dynamo. Cette dynamo était placée en tension avec une des trois autres, dans le circuit qui alimentait les brûleurs de la grande porte d'entrée de l'Esplanade des Invalides. Elle était actionnée à l'aide d'une courroie par la dynamo principale et remplissait exactement, vis-à-vis de celle-ci, le rôle du compoundage dans l'inducteur, suivant la théorie de M. Marcel Deprez.

Un tableau de distribution, muni d'appareils de mesure et de sûreté, envoyait le courant engendré par les trois dynamos, dans huit circuits alimentant 99 lampes à incandescence et 41 régulateurs de diverses intensités.

Matériel mécanique. — Le mouvement des dynamos était obtenu au moyen d'une machine à vapeur Westinghouse de 60 chevaux faisant 350 tours par minute à la pression de 6 kilogrammes. (D'après les évaluations de l'exposant, cette machine ne consommait que 16 kilogrammes de vapeur par cheval-heure.)

Un générateur multitubulaire, du système Oriolle, pouvant vaporiser jusqu'à 2 000 kilogrammes d'eau à l'heure, alimentait la machine Westinghouse.

Par ce qui précède, on voit que M. Garnot avait tenu à n'installer dans sa station de l'Esplanade que des appareils exceptionnels, peu en usage parmi les électriciens; malgré cela, je me plais à reconnaître que le tout a fonctionné à l'entière satisfaction des clients et du Syndicat.

STATION DE LA COMPAGNIE ÉLECTRIQUE

Emplacement. — La station de la Compagnie Électrique était située dans l'intérieur de l'Esplanade, sur la rue de Constantine, près du kampong javanais. Elle occupait une surface de 54 mètres carrés.

Matériel électrique et mécanique. — Le matériel comprenait 3 moteurs à gaz, une locomobile à vapeur, 4 dynamos et les tableaux de distribution.

Un moteur à gaz Otto de 40 chevaux actionnait, par l'intermédiaire d'une transmission, une dynamo Gramme type supérieur en dérivation,

produisant 70 ampères sous 250 volts à la vitesse de 1 300 tours par minute. Le courant alimentait 40 régulateurs Gramme de 7 ampères disposés dans les Colonies et dans le kampong, par 4 en série.

Un moteur à gaz Lenoir de 24 chevaux commandait directement une dynamo Gramme type supérieur en dérivation, pouvant produire 75 ampères sous 210 volts à la vitesse de 1 200 tours par minute. Le courant alimentait 30 régulateurs de 7 ampères pour le théâtre annamite et l'Algérie, par 3 en série.

Un moteur à gaz Otto de 20 chevaux commandait directement une dynamo Gramme type supérieur en dérivation, produisant 35 ampères sous 210 volts, à la vitesse de 1 350 tours par minute. Le courant alimentait 15 régulateurs de 7 ampères pour le velum et les alentours.

Une machine à vapeur locomobile de 30 chevaux commandait directement une machine Gramme type supérieur compound de 112 ampères sous 210 volts à la vitesse de 850 tours par minute. Le courant alimentait 270 lampes à incandescence et 3 régulateurs de diverses intensités, répartis dans toute l'exposition coloniale.

Consommation de charbon. — L'Administration de l'Octroi avait accordé aux électriciens l'abonnement au combustible, comme elle avait déjà fait pour les fournisseurs de vapeur du service mécanique. Le paiement des droits ayant été opéré par les soins de la direction du Syndicat, cela nous a permis de connaître exactement la consommation totale de charbon et sa répartition par station.

J'ai donné précédemment une évaluation approximative du travail total fourni par chaque station; voici maintenant le poids total de combustible que ces stations ont consommé :

Station Gramme.	1 729 tonnes de fines et poussier ¹ .	
— Edison	650 —	tout-venant.
— de la Société « l'Éclairage Électrique ».	992 —	—
— de la « Société pour la transmission de la force »	614 —	—
— du Syndicat	789 —	briquettes.
— de M. Garnot (Invalides).	121 —	tout-venant.
— de la Comp ^{ie} Électrique (Invalides)	79 —	—
TOTAL	4 974 tonnes.	

1. Cette consommation est celle de neuf chaudières Davey-Paxman qui donnaient la vapeur non seulement aux machines actionnant les dynamos Gramme, mais encore à toutes les machines du service mécanique dans les sections anglaise et américaine.

Je ne donne pas la consommation de la station de MM. Steinlen et C^{ie}, ni celle des machines Boulet et Sautter-Lemonnier, parce que leurs fournisseurs de vapeur étaient en même temps les fournisseurs du service mécanique et qu'ils pouvaient faire entrer du charbon à droits réduits, sans avoir recours au Syndicat.

J'estime que le Syndicat a consommé, en totalité, environ 5 500 tonnes de houille.

CHAPITRE IV

POSTES D'ÉLECTRICITÉ

Emplacements. — Les postes d'électricité étaient au nombre de 15; ils appartenaient aux exposants dont les noms suivent :

1 ^o MM. Sautter-Lemonnier et C ^{ie}	emplacement A, pl. 3. Palais des Machines.
2 ^o MM. Crompton et C ^{ie}	— A — —
3 ^o MM. Alioth et C ^{ie}	— C — —
4 ^o Ateliers d'Öerlikon	— D — —
5 ^o MM. Jaspar et Dulait	— E — —
6 ^o Compagnie Électrique	— F — —
7 ^o Syndicat des brevets Clerc et Société Belge	— G — —
8 ^o M. Henrion	— H — —
9 ^o MM. Latimer Clark, Muirhead et C ^{ie}	— I — —
10 ^o M. Popp	— J — —
11 ^o Société Cance	sous l'escalier du vestibule du palais.
12 ^o Compagnie Électrique	pavillon Geneste et Herscher, pl. 4.
13 ^o Société l'Éclairage Électrique	quai des Invalides, pl. 4.
14 ^o — — — — —	à l'avenue de Suffren.
15 ^o Soc. Gramme (Restaur. de France).	au Trocadéro.

Installation de MM. Sautter-Lemonnier et C^{ie}. — La planche 19 représente l'installation faite par MM. Sautter-Lemonnier et C^{ie} dans la classe 50, palais des Machines.

Elle se compose, comme on le voit, d'une machine à vapeur verticale, système compound, actionnant directement une dynamo à 8 pôles avec seulement deux recueilleurs de courant.

Les cylindres, fondus d'une seule pièce avec le réservoir intermédiaire et les boîtes à tiroirs, sont supportés par six colonnes en fer solidement emmanchées dans le bâti.

La machine fonctionnait à échappement libre, mais elle était disposée pour marcher, au besoin, à condensation.

La vitesse, uniformisée par un régulateur à force centrifuge, à axe horizontal, pouvait, par la tension plus ou moins grande du ressort antagoniste, s'élever de 150 à 300 tours par minute. A l'Exposition, cette vitesse était de 275 tours par minute.

La distribution est faite dans le grand cylindre par un tiroir unique système Trick et dans le petit cylindre par un tiroir double à détente variable à la main (système Meyer). Le régulateur actionne une valve cylindrique équilibrée.

Grâce à ce régulateur et à son ressort antagoniste, le réglage de l'obturateur se faisait instantanément et la vitesse se maintenait constante dans des limites qui ne dépassaient pas 3 p. 100 (environ 10 tours par minute), en passant de la charge maximum de la dynamo à sa marche à vide.

Le graissage de tous les organes du moteur était continu. MM. Sautter-Lemonnier et C^{ie} emploient pour cet usage le système Dégremont à graisse influide.

En fonctionnement normal à condensation, ce moteur développe 100 chevaux au frein avec 6 kilogrammes de pression et 0^m,60 de vide au condenseur. La consommation de vapeur ne dépasse pas, dans ce cas, 9^{kg},5 par cheval-heure.

Avec échappement à air libre, la consommation de vapeur en pleine charge atteint 12^{kg},5 par cheval-heure.

Ce moteur recevait la vapeur d'une chaudière De Naeyer louée par le Syndicat et installée dans la cour de la force motrice à côté de la station de MM. Steinlen et C^{ie}.

La dynamo actionnée par ce moteur était du système quadruplex Sautter-Lemonnier, à 8 pôles entourant un anneau Gramme de 1 mètre de diamètre, avec enroulement compound. Elle débitait 1000 ampères sous 75 volts à la vitesse normale de 275 tours. Le courant d'excitation avait 30 ampères d'intensité.

L'encombrement de l'ensemble, moteur et dynamo, était très faible : 4^m,25 de longueur, 2 mètres de largeur, 8^m,50 de surface. La hauteur totale au-dessus du sol ne dépassait pas 2 mètres.

Le tableau de distribution, représenté planche 20, comprenait : un commutateur à deux directions, un coupe-circuit et une résistance pour chaque régulateur, un ampèremètre et un voltmètre pour chaque groupe

de régulateurs; et enfin, les conducteurs et les barres nécessaires à l'alimentation des circuits et à la mesure des courants.

Trois conducteurs venant de la borne positive de la dynamo sont reliés à une barre disposée sur une petite table horizontale formant console en avant du tableau; trois autres conducteurs, attachés à une seconde barre mise à plat contre le tableau et au-dessus de la première, reviennent à la borne négative de la dynamo.

Partant de la première barre, le courant se bifurque en passant par les coupe-circuits, traverse les résistances et va aux régulateurs, pour de là revenir à la seconde barre. Un commutateur intercalé dans chaque circuit permet d'y introduire à volonté un ampèremètre.

Le tableau était complètement monté sur ardoise; toutes ses connexions étaient visibles et facilement accessibles.

La dynamo de MM. Sautter-Lemonnier envoyait le courant : 1° à 12 régulateurs de 25 ampères et à 30 régulateurs de 8 ampères placés dans le palais des Machines; 2° à 24 régulateurs de 8 ampères et à 8 lampes à incandescence de 16 bougies éclairant le restaurant Aussart dans le Jardin intérieur¹.

Installation Crompton. — MM. Crompton et C^{ie} avaient placé leur poste d'électricité dans la section anglaise, à 200 mètres environ des chaudières du Syndicat qui alimentaient leurs moteurs.

La figure 7 représente l'ensemble des appareils en mouvement. Cet ensemble se composait de 3 machines à grande vitesse système Westinghouse et de 6 dynamos Crompton.

Les machines Westinghouse marchaient à la pression de 8 kilogrammes, faisaient 300 tours par minute et développaient chacune une puissance de 100 chevaux, en pleine charge.

Les dynamos Crompton, disposées verticalement, sont munies d'anneaux Gramme tournant entre les pôles conséquents d'inducteurs en fer forgé. Elles présentent cette particularité que la section de l'âme de l'induit est un peu plus grande que la section des barres de l'inducteur (le rapport entre ces deux sections est de 1 à 0,98), tandis que la plupart des constructeurs donnent à l'âme de l'induit beaucoup moins de section qu'aux barres de l'inducteur (généralement le rapport entre ces deux sections est de 1 à 1,5). D'après M. Crompton, cette disposition est

1. Ces régulateurs (genre Siemens) sont représentés pl. 20. On peut en trouver la description dans mon *Traité d'éclairage à l'électricité* (3^e édition), p. 339.

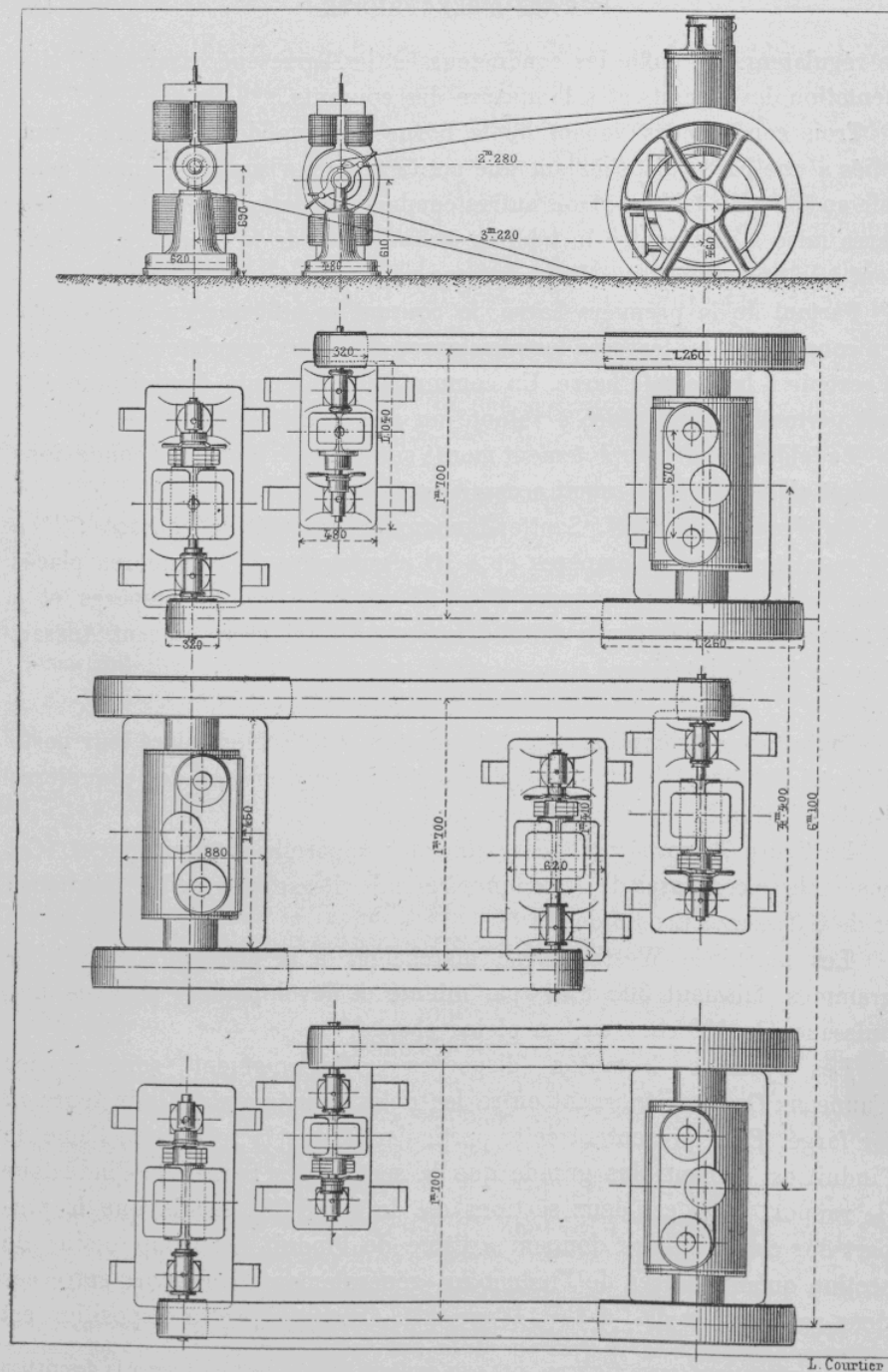


FIG. 7. — Installation de MM. Crompton et C^{ie}

très favorable à la régularité du courant et à la stabilité du régime, parce que le point de saturation des noyaux d'électros est obtenu avant que le courant moyen d'excitation de la dynamo ne soit atteint; de sorte que ces noyaux sont, normalement, supersaturés, tandis que l'induit ne l'est pas. Toute augmentation de courant au-dessus du régime normal diminue la force électromotrice aux balais et introduit ainsi une action compensatrice dans la marche de la dynamo ¹.

Sur les 6 dynamos qui figuraient dans l'installation de MM. Crompton et C^{ie}, il y en avait 2 à haute tension donnant chacune 25 ampères sous 1280 volts à 1200 tours, et 4 à basse tension donnant chacune 100 ampères sous 220 volts à 1 200 tours également.

Voici quelques données sur les dynamos à haute tension :

Diamètre extérieur de la bobine	0 ^m ,395
Longueur	0 ^m ,170
Épaisseur	0 ^m ,080
Nombre de lames du collecteur	72
Résistance de la bobine	1,375 ohm.
Résistance de l'inducteur (les 4 barres étant couplées 2 en série et 2 en quantité)	1,390 ohm.
Énergie utile aux bornes	32 500 watts.
Rendement électrique	97 p. 100
Poids total de la dynamo	800 kil.

La machine Westinghouse située au milieu de l'installation actionnait 2 dynamos à basse tension, tandis que les deux autres machines actionnaient chacune 1 dynamo à haute tension et 1 à basse tension.

Un tableau de distribution, placé auprès des appareils en mouvement, permettait de coupler les dynamos suivant les besoins du service. Par une simple manœuvre de commutateur, on pouvait lire l'intensité, soit du courant qui passait dans un circuit quelconque des lampes, soit de celui que produisait une quelconque des dynamos.

Une dynamo à haute tension servait à allumer 24 régulateurs de 25 ampères dans le palais des Machines.

Les autres dynamos faisaient fonctionner 79 régulateurs de 8 ampères disposés en 4 circuits de 18 arcs et 1 circuit de 7 arcs, ainsi que 164 lampes à incandescence de 16 bougies partagées en 2 circuits de 82 lampes à 107 volts.

1. Je ne fais ici qu'indiquer l'explication donnée par M. Crompton au jury des récompenses, sans entrer dans le développement complet de la démonstration et sans en discuter le bien fondé. C'est un simple fait que je signale à l'attention des électriciens.

L'inducteur de cette dynamo est composé d'un bâti en fonte annulaire en deux pièces, à l'intérieur duquel sont assemblées les pièces polaires. La partie inférieure du bâti est venue de fonte avec le socle de la dynamo et les paliers.

L'induit a son âme constituée avec des disques en fer doux de faible épaisseur, isolés entre eux par des feuilles de papier verni, et montés sur

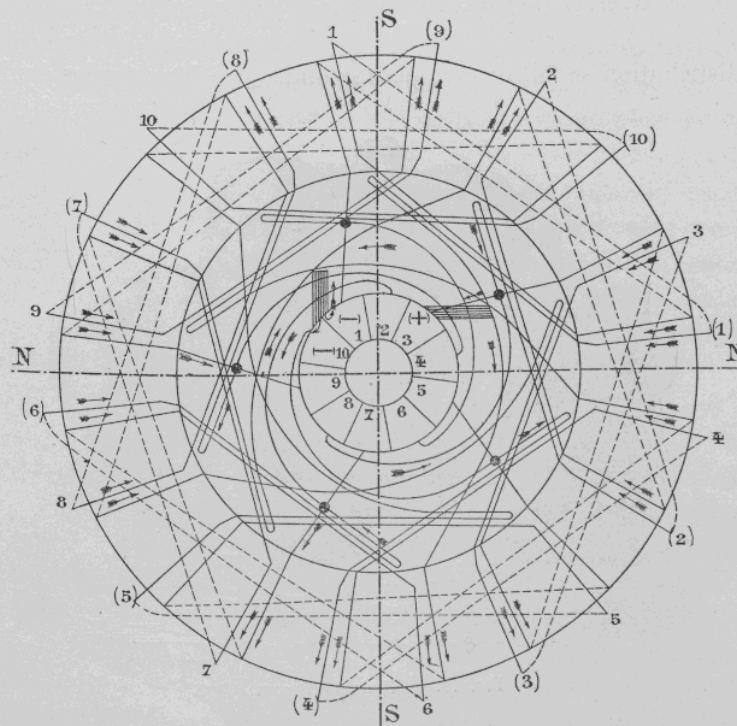


FIG. 9. — Enroulement de l'induit des dynamos Helvetia.

l'arbre de manière à laisser de distance en distance des ouvertures annulaires permettant à l'air de circuler. L'enroulement est du genre Siemens. La connexion des spires avec le collecteur est représentée *fig. 9*. Les flèches et les numéros indiqués dans cette figure permettent de suivre le parcours de chaque fil et de se rendre compte de la possibilité de n'employer que deux balais au lieu de quatre pour recueillir les courants.

La machine Sulzer marchait à condensation. Dans cette machine :

Le diamètre du petit cylindre est de	0 ^m ,210
— grand —	0 ^m ,320

La course des pistons est de	0 ^m ,240
La pression initiale de la vapeur	8 kil.
Le nombre de tours par minute.	250

Les deux cylindres sont coulés d'une seule pièce et munis de chemises de vapeur; celle du grand cylindre sert de réservoir intermédiaire. Les deux manivelles sont disposées à 180 degrés, ce qui équilibre les pistons et les tiges et permet d'atteindre de grandes vitesses sans inconvénient.

La distribution se fait dans le petit cylindre par deux tiroirs équilibrés

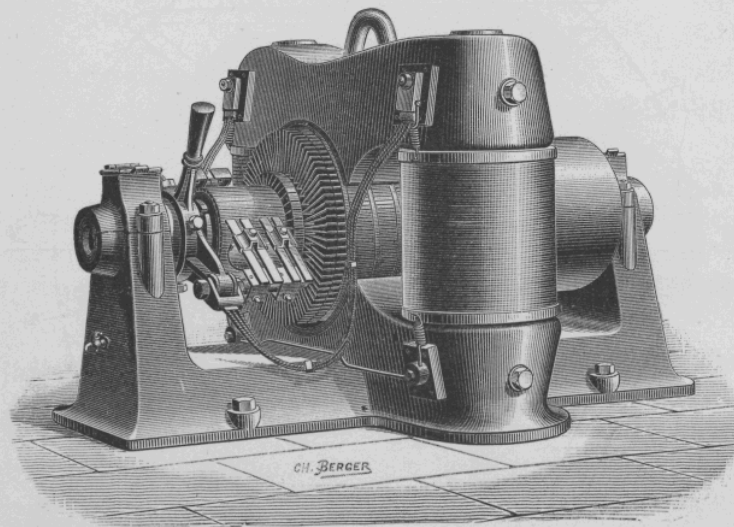


FIG. 10. — Dynamo Brown.

sur lesquels agit un régulateur à ressort qui peut être disposé, pendant la marche, pour différentes vitesses de régime. Dans le grand cylindre, la distribution se fait au moyen d'un tiroir à double orifice donnant une admission fixe.

La pompe à air est à simple effet; elle est fixée à la plaque de fondation et actionnée directement au moyen d'un excentrique.

La dynamo de MM. Alioth et C^{ie} alimentait 30 régulateurs de 8 ampères placés sous les galeries latérales du palais des Machines.

Installation Cœrlikon. — L'installation des ateliers d'Cœrlikon, si remarquée pendant toute l'Exposition, était également située dans la section

suisse, non loin du vestibule du palais des Machines. Elle comprenait une machine à vapeur verticale et une dynamo bipolaire attelées directement sur le même arbre.

La dynamo est représentée *fig. 10*. Son induit à enroulement Gramme avait un diamètre extérieur de 0^m,615 et une longueur de 0^m,600. Le collecteur avait 100 lames. Les inducteurs, gros et courts, étaient excités en dérivation.

Cette dynamo était capable de produire un courant de 400 ampères sous 110 volts de différence de potentiel aux bornes, mais son champ magnétique était réglé de façon que la force électromotrice ne dépassât pas 65 volts.

Le tableau de distribution comprenait tous les appareils nécessaires à la répartition du courant et à la sécurité du fonctionnement des foyers. Les régulateurs, au nombre de 25, étaient tous placés en dérivation; mais ils étaient divisés par groupes de 5, chacun des groupes étant commandé par un commutateur distinct. Chaque régulateur possédait en outre son rhéostat, son coupe-circuit et son commutateur.

Le rhéostat était composé d'un cylindre recouvert d'une feuille d'amiant sur laquelle était enroulé un fil de nickel ayant 3 ohms de résistance totale. Une bande métallique, en forme d'étrier, enveloppait le cylindre et pouvait glisser, le long d'un conducteur, entre les deux bases de ce cylindre. Au moyen d'une vis on serrait la bande contre le cylindre, en un point quelconque de la course, et on intercalait ainsi dans le circuit la résistance qui convenait le mieux au fonctionnement du régulateur. Ce petit appareil avait sur les rhéostats ordinaires l'avantage de régler plus exactement la résistance additionnelle, c'est-à-dire d'ajouter ou de retrancher, à un moment donné, une résistance aussi petite qu'on voulait, au lieu d'introduire ou de retirer du circuit le 1/8 ou le 1/10 de la résistance totale, comme cela a lieu avec les commutateurs à touches.

La dynamo alimentait 25 régulateurs Brown de 8 ampères : 14 de ces régulateurs étaient placés dans un des bas côtés du palais des Machines; les 11 autres éclairaient une partie de la galerie du premier étage.

La machine à vapeur qui donnait le mouvement à la dynamo est représentée figure 11.

Cette machine type pilon compound avait une puissance de 50 chevaux; sa vitesse était de 240 tours par minute; les diamètres des cylindres étaient respectivement de 0^m,200 et 0^m,300; la course des pistons

était de 0^m,250. Un régulateur placé dans le volant agissait directement sur l'excentrique du tiroir d'admission.

L'installation des ateliers d'Erlikon était très soignée dans toutes ses

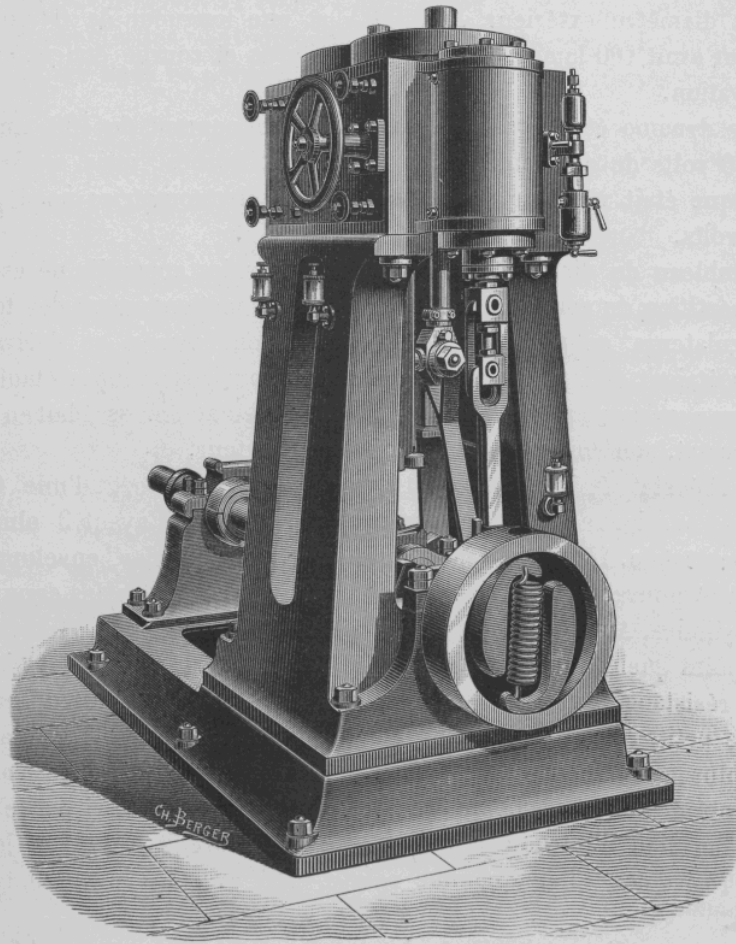


FIG. 11. — Machine pilon des ateliers d'Erlikon.

parties. Ses résultats ont été parfaits du premier au dernier jour de fonctionnement.

Installation Jaspar. — Le cinquième poste d'électricité, placé classe 52 dans l'exposition même de la Société des moteurs Otto, comprenait les installations de MM. Jaspar et Dulait.

M. Jaspar, de Liège, est le véritable promoteur de l'éclairage électrique en Belgique; dès 1867 il envoyait à l'exposition de Paris un régulateur très remarquable, et en 1881 il avait au Palais de l'Industrie trois petits plafonds lumineux extrêmement ingénieux.

Son installation au palais des Machines était des plus simples, mais elle était caractérisée par une parfaite entente des conditions pratiques qui assurent à l'éclairage une grande sécurité de marche.

L'arbre de transmission, commandé par les moteurs Otto, était disposé en sous-sol et actionné tantôt par un moteur de 100 chevaux à 4 cylindres (voir planche 21), tantôt par une série de moteurs moins puissants¹.

Les deux dynamos Jaspar, à anneau Gramme, sont représentées à gauche du dessin, en plan et en élévation :

En voici les principales données :

Intensité en ampères de chaque dynamo.	100
Différence de potentiel aux bornes.	125
Nombre de tours par minute.	1 050
Diamètre extérieur de l'induit.	0 ^m ,310
Diamètre intérieur de l'induit.	0 ^m ,240
Longueur de l'induit.	0 ^m ,420
Résistance —	0,050 ohm
Vitesse à la périphérie de l'induit (par seconde).	17 mètres.
Poids du fil sur l'inducteur.	179 kil.
Poids du fil sur l'induit.	35 kil.
Nombre de watts utiles.	12 500
Nombre de watts absorbés par la dynamo.	2 160
Rendement électrique.	85,3 p. 100

Ces dynamos alimentaient 11 régulateurs système de Puydt de 25 ampères et 7 régulateurs du même système de 8 ampères, tous placés dans le palais des Machines. Les régulateurs étaient disposés par deux en tension.

1. La Société française des moteurs Otto avait mis à la disposition du Syndicat une force motrice de 100 chevaux. Cette force motrice pouvait, à volonté, être produite par un moteur unique ou par plusieurs moteurs de diverses puissances agissant simultanément. La réalisation de ce programme avait nécessité l'emploi d'un arbre de transmission, disposé en sous-sol (voir pl. 21), qui pouvait être actionné soit par un moteur de 100 chevaux à 4 cylindres, soit par une série de moteurs de 40, 25, 16 et 8 chevaux chacun.

Le Syndicat ayant demandé que les installations de MM. Jaspar et Dulait pussent être rendues indépendantes l'une de l'autre, la Société des moteurs Otto avait placé sur l'arbre un manchon d'embranchement permettant de le séparer en deux parties, afin de pouvoir commander la dynamo Dulait avec les moteurs de 40 et 8 chevaux et les dynamos Jaspar avec les moteurs de 25 et 16 chevaux.

Cette transmission était assez compliquée et lourde à trainer; mais elle répondait au but poursuivi par la Société des moteurs Otto, désireuse de montrer un grand nombre de ses moteurs en fonction.

Installation Dulait. — L'installation de la Société anonyme *Électricité et Hydraulique*, de Charleroi, dont M. Dulait est l'administrateur-gérant, était à côté de celle de M. Jaspar (voir planche 21). Elle n'était composée que d'une dynamo à 4 pôles et d'un tableau de distribution.

La dynamo Dulait, représentée *fig. 12*, possède 8 barres d'électros disposées symétriquement par rapport à l'axe (4 de chaque côté) et réunies entre elles par deux flasques en fonte servant de bâti. L'induit est à anneau plat avec enroulement Gramme ; il est constitué par un grand nombre de

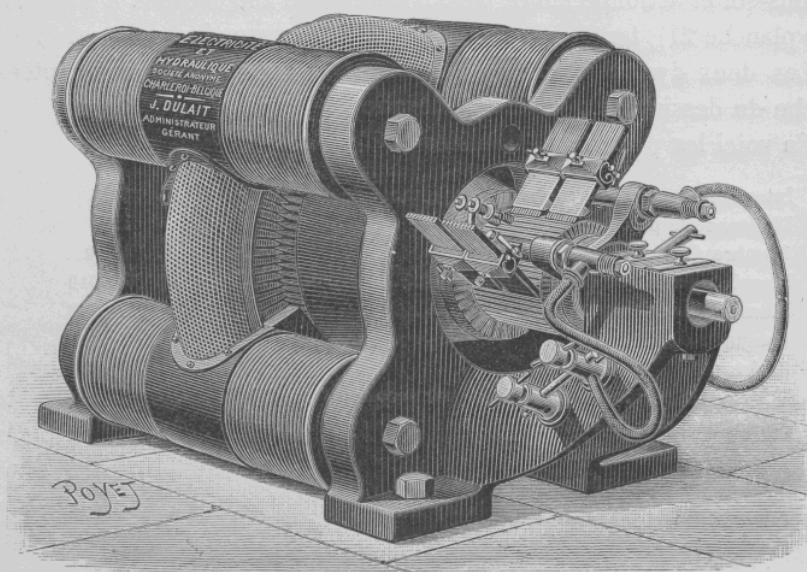


FIG. 12. — Dynamo système Dulait.

bobines partielles séparées les unes des autres par une épaisse couche d'air. Le collecteur, porté à l'extrémité de l'arbre, est très accessible et peut facilement être réparé ou remplacé ; il est fixé par un manchon spécial. Un écrou réunit et serre toutes les lames du collecteur contre ledit manchon avec lequel il fait corps.

La dynamo Dulait produisait un courant de 175 ampères sous 110 volts de différence de potentiel aux bornes, à la vitesse de 420 tours par minute.

Elle alimentait les 21 régulateurs de 8 ampères éclairant la cour de Labourdonnais, de la porte Rapp à l'École-Militaire.

Installation de la Compagnie Électrique. — Le poste d'électricité placé

dans la classe 53 avait été concédé à la Compagnie Électrique, dont M. Dehenne était alors directeur et M. Nysten, chef-électricien. Ces Messieurs firent là l'installation fort originale représentée *fig. 13 et 13 bis*.

Elle se composait d'un moteur à gaz Otto de 50 chevaux actionnant au moyen d'une simple courroie un arbre principal portant 4 poulies en fonte ayant 0^m,920 de diamètre et 0^m,220 de largeur de jante.

Ces poulies commandaient, par friction, 4 dynamos Gramme type supérieur, placées symétriquement de chaque côté des poulies.

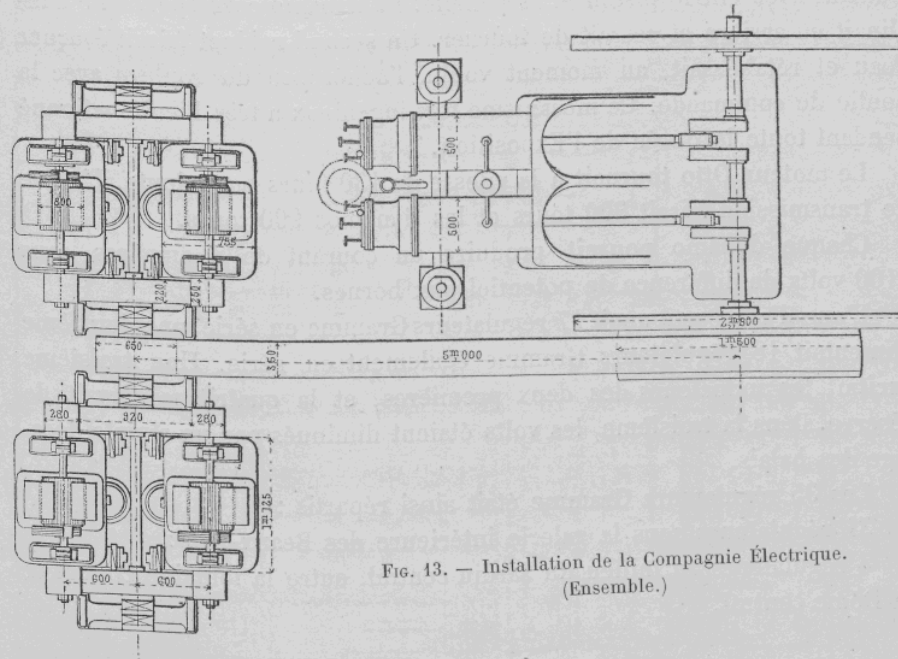


FIG. 13. — Installation de la Compagnie Électrique.
(Ensemble.)

Chaque dynamo reposait sur une semelle en fonte munie en dessous de deux oreilles recevant un tourillon d'articulation, lequel était emmanché dans deux supports à patin fixés solidement à la fondation. Le centre d'articulation était à une distance de 0^m,20 de l'axe vertical des dynamos de manière que l'adhérence des galets de friction sur leurs poulies respectives fût assuré par le poids même des dynamos. La position des dynamos, des semelles et des supports était réglée au moyen de cales en fer et de boulons pouvant se déplacer dans des rainures longitudinales.

Pour mettre les dynamos hors d'action, on avait placé sous chaque

semelle, à l'extrémité de son grand bras de levier, une sorte de piston reposant sur une large valve horizontale analogue aux rondelles plissées des baromètres anéroïdes. Cette valve était comprise entre deux brides et formait avec la bride inférieure et un tuyau d'arrivée d'eau (fixé au centre de ladite bride) une petite capacité étanche. Pendant la marche, le piston et la valve ne modifiaient en rien l'adhérence des galets, la semelle et le piston ne se touchant pas. Mais si on envoyait de l'eau en pression (prise sur la canalisation de la Ville) sous la valve, elle se soulevait, entraînant avec elle le piston et la semelle. La dynamo correspondante s'inclinait en arrière et cessait de tourner. Un second robinet faisait évacuer l'eau et rétablissait, au moment voulu, l'adhérence du rouleau avec la poulie de commande. Ce mécanisme fort ingénieux a très bien fonctionné pendant toute la durée de l'Exposition.

Le moteur Otto tournait à la vitesse de 130 tours par minute. L'arbre de transmission faisait 300 tours et les dynamos 990 tours.

Chaque dynamo pouvait produire un courant de 8 ampères sous 1100 volts de différence de potentiel aux bornes.

L'une d'elles actionnait 17 régulateurs Gramme en série, une deuxième alimentait 18 régulateurs Gramme également en série. Une troisième excitait les inducteurs des deux premières, et la quatrième servait de réserve. Dans la troisième, les volts étaient diminués par un simple décalage des balais.

Les 35 régulateurs Gramme étaient ainsi répartis :

31 régulateurs sous la galerie intérieure des Beaux-Arts;

4 régulateurs au milieu du Jardin central, entre la fontaine Coutan et le Dôme central.

Installation Mildé. — M. Mildé, administrateur du Syndicat des brevets Clerc, avait installé dans la classe 62, près de l'escalier du Zodiaque du palais des Machines, une dynamo à courants alternatifs système Clerc excitée par une petite dynamo du type Manchester. Ces deux dynamos recevaient le mouvement d'une machine à vapeur verticale de 100 chevaux, mise à la disposition du Syndicat par MM. Boulet et C^{ie}. La vapeur était fournie par une chaudière de M. De Naeyer installée dans la cour de la force motrice, chaudière dont il a déjà été question, lors de la description des appareils de MM. Sautter-Lemonnier et C^{ie}.

La dynamo Clerc pouvait produire 12 ampères sous 3 200 volts, ou 24 ampères sous 1 600 volts, à la vitesse de 400 tours par minute. En

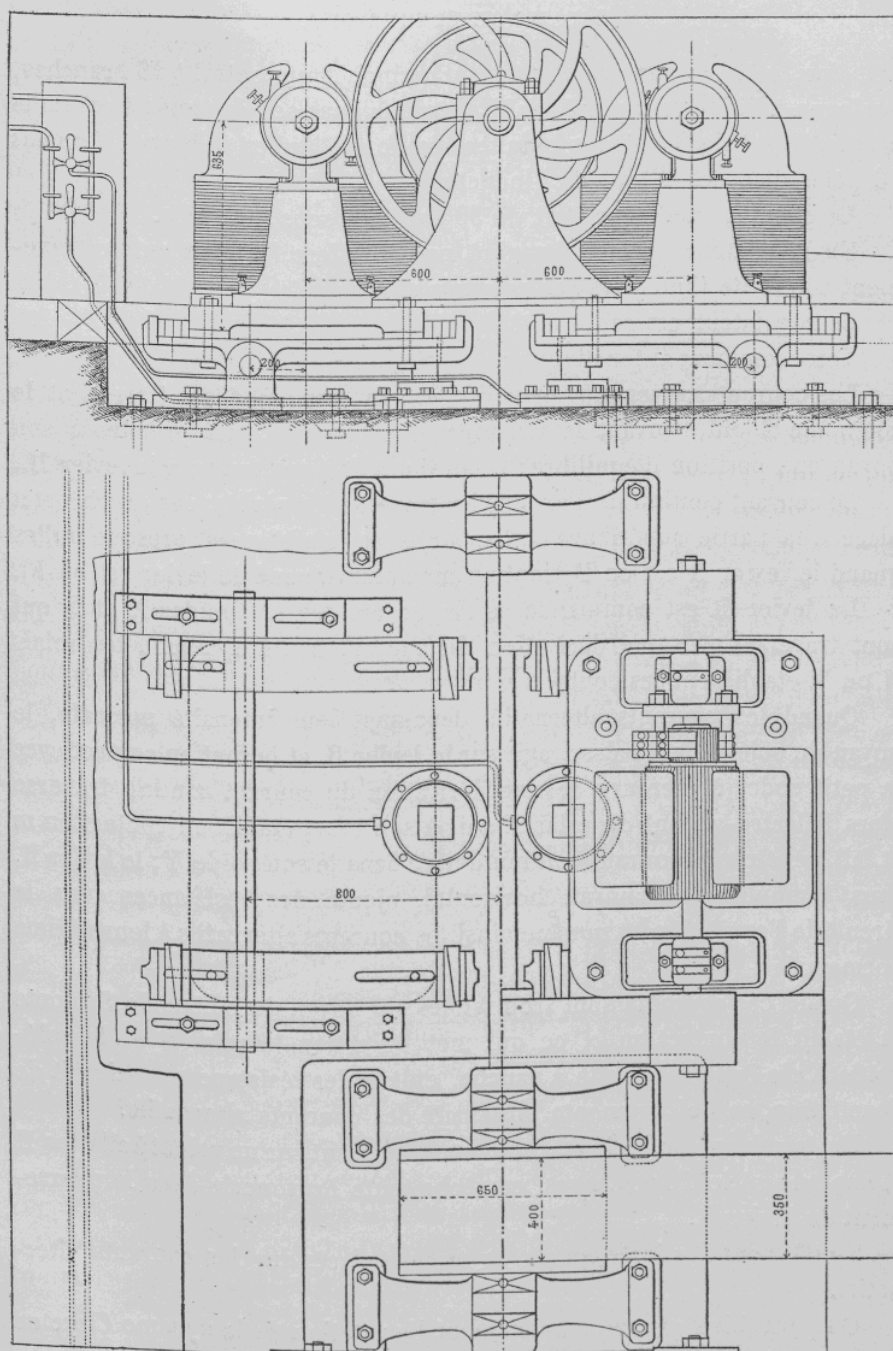


FIG. 13 bis. — Installation de la Compagnie Électrique. (Détails.)

principe, cette dynamo se compose d'un inducteur central à 16 branches, analogue à l'inducteur placé par M. Gramme dans ses dynamos à courants alternatifs, et de 8 bobines induites, en forme de fer à cheval, formant 16 pôles disposés autour de l'inducteur.

Le courant excitateur était de 30 ampères sous 100 volts.

Un régulateur spécial, imaginé par M. Clerc, rendait automatiquement constante l'intensité des courants alternatifs.

Ce régulateur est représenté *fig. 14*.

Voici comment il fonctionne :

Les courants alternatifs produits par la dynamo Clerc traversent le solénoïde S qui, suivant la puissance des courants, fait prendre à son noyau une position d'équilibre ; ce noyau agit à son tour sur le levier JL.

Le courant continu de l'excitatrice traverse les résistances du rhéostat placé à la partie supérieure de l'appareil (ces résistances, presque nulles quand le levier R est en E, sont au maximum quand le levier est en F).

Le levier R est commandé par le noyau des solénoïdes X et Y qui sont traversés par une dérivation du courant continu, quand les relais N ou M établissent les contacts *n* ou *m*.

Quand les courants alternatifs dépassent leur intensité normale, le noyau du solénoïde S baisse, agit sur le levier JL et le met en contact avec le petit godet à mercure *b* ; une dérivation du courant continu traverse alors l'électro-aimant du relai M qui, à son tour, établit un contact en *m* et fait pénétrer le courant continu dérivé dans le solénoïde Y ; le levier R, sous l'impulsion du noyau horizontal, ajoute des résistances dans le circuit de l'excitation et ramène ainsi les courants alternatifs à leur régime normal.

Quand ces courants sont trop faibles, le noyau du solénoïde S monte et établit le contact en *c*, ce qui met en action le relai N et le solénoïde X ; le levier R oscille à gauche, enlève des résistances au circuit de l'excitation, ce qui augmente l'intensité des courants alternatifs.

Un trembleur ou frein magnétique G, agissant sur un volant à ailettes H et sur une série d'engrenages, empêche toute brusquerie dans le mouvement du levier R.

T et U sont des instruments de mesure placés sur les courants alternatifs.

On peut faire cesser complètement l'excitation de la dynamo Clerc en appuyant sur la partie supérieure d'un interrupteur à bagues élastiques placé en I.

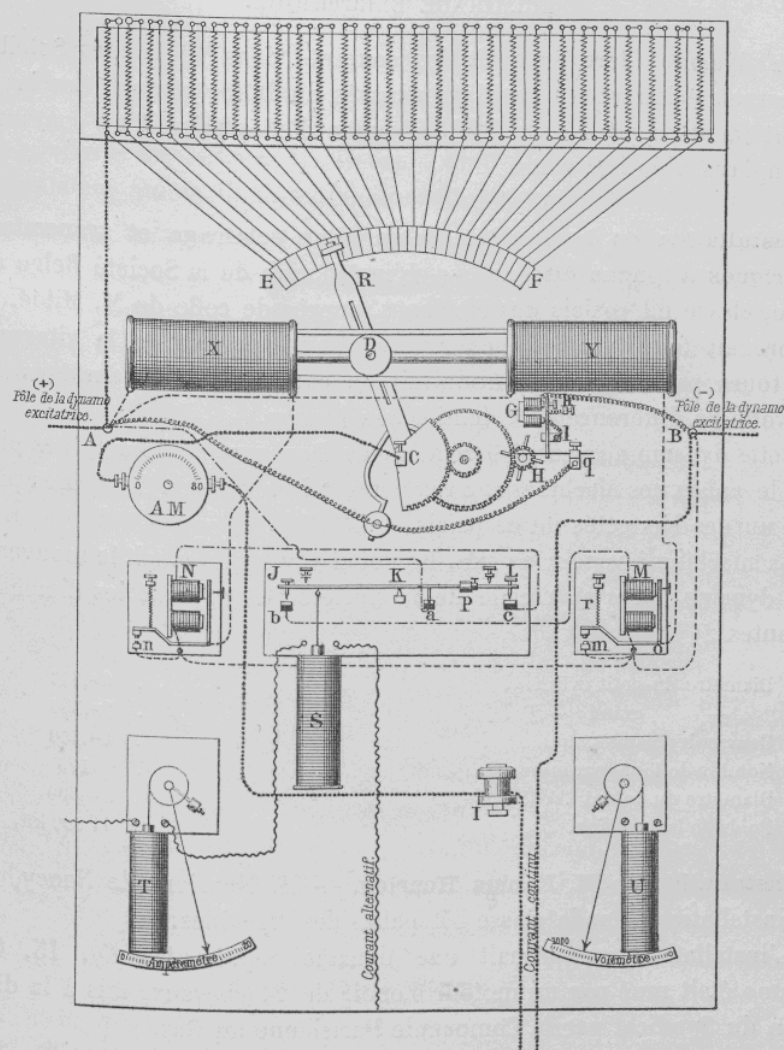


FIG. 14. — Régulateur de courant Clerc pour courants alternatifs.

- | | | | |
|------|---|---------|--|
| A, B | Prises du courant continu sur l'excitatrice. | P | Contrepoids de réglage. |
| C | Prise du courant allant à l'ampèremètre après avoir traversé les résistances. | R | Levier à galet du rhéostat. |
| D | Attache du levier R avec le noyau des solénoïdes X, Y. | S | Solénoïde placé dans le circuit des courants alternatifs. |
| E, F | Touches extrêmes du rhéostat intercalé dans le courant de l'excitatrice. | T | Ampèremètre pour courants alternatifs. |
| G | Frein magnétique. H Volant du frein. | U | Voltmètre pour courants alternatifs. |
| I | Interrupteur à main. | X, Y | Solénoïdes placés sur des dérivations du courant d'excitation. |
| J L | Levier de réglage. | a, b, c | Godets à mercure. |
| K | Couteau d'oscillation du levier J L. | l | Prise de courant du frein magnétique. |
| M, N | Relais des solénoïdes X, Y. | n, m | Contacts en charbon fermant les circuits des solénoïdes X, Y. |
| | | r | Ressort antagoniste. |

La dynamo Clerc envoyait des courants dans 16 lampes Soleil de 200 carrels éclairant les pavillons adossés au Dôme central. Ces lampes étaient montées par séries de 8. Chacune d'elles prenait un courant de 12 ampères sous 100 volts.

Installation de la Société Belge pour éclairage et transmission électriques à longue distance. — L'installation de la Société Belge était située, classe 62, palais des Machines, auprès de celle de M. Mildé. Elle comprenait une dynamo à courant continu, tournant à la vitesse de 340 tours par minute et produisait un courant de 200 ampères sous 110 volts de différence de potentiel aux bornes.

Cette dynamo alimentait 6 régulateurs Doubrava de 25 ampères placés dans le palais des Machines et 8 régulateurs Doubrava de 8 ampères placés dans un des bas côtés de ce palais.

La machine à vapeur de MM. Boulet et C^{ie}¹, qui donnait le mouvement à la dynamo Clerc et à celle de la Société Belge, avait les dimensions suivantes :

Diamètre du petit cylindre.	0 ^m ,340
— grand —	0 ^m ,550
Course des pistons.	0 ^m ,400
Nombre de tours par minute	175
Diamètre du volant	4 ^m ,500
Poids de la machine.	11 000 kil.

Installation de M. Fabius Henrion. — M. Henrion, de Nancy, avait son installation dans la classe 57, palais des Machines.

L'installation comprenait une dynamo représentée *fig. 15*. Cette dynamo était mue par un moteur Lenoir de 24 chevaux, mis à la disposition du Syndicat par la Compagnie Parisienne du Gaz.

La dynamo Gramme que construit M. Henrion est très connue; elle est surtout caractérisée par l'anneau plat, d'un grand diamètre, induit sur les faces latérales. Celle qui fonctionnait à l'Exposition était à 4 pôles et à enroulement compound; sa vitesse était de 680 tours par minute; sa production de 125 ampères sous 110 volts de différence de potentiel aux bornes.

Elle alimentait 12 régulateurs Pilsen, savoir : 4 de 25 ampères placés dans la grande nef du palais des Machines, 6 de 8 ampères dans les

1. Voir la description de cette machine dans l'ouvrage de M. BUCHETTI sur les *Machines à vapeur de l'Exposition*.

bas côtés au rez-de-chaussée et 2 de 8 ampères dans la galerie du 1^{er} étage.

Pour parer aux inconvénients qui auraient pu résulter de variations dans la vitesse du moteur, M. Henrion avait placé, près de sa dynamo, un régulateur automatique qui intercalait, dans le circuit dérivé d'exci-

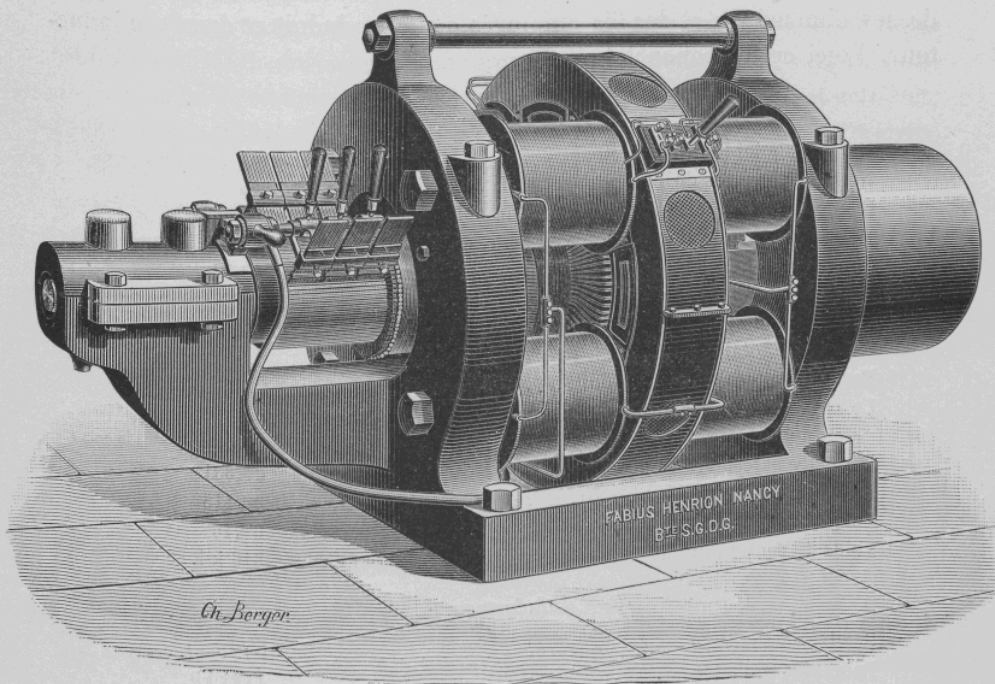


FIG. 15. — Dynamo Fabius Henrion.

tation, des résistances plus ou moins grandes et maintenait ainsi un régime constant dans l'intensité du courant principal.

Installation de MM. Latimer Clark, Muirhead et C^{ie}. — La section égyptienne et la section marocaine, le long de l'avenue de Suffren, étaient éclairées au moyen de 4 régulateurs de 5 ampères et de 170 lampes à incandescence qui recevaient le courant d'une dynamo Westminster, système Andersen, construite et exposée par la maison Latimer Clark, Muirhead et C^{ie}, de Londres.

Cette dynamo, conduite comme la précédente par un moteur Lenoir

de 24 chevaux, faisait 420 tours par minute et était susceptible de produire un courant de 400 ampères sous 80 volts. L'enroulement de son induit était fait avec des rubans en cuivre très minces, isolés et réunis ensemble, puis attachés au tambour d'une armature du genre Siemens.

Il ne m'a pas été possible de me procurer un dessin exact de cette dynamo, mais les constructeurs m'ont remis une nomenclature complète de ses dimensions et des fils employés dans son induit et dans son inducteur. Voici cette nomenclature :

Induit.

Nombre de lames du collecteur.	54
Nombre de spires de l'induit.	54
Chaque spire est formée de 10 lames de cuivre laminées présentant une section totale de	110 mill. carrés
Longueur totale d'une spire.	2 ^m ,73
Longueur totale de l'enroulement.	147 ^m ,4
Poids total du cuivre	142 kil.
Résistance totale de l'induit à 40° c.	0,0063 ohm
Perte de potentiel dans l'induit.	2,57 volts
Le noyau en fer est formé de disques de 0 ^{mm} ,56 d'épaisseur au nombre de.	600
Diamètre extérieur des disques.	0 ^m ,381
Diamètre intérieur —	0 ^m ,115
Longueur du tambour.	0 ^m ,46
Poids du fer de l'induit	316 kil.

Inducteurs.

Section des noyaux en fer.	987 cent. carrés
Poids des inducteurs	1483 kil.
Enroulement compound (2 bob. montées en dérivation). Nombre de spires de l'enroulement en série sur chaque bobine.	19,5
Section du conducteur	136 mill. carrés
Longueur du conducteur sur les deux bobines.	58 ^m ,50
Poids de l'inducteur en série	73 ^k ,50
Résistance de l'enroulement en série.	0,00205 ohm
Perte de potentiel à charge maximum	0,82
Enroulement en dérivation (2 bobines en tension). Nombre de fils sur chaque bobine.	824
Longueur totale du fil.	2 616 mètres
Poids du fil	154 kil.
Résistance à 40° c	7,56 ohms
Intensité du courant d'excitation	10,7
Poids total du cuivre	370 kil.
Poids total du fer doux de l'induit et de l'inducteur.	1483 kil.
Rendement électrique à pleine charge.	0,93

Installation Popp. — M. Popp avait installé dans la classe 62 un moteur à air comprimé de 10 chevaux qui donnait le mouvement à une dynamo Thomson-Houston faisant 900 tours par minute. Cette dynamo marchait à moitié charge; elle alimentait 5 régulateurs en tension placés dans les galeries du palais des Machines (3 au rez-de-chaussée et 2 au 1^{er} étage).

Installation Cance. — La *Société anonyme d'appareillages et d'éclairages électriques* n'avait ni dynamo ni moteur dans son installation; elle recevait le courant de la station centrale de la Société de transmission et éclairait, au moyen de 42 régulateurs Cance de 8 ampères, la Galerie de 30 mètres.

Ces 42 régulateurs, disposés tous en dérivation, fonctionnaient sous

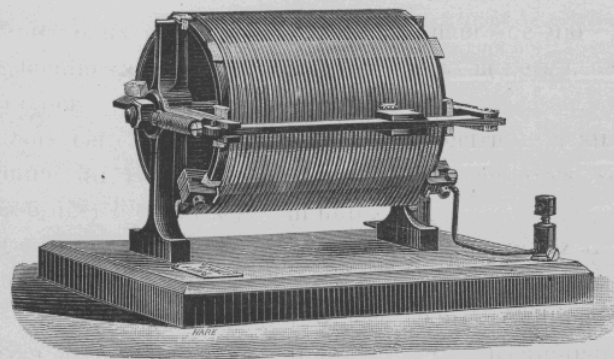


FIG. 16. — Rhéostat Cance.

70 volts de différence de potentiel au départ du tableau de distribution, représenté figure 17, et installé sous l'escalier du vestibule du palais des Machines. Le tableau porte les bornes d'arrivée et de départ, les barres collectrices, les coupe-circuits, les commutateurs, les indicateurs de marche et les rhéostats. Chaque rhéostat Cance est constitué, comme l'indique la figure 16, au moyen de deux petits supports en fonte fixés sur une planchette, reliés entre eux par un boulon central, et entre lesquels se trouve un tambour mince en fonte émaillée. Sur ce tambour est enroulé un fil de maillechort nu, dont les spires laissent entre elles un espace vide d'un millimètre environ et sont isolées du cylindre par des petites bandes longitudinales d'amiante. Un curseur de contact, pouvant se déplacer le long d'une lame de cuivre, maintenue par deux ressorts, sert à introduire dans le circuit la résistance convenable.

En outre de cette installation principale, la Société Cance avait placé :

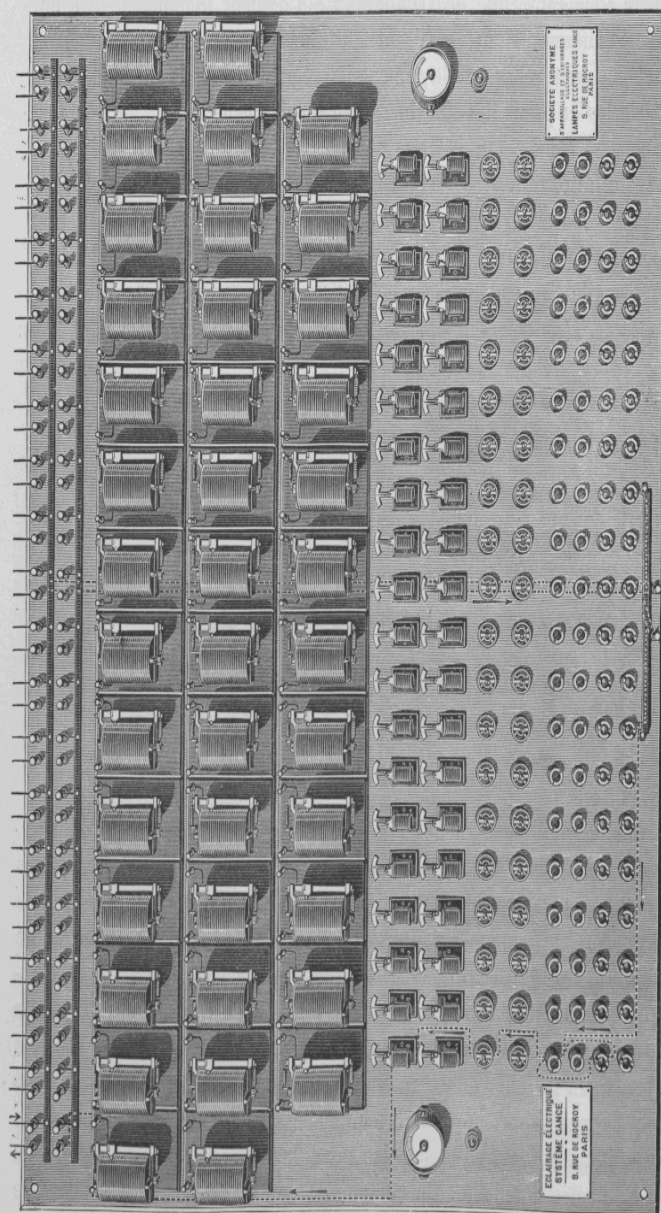


Fig. 47. — Tableau de distribution système Cance.

1° 2 tableaux sur les piliers du Dôme central, qui distribuaient le courant, l'un à 12 régulateurs de 8 ampères de la façade du Dôme et l'autre à 3 régulateurs de 25 ampères également placés sur la façade du Dôme; 2° 1 tableau dans la station du Syndicat distribuant le courant à 4 régulateurs de 8 ampères éclairant l'intérieur de ladite station; 3° 1 tableau, placé dans un des piliers de la galerie Desaix, distribuant le courant aux deux régulateurs de 25 ampères illuminant les sphères du sommet de la façade du palais des Arts libéraux; 4° 1 tableau pour distribuer le courant aux 2 régulateurs du restaurant Félix.

Les courants qui arrivaient à ces divers tableaux provenaient de la *station centrale de la Société anonyme pour la transmission de la force par l'électricité*, et les régulateurs qui en dépendaient, sauf les quatre de la station du Syndicat, étaient placés au compte de la même Société de transmission.

Poste de la Compagnie Électrique. — La Compagnie Électrique avait installé, dans le pavillon de MM. Geneste et Herscher situé dans la partie de l'Esplanade des Invalides non éclairée le soir, une dynamo Gramme type supérieur compound produisant 75 ampères sous 210 volts, à 1 000 tours par minute, et alimentant les 24 régulateurs de la Tunisie.

L'installation mécanique de ce poste d'électricité avait été faite par les soins de la maison Geneste et Herscher. La dynamo Gramme actionnait, pendant la journée, une série de moteurs électriques qui donnaient le mouvement à divers appareils de ventilation.

Grâce à ce supplément de puissance (environ 25 chevaux), la force motrice dont disposait la Compagnie Électrique à l'Esplanade des Invalides s'élevait à 140 chevaux.

Pour donner une idée de l'importance des installations réalisées aux Invalides par M. Dehenne, directeur de la Compagnie Électrique, il me suffira de dire que leur canalisation ne comportait pas moins de 33 kilomètres de câbles, chiffre considérable, eu égard au peu de puissance mise en jeu.

Locomobiles de la Société « l'Éclairage Électrique ». — La Société « l'Éclairage Électrique » avait installé, sur la berge de la Seine, un peu avant l'entrée principale de l'Esplanade, une locomobile de 20 chevaux, alimentant 16 foyers Jablochkoff au moyen d'une dynamo Gramme auto-excitatrice placée sur la locomobile même.

Ces 16 foyers étaient distribués à proximité du palais de l'Algérie et

éclairaient surtout les abords de la station du chemin de fer Decauville.

La Société « l'Éclairage Électrique » avait également installé 3 locomobiles montées sur châssis et actionnant 3 dynamos Gramme à courants alternatifs, d'une puissance totale de 90 chevaux, sur l'avenue de Suffren.

Cette petite usine, située non loin de la station centrale du pont d'Iéna, a rendu de très grands services au début des soirées de l'Exposition en suppléant au matériel mécanique de cette station dont la mise en service était retardée du fait des générateurs. Elle envoyait le courant à 80 foyers Jablochkoff disséminés dans les jardins du Champ-de-Mars, au moyen d'une canalisation spéciale aérienne qui comportait près de 20 kilomètres de câbles. Comme je l'ai déjà dit, l'installation et la mise en action de ces foyers ne demandèrent que quelques jours et l'inauguration de l'éclairage électrique du Champ-de-Mars put coïncider avec l'ouverture officielle de l'Exposition. Cette installation a été supprimée fin juin.

Installation du Restaurant de France. — C'est la seule installation électrique qui ait été faite au Trocadéro. Elle a été réalisée par la Société Gramme.

Dans cette installation, un moteur à gaz Lenoir de 16 chevaux à 2 cylindres, marchant à 140 tours par minute, commandait par courroie une dynamo Gramme, type supérieur, capable de produire un courant de 110 ampères sous 110 volts à la vitesse de 1 150 tours par minute.

Cette dynamo alimentait 2 régulateurs de 8 ampères et 160 lampes à incandescence, dont 30 de 16 bougies et 130 de 10 bougies.

Ensemble du matériel électrique et mécanique. — L'ensemble du matériel électrique et mécanique employé dans les stations centrales et les postes d'électricité est énuméré dans le tableau suivant :

STATIONS ET POSTES D'ÉLECTRICITÉ.	CHAU- DIÈRES.	MACHINES à vapeur.	Loco- MOBILES.	MOTEURS à gaz.	DYNAMOS.	ACCUMU- LATEURS.
Station Gramme.	5	3	»	»	6	»
— Edison.	3	5	»	»	8	»
— de la Société l'Éclairage Électrique.	5	4	»	»	19	»
— de la Société pour la transmission de la force par l'électricité.	4	2	»	»	4	130
Station de MM. Steinlen et C ^{ie}	2	3	»	»	22	»
<i>A reporter.</i>	19	17	»	»	59	130

STATIONS ET POSTES D'ÉLECTRICITÉ.	CHAU- DIÈRES.	MACHINES à vapeur.	LOCO- MOBILES.	MOTEURS à gaz.	DYNAMOS.	ACCUMU- LATEURS.
<i>Report.</i>	19	17	»	»	59	130
Stations du Syndicat.	8	3	1	3	8	180
Station de M. Garnot (Esplanade des Invalides).	1	1	»	»	3	»
— de la C ^{ie} Électrique (Esplanade des Invalides).	»	»	1	3	4	»
Postes d'électricité dans le Palais des Machines.	1	7	»	8	20	180
— — de l'Esplanade des Invalides.	1	1	1	»	2	»
Poste d'électricité de la Société Gramme au Trocadéro.	»	»	»	1	1	»
Station provisoire de la Société l'Éclairage Électrique (avenue de Suffren).	»	»	3	»	3	»
Éclairage des travaux.	»	»	2	»	2	»
TOTAUX.	30	29	8	15	102	490

Moteurs à gaz. — J'ai dit, en parlant des moteurs à gaz installés pour le Syndicat, que le prix du cheval-heure devait être payé 0 fr. 20, tous frais compris. Pour éviter de mettre des compteurs à tous les moteurs, les parties contractantes convinrent de déterminer, pour chaque installation, le rapport existant entre le travail mécanique engendré par les moteurs et le travail électrique fourni par les dynamos.

A la suite d'une série d'essais au frein faits contradictoirement par les ingénieurs de la Compagnie Parisienne du Gaz et les inspecteurs du Syndicat, on adopta les rapports suivants :

- 1 à 1,92 pour les installations Jaspar et Dulait (classe 52);
- 1 à 1,59 pour l'installation de la Compagnie Électrique (classe 53);
- 1 à 1,25 pour les installations sans transmission intermédiaire.

C'est ainsi que l'influence d'une transmission plus ou moins compliquée fut mise nettement en évidence.

On relevait, tous les soirs, le nombre de volts et d'ampères des dynamos et le nombre d'heures de fonctionnement des moteurs; ce qui permettait de calculer le travail électrique obtenu, et par suite le travail mécanique consommé.

Des essais directs au frein, en vue de connaître la dépense du gaz, indiquèrent des consommations par cheval-heure mécanique, variant entre 768 litres et 618 litres pour des moteurs de 16 à 24 chevaux de puis-

sance. La moyenne générale fut trouvée être approximativement de 750 litres par cheval-heure.

Le nombre total de chevaux-heure produits par l'ensemble des moteurs à gaz installés dans le palais des Machines a été de 126 185, correspondant, d'après ce qui vient d'être dit, à 94 638 mètres cubes de gaz. L'ensemble des autres moteurs à gaz (Berge de la Seine, Trocadéro, Invalides) a fourni 93 660 chevaux-heure correspondant à 70 246 mètres cubes de gaz. Les services du Syndicat ont donc consommé environ 165 000 mètres cubes de gaz.

CHAPITRE V

BRÛLEURS

Classification. — Le Syndicat a employé à l'Exposition des brûleurs de toutes provenances, de toutes catégories et de toutes puissances ; depuis les régulateurs de 60 ampères jusqu'aux lampes à incandescence de quatre bougies, depuis la bougie Jablochkoff si répandue à Paris jusqu'à la lampe Doubrava qui faisait sa première apparition en France.

Au point de vue du nombre, les principaux brûleurs qui ont concouru à l'éclairage des soirées de l'Exposition, se répartissaient ainsi :

<i>Arcs.</i>	
Régulateurs Gramme	209
— Pilsen	178
Foyers Jablochkoff	166
Régulateurs Bardou	161
— Pieper	141
— Doubrava	137
— Crompton-Crabb	103
— Alpha (Maquaire)	88
— Siemens	81
— Gance	80
— Alioth	30
— Brown	25
— Dulait	21
— Groeneveld	20
— De Puydt	18
Lampes Soleil	16
Régulateurs Borssat	15
<i>A reporter.</i>	1479

	<i>Report.</i>	1479
Régulateurs Bréguet		11
— Thomson-Houston		5
— à main		33
— de divers systèmes		18
	TOTAL.	1 536

Incandescence.

Lampes Edison-Swan	8 064
— Homogènes françaises	2 584
— Woodhouse et Rawson	1 127
— Anatole Gérard	356
— Gabriel	160
— Sunbeam	92
— Diverses	314
TOTAL	12 697

Presque tous ces brûleurs étant connus, il est inutile d'en donner la description, je ferai une exception pour quatre d'entre eux qui n'avaient pas encore paru dans une installation française ou qui tout au moins étaient inconnus de la plupart des électriciens : je veux parler des régulateurs Alioth, Borssat, Brown et Doubrava.

Avant de décrire ces quatre appareils, je vais donner quelques renseignements sur plusieurs modes de suspension employés à l'Exposition et sur les bougies Jablochkoff fonctionnant au moyen de transformateurs.

Suspension des lustres Gramme. — Chacun des grands lustres du palais des Machines était formé de 12 régulateurs Gramme suspendus aux bras d'une étoile en fer creux horizontale, munie d'une forte tige centrale verticale également en fer creux.

La figure 18 indique le mode de suspension adopté par M. Javaux, directeur des Ateliers de la Société Gramme.

Les quatre lustres devaient fonctionner à 40 mètres d'élévation et descendre jusqu'au sol pour le service journalier des crayons.

Chaque lustre était suspendu à l'extrémité d'un câble en chanvre passant sur des poulies fixées au faite et en un point intermédiaire des fermes; l'autre extrémité de ce câble s'enroulait sur un treuil placé en bordure à la galerie du premier étage.

Les câbles conducteurs des courants venaient se relier, d'une part, au câble de suspension à quelques mètres au-dessus du lustre, et, d'autre

part, sur une des fermes du palais, en un point situé de façon à permettre au lustre d'effectuer sa course entière sans tirer sur les conducteurs. De ce point les câbles étaient fixés le long des murs du palais et rejoignaient la station Gramme en traversant le jardin intérieur.

Suspension des régulateurs Jaspar. — Les régulateurs placés dans la nef du palais des Machines étaient suspendus conformément à l'indication de la figure 19.

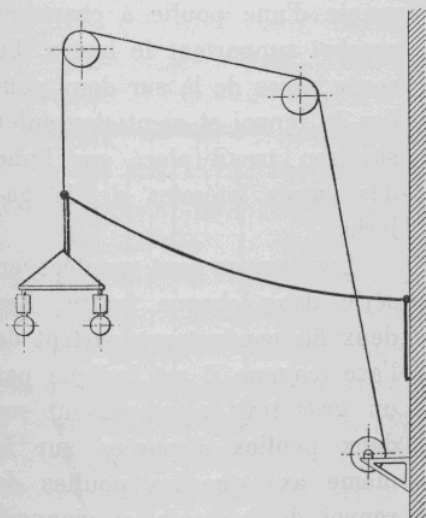


FIG. 18. — Suspension des lustres Gramme.

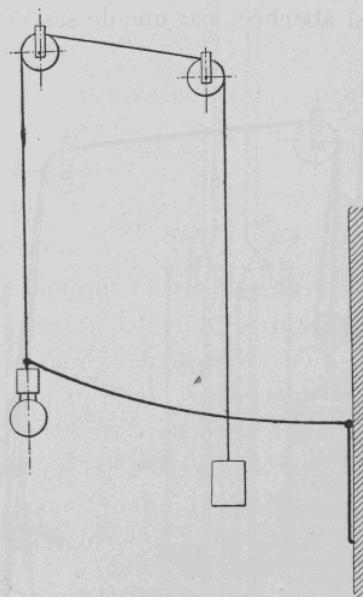


FIG. 19. — Suspension des régulateurs Jaspar.

Chaque régulateur était supporté par une corde qui passait sur deux poulies fixées à une des fermes du palais. Cette corde était munie à son extrémité libre d'un contrepoids légèrement plus lourd que le régulateur. Le conducteur de courant était attaché d'une part au câble de suspension, près de l'extrémité supérieure du régulateur, et d'autre part à un point de la ferme; il permettait la libre descente de l'appareil.

Au-dessous du régulateur se trouvait une petite corde descendant assez bas pour pouvoir être saisie à la main. Pour renouveler les charbons et nettoyer le globe, il suffisait de tirer sur cette corde; pour remettre le régulateur en place, on laissait le contrepoids agir en ne

lâchant la corde que quand le régulateur était arrivé à sa hauteur normale. Une petite traverse montée sur la corde principale venait buter contre la poulie supérieure et limitait la descente du contrepoids.

Suspension des lustres de la galerie Desaix. — La Société anonyme pour la transmission de la force par l'électricité avait adopté la disposition représentée *fig. 20* pour suspendre les 3 lustres de 6 régulateurs qu'elle possédait dans la galerie Desaix. Dans cette disposition, la corde est attachée, par une de ses extrémités, à un crochet solidement fixé à la

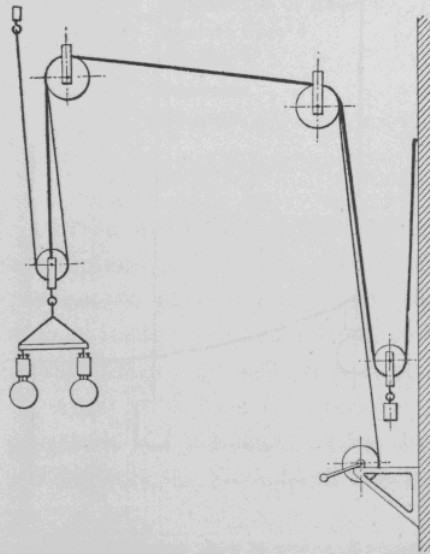


FIG. 20. — Suspension des lustres galerie Desaix.

panne faitière du comble; elle est munie d'une poulie à chape et crochet supportant le lustre. La corde passe de là sur deux poulies de renvoi et vient s'enrouler sur son treuil placé sur l'une des parois latérales de la galerie.

Les lampes sont montées en série dans chaque lustre. Les deux fils conducteurs partant de l'axe (comme il est indiqué par un gros trait noir) passent sur deux poulies disposées sur le même axe que les poulies de renvoi de la corde et viennent s'attacher au câble principal le long de la même paroi latérale.

Un contrepoids, muni d'une poulie mobile, tend constamment les fils conducteurs.

Suspension Borssat. — M. Borssat avait combiné une suspension à contrepoids représentée *fig. 21* pour ses régulateurs du palais des Machines. Cette suspension est, comme celle de M. Jaspar, à contrepoids; mais elle est à deux brins au lieu d'un.

Une corde sans fin passe sur deux poulies fixes et reçoit deux poulies mobiles. La chape d'une de ces poulies porte le contrepoids et la chape de la seconde poulie porte le régulateur. Les fils conducteurs viennent, de chaque côté, s'attacher sur les brins de la corde dont ils

maintiennent l'écartement, puis ils descendent, le long de ces brins jusqu'aux bornes du régulateur. Ces fils sont reliés à la canalisation principale qui règne sur les deux parois du bâtiment.

Un fil attaché au-dessous du régulateur permet de l'amener à la hauteur convenable pour le service journalier.

Suspension Crompton. — La suspension adoptée par M. Crompton, bien que basée sur

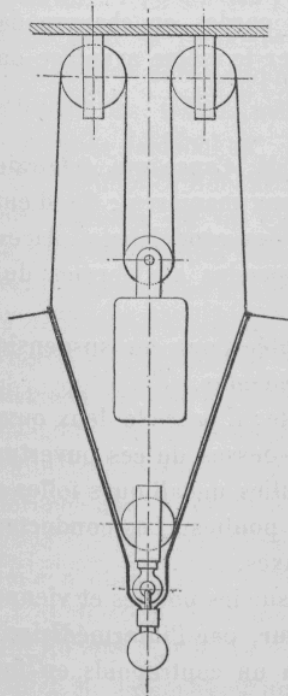


FIG. 21. — Suspension. Borssat.

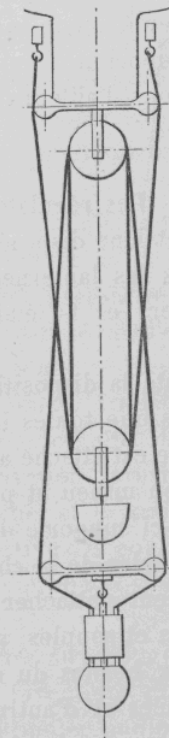


FIG. 22. — Suspension Crompton.

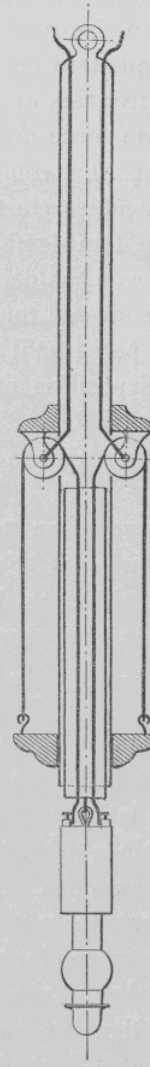


FIG. 23. — Suspension Cance.

l'emploi de contrepoids, était toute différente. Elle est représentée *fig. 22*.

Une traverse métallique, soutenue par deux câbles, est munie à cha-

cune de ses extrémités d'un galet en matière isolante. Cette traverse supporte une poulie à double gorge. Deux conducteurs en cuivre, isolés et souples, sont attachés à des crochets fixes et communiquent avec la canalisation électrique. Chacun de ces conducteurs vient se relier à une borne du régulateur en passant sur la poulie supérieure, sur une poulie mobile à contrepoids et sur une traverse inférieure.

Une corde attachée au-dessous du régulateur sert à la manœuvre quotidienne. Les conducteurs servaient donc à la fois de cordes de suspension et de câbles électriques. Ils étaient composés d'un toron de 98 fils de cuivre d'un demi-millimètre de diamètre, isolé par une couche de coton, deux couches de caoutchouc et une tresse ozokérite.

Je signale tout particulièrement ce mode de suspension aux électriciens parce qu'il n'a présenté aucun inconvénient pendant toute la durée de l'Exposition et qu'il supprime l'emploi des cordes en chanvre dans les installations. Nous allons d'ailleurs retrouver le même avantage dans la suspension de M. Cance.

Suspension Cance. — Les régulateurs de M. Cance qui éclairaient la galerie de 30 mètres étaient disposés de deux manières : 28 d'entre eux étaient installés dans les lanternes fixes des candélabres placés à l'entrée des groupes divers et 14 étaient suspendus aux fermes de la galerie.

La figure 23 représente la disposition adoptée pour ces suspensions beaucoup plus décoratives que toutes les précédentes.

Un long tube de cuivre est attaché au comble; il possède deux ouvertures latérales près de son milieu et porte au-dessus de ces ouvertures une pièce de fonte. Celle-ci supporte deux poulies métalliques folles sur leurs axes (les axes sont isolés de la chape des poulies). Les conducteurs arrivent du haut et viennent s'attacher à ces axes.

Deux conducteurs, nus et souples, passent sur les poulies et viennent s'attacher, d'une part aux bornes du régulateur, par l'intermédiaire de deux tiges de cuivre isolées et d'autre part à un contrepoids en fonte glissant à l'extérieur du grand tube de cuivre.

Un second tube de cuivre, glissant à frottement doux dans le premier, est terminé par un crochet auquel le régulateur est suspendu.

Les deux tiges, attachées aux fils nus, sont placées à l'intérieur du second tube; elles sont reliées aux bornes du régulateur à l'aide de petits câbles souples.

Le courant, amené aux poulies par leurs axes, passe par les tiges isolées, et de là dans le régulateur.

Mât Dulait. — En avant du palais des Machines, sur la façade Labourdonnais, M. Dulait avait installé 8 mâts ayant 10 mètres de hauteur, dont nous donnons le croquis *fig. 24*. Ces mâts entièrement métalliques possédaient chacun une petite potence supérieure munie d'une poulie sur laquelle s'attachait le régulateur. La manœuvre de descente et de remise en place s'opérait sans treuil, au moyen d'une simple corde.

Transformateurs appliqués à la bougie Jablochkoff. — La Société l'Éclairage Électrique présentait pour la première fois, à une exposition, le chandelier automatique de M. Bobenrieth, et appliquait les transformateurs au fonctionnement des bougies Jablochkoff.

Le chandelier Bobenrieth permet de placer plusieurs bougies sur un même circuit et de brûler une série de bougies sans qu'il soit nécessaire de faire de manœuvres à la main. Il est basé sur l'emploi de bougies ayant des amorces d'une résistance variant entre 20 000 et 100 000 ohms. La haute résistance de ces bougies, quoique réduite dans l'ensemble par leur mise en dérivation, prévient les allumages intempestifs en marche, et la grande différence dans la résistance respective des bougies placées sur un même chandelier empêche la simultanéité d'allumage.

L'application des transformateurs aux bougies présente cette particularité qu'elle met en œuvre deux inventions du même électricien. C'est en effet M. Jablochkoff qui a, le premier, indiqué le principe et le mode d'emploi des transformateurs, comme il avait fait la première bougie électrique.

Cette application permet de réaliser une économie considérable dans la canalisation en plaçant 16 foyers par circuit au lieu de 5 seulement compatibles avec le montage ordinaire et direct.

Ainsi, grâce aux chandeliers automatiques et aux transformateurs,

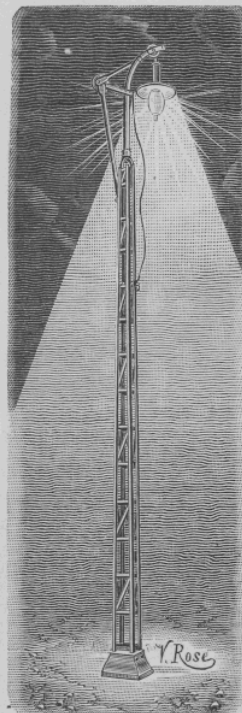


FIG. 24. — Mât Dulait.

l'emploi de la bougie devient tout à fait pratique : l'installation coûte beaucoup moins et les frais d'exploitation sont considérablement réduits.

Si en 1882 ces deux perfectionnements avaient été réalisés, je n'aurais certainement pas fait éteindre le magnifique éclairage de l'avenue de l'Opéra, et la bougie éclairerait probablement aujourd'hui tous nos boulevards et toutes nos grandes avenues ¹.

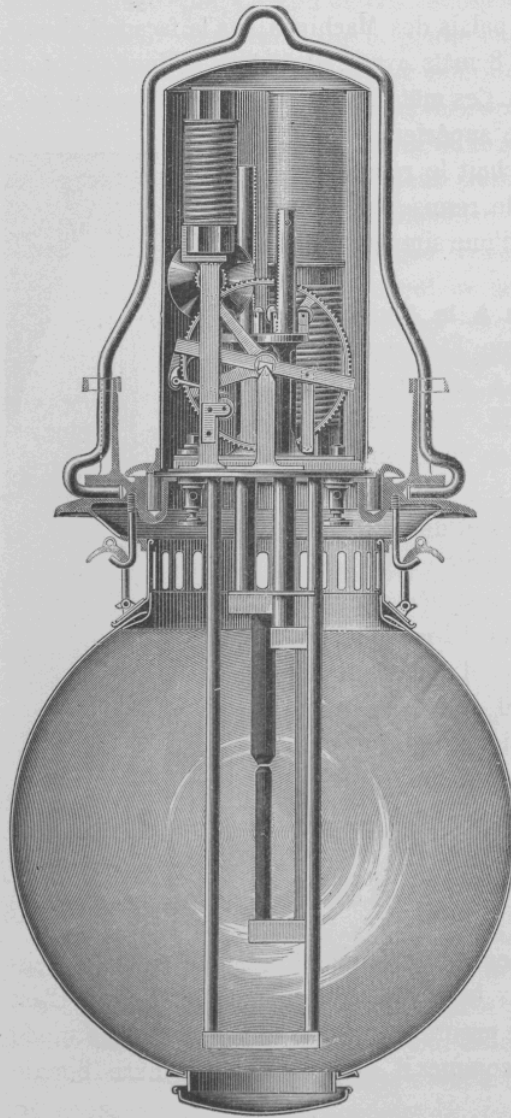


FIG. 23. — Régulateur Alioth.

Régulateur Alioth. — Le régulateur Alioth, représenté *fig. 23*, possède un solénoïde à action différentielle dont le noyau commande un balancier à cliquets. Ce dernier agit sur une grande roue dentée dont l'axe porte deux pignons engrenant avec les tiges à crémaillères des porte-charbons.

L'organe nouveau de cet appareil est un disque en cuivre placé entre les deux pôles d'un électro-aimant mis dans le circuit principal, véritable ralentisseur électromagnétique empêchant tout

1. Lorsque, en ma qualité de Président du Conseil d'administration de la Société l'*Éclairage Électrique* que je venais de fonder, j'ai donné l'ordre d'éteindre l'éclairage de l'avenue de l'Opéra, nous étions à la fin d'une période de location ; le Conseil municipal nous offrait un renouvellement de 3 ans, mais comme la Société perdait à ce moment environ 400 francs par jour d'éclairage, j'ai refusé de l'accepter.

mouvement saccadé, soit lors de la formation de l'arc, soit lors du rapprochement des crayons.

Le bâti du régulateur est isolé, les conducteurs sont indépendants du mécanisme proprement dit.

MM. Alioth et C^{ie} faisaient usage de crayons ayant 16 millimètres de diamètre pour le positif et de 9 millimètres pour le négatif, bien que l'intensité de leurs courants ne dépassât pas 8 ampères dans le palais des Machines¹.

Régulateur Borssat. — Le régulateur employé par M. Borssat dans une partie de son installation, *fig.* 26, possède les organes suivants :

1° Un électro-aimant vertical, à enroulement simple, traversé par le courant principal. Cet électro a pour armature une plaque mince de fer, en forme d'étoile à 4 branches, maintenue par un ressort antagoniste contre une butée, lorsque le courant ne passe pas.

2° Un deuxième électro-aimant placé horizontalement sous le précédent et mis en dérivation sur le circuit. La fonction de cet électro est d'agir sur deux leviers articulés en C et D et formant une véritable pince empêchant la tige motrice de descendre. Le porte-charbon supérieur est monté sur cette tige motrice. Les deux petits sabots de friction, adaptés à la pince, sont constamment appuyés sur la tige au moyen de deux ressorts dont la pression est réglée par deux vis latérales.

Les bornes du régulateur sont fixées sur le couvercle inférieur; elles peuvent être réunies en court circuit par une simple cheville manœuvrée à la main.

Lorsque l'appareil est au repos, les charbons sont en contact et l'armature de l'électro supérieur presse contre sa butée. Dès que le courant passe, l'électro attire son armature, le porte-charbon inférieur s'abaisse et l'arc se forme.

L'écartement invariable des pointes est obtenu par la descente du porte-charbon supérieur qui se trouve desserré quand la dérivation qui passe dans l'électro-aimant horizontal atteint une intensité déterminée. La pression exercée par les petits sabots contre la tige peut être réglée de telle sorte que l'action de l'électro-aimant horizontal laisse toujours

1. Il ne m'a pas été possible d'avoir un dessin détaillé du régulateur Alioth; je ne puis donc pas en donner une description plus complète. Je tenais seulement à signaler l'emploi d'un disque Faraday comme ralentisseur.

subsister un léger frottement entre ces deux organes et que la chute des crayons s'opère avec une extrême lenteur.

Quand les charbons sont usés ou cassés, le régulateur se trouve à l'instant mis en court circuit par une petite tige recourbée, en communication avec un des pôles, que vient toucher l'armature de l'électro-aimant vertical reliée à l'autre pôle. Cette disposition est appliquée toutes les fois que les régulateurs sont placés en série.

Régulateur Brown. — Les ateliers d'Erlikon employaient, dans leur installation du palais des Machines, 25 régulateurs du système Brown disposés tous en dérivation. Un de ces régulateurs est représenté *fig. 27*.

Il se compose : 1° d'un fort solénoïde A intercalé dans le circuit qui sert aussi bien à éloigner les charbons pour donner naissance à l'arc qu'à maintenir constante la longueur de cet arc; 2° d'un tube B en cuivre suspendu dans le solénoïde et muni d'un piston en fer C; 3° d'une tige à crémaillère D portant le charbon supérieur et engrenant avec un pignon calé sur le même arbre que le disque en fer E; 4° d'un porte-crayon inférieur fixe; 5° du bâti et des organes accessoires communs à tous les systèmes de régulateurs.

Quand le régulateur est hors du circuit, le porte-crayon supérieur entièrement libre amène ou maintient les deux pointes en contact; les diverses pièces sont alors dans la position indiquée par la figure 27. Dès qu'on envoie le courant dans l'appareil, le piston en fer C s'aimante sous l'influence du solénoïde, le tube B s'oblique et l'extrémité inférieure du piston garnie d'une feuille de cuivre vient se mettre en contact avec le disque en fer E. Le solénoïde exerce une autre action sur le piston C, il le fait monter dans son cylindre; dans ce mouvement, il entraîne le disque E qui, en tournant, soulève la crémaillère. L'arc jaillit alors entre les pointes de crayons.

En s'élevant dans le tube, le piston comprime l'air logé à la partie supérieure de ce tube. Cette compression empêche les brusques mouvements ascensionnels du piston; de sorte que la pénétration de cet organe dans le tube B n'a lieu que lorsque son adhérence avec le disque est bien assurée.

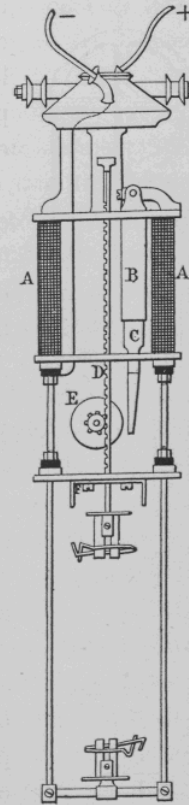


FIG. 27. — Régulateur Brown.

Quand l'écart des pointes augmente, la force magnétique du solénoïde diminue, et le serrage de la tige du piston contre le disque diminue également; le poids de la crémaillère suffit bientôt pour entraîner le disque en sens inverse de son mouvement initial et les charbons se rapprochent.

Pendant toute la durée de l'éclairage, on voit le disque tourner d'un mouvement lent et uniforme. Si, pour une cause quelconque, la résistance vient à augmenter, l'intensité baisse, le disque précipite un peu son mouvement, et, dès que le phénomène perturbateur cesse, il reprend sa marche lente et régulière.

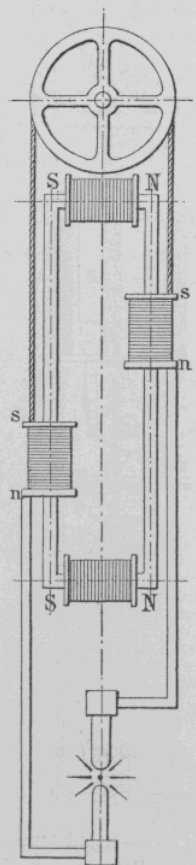


FIG. 28.

M. Hospitalier a constaté, au laboratoire de physique et de chimie de la Ville de Paris, que le régulateur Brown fonctionnait bien avec une simple absorption de 5 volts dans la ligne et de 3,5 volts dans le solénoïde; alors que beaucoup d'autres régulateurs exigent une dépense de 20 volts dans la ligne pour donner une lumière régulière.

L'avantage signalé par M. Hospitalier est dû à ce que M. Brown, en employant un énorme solénoïde, a eu l'idée d'utiliser les phénomènes de self-induction. Ces phénomènes jouent dans son appareil le rôle de volant électrique, sans entraîner la dépense d'énergie occasionnée par les résistances généralement intercalées dans le circuit pour atteindre le même but.

Après avoir signalé ce point fort intéressant, je dois ajouter, pour rendre hommage à la vérité, que dans l'installation des ateliers d'Erlikon à l'Exposition, ce n'était pas 5 volts que les résistances métalliques absorbaient, entre la dynamo et les régulateurs Brown, mais bien une vingtaine de volts.

Principe du régulateur Doubrava. — Les régulateurs employés par MM. Steinlen et C^{ie} et la « Société belge pour éclairage et transmission électriques à longue distance » sont ainsi constitués (fig. 28) :

Un parallélogramme en fer doux, disposé de manière que ses grands côtés soient verticaux, est muni, sur les petits côtés, d'électro-aimants fixes que le courant traverse dans le même sens, en déterminant des pôles de même nom aux mêmes extrémités. Une des tiges verticales de

ce parallélogramme a donc ainsi une polarité nord dans toute sa longueur, et l'autre tige une polarité sud également dans toute sa longueur.

Sur ces deux tiges sont placés deux solénoïdes mobiles réunis entre eux par une corde passant sur une poulie supérieure, de façon qu'au mouvement de montée de l'un corresponde un mouvement égal de descente de l'autre. Chaque solénoïde mobile fait corps avec un des porte-charbons du régulateur.

Les deux solénoïdes possèdent un enroulement compound : quand l'effet du courant principal prédomine, les pôles qui naissent à leurs extrémités sont ceux indiqués sur le croquis ci-contre; il y a donc attraction du solénoïde de droite vers le haut, et attraction du solénoïde de gauche vers le bas; ce qui détermine la formation de l'arc. Quand l'effet du courant dérivé devient prépondérant, les polarités des solénoïdes changent et les crayons se rapprochent.

Régulateur Doubrava (montage en tension). — Le régulateur Doubrava, représenté *fig. 29*, a ses deux plateaux ou couvercles entretoisés au moyen de 4 tiges en acier. Deux électro-aimants à double cylindre, placés horizontalement l'un à la partie inférieure, l'autre à la partie supérieure, sont reliés aux tiges d'acier par une double armature (coupe II) et réunis entre eux par deux tubes en fer doux (coupe EF).

Deux solénoïdes verticaux, portant l'un la tige du crayon positif, l'autre la tige du crayon négatif, se meuvent le long de ces tubes. (Les tiges des porte-crayons glissent à l'intérieur et les solénoïdes à l'extérieur des tubes; des entailles longitudinales, régnant dans toute la hauteur desdits tubes, permettent aux petites traverses qui réunissent les porte-crayons aux solénoïdes de circuler librement). Une corde, attachée aux extrémités des porte-charbons, vient s'enrouler sur une poulie à gorge, placée à la partie supérieure de l'appareil (coupe CD) et réunit ainsi les deux solénoïdes et tout leur attirail.

Les deux électro-aimants sont à simple enroulement en gros fil. Les deux solénoïdes ont un double enroulement et reçoivent dans l'un le courant principal et dans l'autre une dérivation de ce courant; ces deux enroulements sont faits en sens contraire de manière à créer deux influences magnétiques opposées.

Les poids des solénoïdes et de leurs porte-charbons sont parfaitement équilibrés. La poulie supérieure possède, sur l'un des rebords de la

gorge, des entailles très petites et très rapprochées dans lesquelles s'engagent deux cliquets à ressorts qui s'opposent assez fortement au mouvement arrière de la poulie, en la laissant librement tourner dans le sens correspondant au rapprochement des crayons.

Les solénoïdes portent chacun, à la partie supérieure, deux petits supports et deux petits galets à gorge. Ces derniers roulent le long des tiges d'acier qui assemblent les plateaux du régulateur et guident les mouvements des solénoïdes. Les porte-crayons sont en outre guidés par 3 petites roulettes placées près du plateau inférieur (coupe CD).

Deux des tiges d'acier, diamétralement opposées, portent chacune l'attache d'un des fils conducteurs du courant. Deux câbles souples dont on voit les naissances (coupe AB) font communiquer électriquement les solénoïdes et les tiges porte-crayons.

Les deux bornes du régulateur sont fixées au plateau inférieur. La borne positive est munie d'une came qu'on peut manœuvrer à la main : levée et mise en contact avec une équerre communiquant à la borne négative, cette came met le régulateur hors circuit; abaissée, elle laisse passer le courant dans l'appareil.

Un coupe-circuit automatique est logé dans l'intérieur du régulateur (coupe EF). Il se compose d'un petit solénoïde vertical, d'une lame oscillante et d'une résistance métallique attachée en haut à l'une des tiges en acier et en bas à la traverse (montée sur deux autres tiges) qui porte le petit solénoïde (coupe KL).

Quand le régulateur est mis dans le circuit électrique, le courant traverse les 2 électro-aimants et crée, aux extrémités de chacun des tubes qui réunissent leurs armatures, des pôles de même nom (un des tubes a ainsi un pôle + à chaque extrémité et l'autre tube un pôle — à chaque extrémité). Le courant passe ensuite dans les deux enroulements des solénoïdes principaux et donne naissance (dans les bases de ces solénoïdes) à des pôles dont l'action combinée avec celle des pôles des tubes est d'éloigner les charbons, quand l'influence du courant principal prédomine, et de les rapprocher quand l'influence du courant dérivé devient prépondérante.

Comme, au début, le courant principal a une intensité maximum, les crayons s'écartent malgré l'obstacle créé au mouvement de la poulie par les petits cliquets supérieurs (par le fait, ces cliquets modèrent le mouvement de recul et préservent l'appareil des chocs violents).

Le courant traverse aussi la résistance et le petit solénoïde-interrupteur. Mais instantanément la petite plaque oscillante, agissant sous l'in-

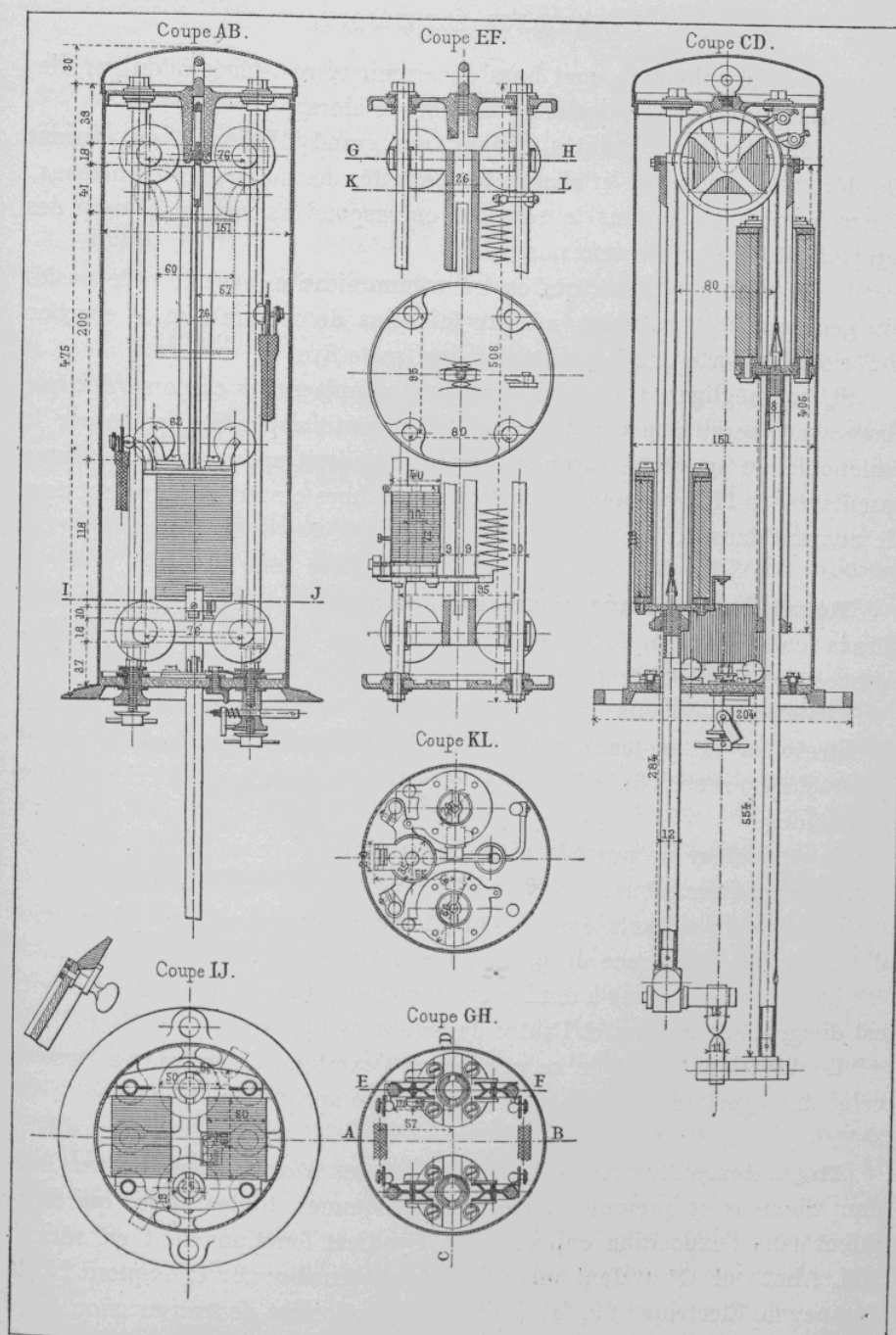


FIG. 29. - - Régulateur Doubrava (montage en tension).

fluence de ce solénoïde, met hors du circuit la résistance additionnelle. La marche normale du régulateur commence alors.

Quand l'écart des pointes devient trop grand, l'intensité du courant de dérivation augmente et change les polarités des solénoïdes principaux. Ceux-ci se meuvent dans le sens qui correspond au rapprochement des crayons et l'écart redevient normal.

Le charbon supérieur, qui est en communication avec le pôle positif du générateur d'électricité, a deux fois plus de section que le charbon inférieur, de sorte que le point lumineux reste fixe.

Si, par négligence, on avait oublié de remplacer les crayons, dès que leur usure serait à peu près complète, un petit appendice, porté par le solénoïde lié au porte-crayon supérieur, viendrait appuyer sur la plaque oscillante de l'interrupteur et mettrait l'arc hors circuit en envoyant tout le courant dans la résistance additionnelle.

Régulateur Doubrava (montage en dérivation). — Le régulateur Doubrava, construit pour fonctionner en dérivation, présente quelques différences avec le précédent.

Les électro-aimants fixes sont réunis par les mêmes tiges qui servent à entretoiser les plateaux. Les solénoïdes verticaux sont doubles et les porte-charbons sont fixés à une traverse vissée aux embases inférieures des solénoïdes.

Ce régulateur ne possède ni résistance intérieure additionnelle ni interrupteur automatique.

Les électro-aimants sont à enroulement compound, ce qui permet d'obtenir une différence de potentiel constante.

Les solénoïdes sont à double enroulement : l'un de ces enroulements est dirigé dans un sens et l'autre dans le sens opposé.

Le fonctionnement de ce régulateur s'explique de lui-même lorsque celui du régulateur disposé en tension est compris.

Régulateurs divers. — A part les lampes à arc Cance, Brown, Bardon, Siemens et quelques autres moins connues, toutes celles qui figuraient dans l'exposition collective du Syndicat fonctionnaient en série : MM. Alioth et C^{ie} avaient mis 30 arcs en tension, M. Crompton 24, la Compagnie Électrique 19, M. Steinlen 18, la Société de transmission de la force, 12, etc., etc.

Les régulateurs Gramme employés par la Compagnie Électrique au

pourtour de la galerie extérieure des Beaux-Arts (côté du jardin) avaient cela de particulier qu'ils ne possédaient aucun électro-aimant pour leur mise hors circuit automatique en cas d'extinction. Malgré l'absence d'un organe qui semble faire partie intégrante de tous les régulateurs en série, la galerie des Beaux-Arts a été une des mieux et des plus régulièrement éclairées de toute l'Exposition. Ce bon fonctionnement était dû à deux causes principales : 1° à l'excitation des dynamos par un courant extérieur, ce qui donnait au champ magnétique une constance absolue; 2° à la bonne exécution des appareils qui avaient été tous vérifiés, essayés et réglés avec soin avant leur mise en place.

Les régulateurs à main, système Galloway, employés sous les fontaines lumineuses, ont donné un bon résultat. On a cependant constaté, à la fontaine française, une certaine supériorité dans la marche des régulateurs automatiques Sautter-Lemonnier. Je note ce fait sans insister, car les ouvriers préposés aux manœuvres n'étaient pas suffisamment exercés pour qu'on pût conclure définitivement en faveur de l'un ou de l'autre système.

Le régulateur Alpha employé par la Compagnie Continentale Edison dans le palais du Mexique et dans divers pavillons du Champ-de-Mars est de l'invention de M. Maquaire. Il se compose en principe d'une petite dynamo Gramme, actionnant par l'intermédiaire d'engrenages la tige du porte-charbon supérieur et d'un relai qui, au moyen de deux contacts, envoie le courant dans la dynamo pour déterminer la rotation. Au début, le mouvement de l'induit fait remonter la tige de quelques millimètres; pendant la marche, cet induit agit continuellement en sens inverse jusqu'à complète usure des crayons.

Le relai placé dans les régulateurs a déjà reçu plusieurs applications fort intéressantes. En le combinant avec un électro-moteur à courant continu, M. Maquaire a obtenu un appareil pouvant fonctionner soit en série, soit en dérivation, en exigeant peu de *résistance volant*.

Le même régulateur Alpha était employé par M. Borssat dans la section des chemins de fer en concurrence avec une lampe de sa propre fabrication.

Le régulateur Bardon (voir l'*Électricien* du 19 octobre 1889) possède un seul solénoïde pour produire l'écart des crayons et pour maintenir l'arc à une longueur constante. Ce solénoïde a deux noyaux : le premier fixe, le second susceptible d'un très petit mouvement vertical. Deux leviers commandés par le noyau mobile agissent, l'un sur un frein de réglage,

l'autre sur l'extrémité d'une corde qui relie les deux porte-charbons entre eux.

Le foyer est fixe et la lumière très régulière.

Des expériences faites par M. Lafargue, il résulte qu'on peut obtenir un bon réglage avec la lampe Bardon, quand on a 60 volts aux bornes de la dynamo, et placer deux lampes en tension lorsqu'on dispose de 105 volts.

Le régulateur Bardon était employé presque exclusivement dans toutes les installations de la Société « l'Éclairage Électrique ».

Les lampes Soleil, avec leur teinte rose violacé, d'un très agréable effet, éclairaient les belles expositions des manufactures de Sèvres et des Gobelins. Ces lampes ne différaient de celles décrites dans la dernière édition de mon ouvrage sur *l'éclairage à l'électricité* que par la forme des ressorts qui pressent les charbons contre le bloc de marbre. Elles n'avaient pas d'allumeur automatique.

CHAPITRE VI

INTENSITÉS LUMINEUSES

Quantité de lumière demandée. — Les deux traités passés entre le Ministre du Commerce et de l'Industrie et le Syndicat international des électriciens ne contiennent tous deux que la phrase suivante, relativement à l'importance des emplacements à éclairer et à l'intensité lumineuse à fournir :

« L'ensemble de l'éclairage prévu comprendra une surface d'environ
« 300 000 mètres carrés et une intensité lumineuse totale d'environ
« 150 000 becs Carcel, obtenue par une puissance motrice de 3 000 chevaux-vapeur environ. »

C'était donc une intensité moyenne d'un demi-bec Carcel par mètre carré qu'on demandait aux électriciens pour l'éclairage public.

Bien que cela ne fût pas implicitement indiqué dans le traité, les parties contractantes étaient d'accord sur la manière de mesurer l'intensité d'un foyer. On ne devait pas se contenter d'une mesure photométrique prise horizontalement, mais mesurer l'intensité dans toutes les directions et prendre la moyenne. Il était même entendu qu'en cas de contestation, on chercherait l'éclairement d'une surface horizontale placée à un mètre du sol et que le nombre moyen de carcels à un mètre obtenu dans une série de mesures serait considéré comme un coefficient par lequel on multiplierait la surface totale des emplacements éclairés, pour connaître le nombre des becs Carcel produits par le Syndicat.

La puissance totale de l'éclairage ayant été très supérieure à celle prévue dans les traités, aussi bien dans les jardins que dans le palais des Machines et les galeries, l'Administration n'a jamais exigé de mesures photométriques. Les seules qui aient été faites ont été demandées par le jury de la classe 62 et par le Syndicat lui-même.

Intensité prévue dans le projet du Syndicat. — Avant de répartir les emplacements entre les adhérents et de déterminer le nombre et la puissance des foyers à y installer, le Conseil d'administration du Syndicat s'est préoccupé des besoins particuliers d'éclairage de chaque emplacement, et il a fait faire une enquête sur les intensités généralement usitées dans les lieux de réunion : théâtres, jardins, expositions, etc. Après ce travail préliminaire, le Conseil a décidé que le minimum d'intensité lumineuse à prévoir devait être :

	Carcel.
Dans le palais des Machines	1,50 par mètre carré.
Dans les galeries Rapp et Desaix	1,25 —
Dans la galerie de 30 mètres	0,75 —
Sous les velums	0,75 —
Dans les avenues et cours	0,50 —
Dans les jardins	0,10 —

J'indiquerai plus loin les intensités fournies qui furent très supérieures à celles prévues au projet, chaque membre du Syndicat ayant cherché à faire valoir les appareils qu'il exposait.

Relation entre l'énergie et l'intensité lumineuse. — Après avoir cherché à satisfaire l'État, il fallait également chercher à éviter toute contestation entre les adhérents ; or, je savais, par expérience, combien sont grandes les difficultés de s'entendre, entre électriciens, sur les mesures photométriques. Je dressai, dans le but de soustraire les adhérents à l'obligation de faire ces mesures, le tableau suivant (voir page 149) qui fut accepté de tous et qui servit de base aux calculs de la force motrice dépensée et des intensités lumineuses réalisées.

Ces chiffres ne sont pas d'une rigoureuse exactitude, surtout quand on fait entrer en ligne de compte la longueur de la canalisation (élément très variable dans chaque installation) ; mais la photométrie étant loin de fournir des résultats précis, il était nécessaire d'avoir un mode unique d'évaluation d'énergie et d'intensité. En pratique, le Conseil d'administration admit une petite diminution dans le nombre d'ampères pour les foyers très éloignés des stations, sans sortir d'ailleurs des chiffres du tableau dans l'établissement des mémoires pour le paiement de la force motrice. En fait, grâce à toutes les précautions administratives prises avant la répartition des emplacements, aucune discussion ne s'est élevée entre les membres du Syndicat, pas plus qu'entre le Conseil et les adhérents.

DÉSIGNATION DES BRULEURS.	TRAVAIL DÉPENSÉ EN CHEVAUX-VAPEUR.	INTENSITÉ LUMINEUSE MOYENNE SPHERIQUE.
Arcs.		
Régulateurs 5 ampères	0,75	50 carcel
— 8 —	1	100 —
— 16 —	2	200 —
— 25 —	3	350 —
— 60 —	8	1000 —
Bougies Jablochkoff	1	40 —
Lampes Soleil	2	100 —
Incandescence.		
Lampes 100 volts et 0,25 ampère.	1/30	4 bougies
— 100 — 0,43 —	1/16	8 —
— 100 — 0,80 —	1/8	16 —
— 100 — 6 ampères.	1	250 —
— 100 — 12 —	2	500 —

Ce fait est assez rare dans l'histoire des entreprises faites en commun pour mériter d'être signalé.

Palais des Machines. — L'emploi de très puissants foyers devait permettre d'obtenir une grande intensité lumineuse dans toutes les parties du palais des Machines sans dépense exagérée de force motrice. C'est ce qui a eu lieu en effet. Avec 900 chevaux de force on a éclairé très brillamment le plus gigantesque palais qui soit au monde.

L'éclairage total comprenait :

48 foyers de 60 ampères évalués ensemble à	48 000 becs Carcel.
86 — 25 — —	30 100 —
276 — 8 — —	27 600 —

Il y avait donc en tout 410 foyers produisant 106 000 becs Carcel.

La surface totale du palais, bas côtés et galeries du premier étage compris, était de 77 000 mètres carrés ; le volume approximatif du palais était de 2 millions de mètres cubes.

L'intensité rapportée au mètre carré de plancher, sans tenir compte de l'action des foyers les uns sur les autres, ni de l'augmentation de lumière résultant de la hauteur considérable des foyers (la moyenne sphérique considérée étant, dans ce cas, incontestablement plus faible que la moyenne envoyée sur le plancher), était d'environ 1,4 bec Carcel. Un bec

Carcel éclairait 20 mètres cubes, toujours en considérant la moyenne sphérique.

Avant l'installation, M. Brault, l'un des ingénieurs du Syndicat, avait cherché à se rendre compte de ce que devait être l'influence lumineuse de chacun des foyers de la grande nef sur une feuille de papier blanc placée horizontalement et proménée en divers points du plancher. Ses calculs basés sur une série d'expériences photométriques faites par moi en 1879, avant qu'il existât de bons ampèremètres et de bons voltmètres, ont donné comme résultats les chiffres fort élevés que voici : Avec les grands lustres seuls, intensité de 2 à 10 carcels placés à 1 mètre avec les foyers de 25 ampères seuls, 3 à 7 carcels placés à 1 mètre. En réunissant les deux systèmes, 7 à 12 carcels à 1 mètre.

La moyenne de l'éclairement du plancher (tous foyers allumés) ressortait à 9,5 becs Carcel à un mètre. De sorte que la lumière totale répandue dans la nef devait atteindre à elle seule plus de 400 000 becs Carcel.

Je cite les chiffres trouvés par M. Brault pour montrer une fois de plus combien les calculs basés sur des expériences photométriques sont sujets à l'erreur.

Mes prévisions, que je retrouve dans une note préparée pour M. Alphand, étaient beaucoup plus modestes. Je comptais sur une moyenne de 2,5 carcels par mètre carré ou sur un éclairement horizontal de 2,5 carcels placés à 1 mètre.

J'arrive aux expériences faites en plein fonctionnement :

M. Brault, en se servant du photomètre Weber, a trouvé une intensité moyenne de 2,2 carcels à 1 mètre avec un verre rouge et de 3,8 carcels à 1 mètre avec un verre vert ; moyenne : 3 carcels.

MM. de Nerville et Lepage, en se servant du photomètre Mascart, ont trouvé une moyenne un peu inférieure à 2 carcels à 1 mètre (1,97) avec les écrans blanc, vert et rouge employés successivement (la lumière blanche était sensiblement égale à la lumière moyenne).

Au point de vue de la répartition, les expérimentateurs ont trouvé que la plus grande intensité lumineuse moyenne était répandue à égale distance des grands lustres, dans l'allée longitudinale du milieu, et qu'elle atteignait : 7 carcels à 1 mètre d'après M. Brault, 5 carcels à 1 mètre d'après M. de Nerville et 6,5 carcels à 1 mètre d'après M. Lepage.

Le plus faible éclairage se trouvait directement sous les grands lustres et dans les allées latérales les plus rapprochées des bas côtés. Les moyennes,

dans ces places relativement sombres, ne se sont jamais abaissées au-dessous d'un carcel à 1 mètre.

Sous le balcon du pourtour, la moyenne des 12 expériences faites par M. de Nerville indique une intensité lumineuse de 2 carcels à 1 mètre avec le verre rouge et de 3 carcels à 1 mètre avec le verre vert.

Au premier étage, dans toutes les galeries du palais, l'intensité lumineuse atteignait une moyenne de 1,5 carcel à 1 mètre et n'était nulle part inférieure à 1 carcel à 1 mètre.

En résumé, le palais des Machines possédait un bon éclairage très intense et suffisamment bien réparti. Il eût été parfait si j'avais ajouté, pendant l'Exposition, un certain nombre de régulateurs de 5 ampères dans chacune des allées longitudinales qui longeaient les bas côtés ; l'intensité moyenne se serait un peu élevée et la répartition de la lumière n'aurait absolument rien laissé à désirer.

Galerie de 30 mètres. — L'éclairage de la Galerie de 30 mètres était réalisé par 42 régulateurs de 8 ampères, correspondant à une puissance lumineuse totale de 4200 becs Carcel, d'après le tableau adopté par les adhérents. La surface de cette galerie était d'environ 5000 mètres carrés. Il y avait donc 0,84 carcel par mètre carré.

M. de Nerville, en se plaçant aux points qui lui ont paru le plus inégalement éclairés, a trouvé 1,14, 0,76 et 0,62 carcel placé à 1 mètre. L'éclairement moyen de cette galerie, prévu de 0,75 carcel placé à 1 mètre, était donc en réalité de 0,84 carcel placé à 1 mètre (exactement ce qui résulte du calcul indiqué plus haut en carcels par mètre carré).

Galleries Rapp et Desaix. — Les galeries Rapp et Desaix ont chacune une superficie de 3 600 mètres carrés. La première était éclairée par 38 régulateurs de 100 becs et la seconde par 44 régulateurs de 100 becs, ce qui correspond pour la galerie Rapp à 1,05 carcel par mètre carré et pour la galerie Desaix, à 1,22 carcel par mètre carré.

M. de Nerville a trouvé, pour la partie la plus éclairée de la galerie Rapp, 2,72 carcels à 1 mètre et pour la partie la moins éclairée, 0,44 carcel à 1 mètre.

La moyenne de 6 expériences à 6 endroits différents a été de 1,36 carcel à 1 mètre.

Dans la galerie Desaix, le même ingénieur a trouvé, pour la partie très éclairée, 5,73 carcels et pour la partie obscure, 0,65 carcel à

1 mètre. La moyenne de 6 expériences a été de 2,13 carcel à 1 mètre.

Ces chiffres viennent à l'appui de la réflexion que je faisais au chapitre II, à savoir que le public croyait à tort que l'éclairage fourni dans la galerie Rapp était plus considérable que celui fourni dans la galerie Desaix. La nature seule des cloisons et des objets exposés donnait lieu à cette illusion.

Emplacements divers. — Sous le Dôme central, l'intensité lumineuse très bien répartie, ne dépassait pas 0,50 carcel par mètre carré; tandis qu'au premier étage cette intensité atteignait 1,25 carcel par mètre carré.

J'avais recherché cette grande différence d'intensité pour faire valoir du bas les belles peintures qui ornaient le dôme et la frise située à la naissance de la voûte.

Sous les velums, M. de Nerville a constaté une intensité moyenne de 0,70 carcel à 1 mètre.

A la porte Rapp, l'éclairement moyen dépassait 7 carcel à 1 mètre. C'était l'endroit qui recevait le plus de lumière par mètre carré de toute l'Exposition.

Dans la cour intérieure de Labourdonnais et dans celle de la force motrice, l'éclairage moyen évalué directement sans photomètre était de 0,80 carcel par mètre carré.

Sous le vestibule du palais des Machines, l'éclairement moyen ne dépassait pas 0,30 carcel à 1 mètre. C'était de tous les emplacements couverts le moins éclairé.

Les terrasses des cafés et restaurants, qui recevaient la lumière des régulateurs suspendus en bordure des jardins et de l'intérieur même des établissements, avaient un éclairement moyen évalué par M. de Nerville à 1 carcel à 1 mètre.

Jardins. — La surface totale des jardins du Champ-de-Mars était de 178000 mètres carrés. Leur éclairage comprenait 136 foyers Jablochkoff, 160 régulateurs de 8 ampères; 11 régulateurs de 25 ampères; 1362 lampes à incandescence de 10 bougies et 5480 lampes de 4 bougies, donnant ensemble une intensité de 28844 bees Carcel. En retranchant de ce total 10 000 carcel représentant la moitié de l'intensité des foyers placés en bordure des palais, on peut évaluer approximativement à 19000 carcel la lumière réellement répandue dans les jardins. Ce qui correspond à un peu plus d'un dixième de carcel par mètre carré.

En fait, j'ai trouvé (photométriquement) dans les chemins une moyenne de 0,18 et dans les massifs 0,04 carcel par mètre carré.

C'est là un éclairage extrêmement intense pour des espaces découverts, comme on peut s'en rendre compte en le comparant, par exemple, à l'éclairage des voies publiques de Paris.

D'après la statistique officielle, la surface des rues et places de Paris est en chiffres ronds de 16 millions de mètres carrés. Le nombre des appareils d'éclairage est d'environ :

1 100 becs de 1 400 litres donnant 13 carcel, soit en tout . . .	14 300 carcel
400 — 875 — 8 — . . .	3 200 —
50 000 — 140 — 1 — . . .	50 000 —

La lumière totale est donc 67 500 carcel, sans parler de quelques foyers électriques et à huile. En prenant le nombre de 80 000 carcel, on peut être sûr d'être au-dessus de la réalité.

La moyenne par mètre carré est donc de 0,005 carcel (1 carcel pour 200 mètres carrés, c'est-à-dire 20 fois moins qu'au Champ-de-Mars).

Les surfaces les plus éclairées de Paris sont :

La rue Royale qui possède actuellement.	0,16 carcel par mètre carré.
La rue de la Paix —	0,15 —
La place de l'Opéra —	0,072 —
L'avenue de l'Opéra —	0,043 —
La rue du Quatre-Septembre —	0,043 —

On voit ainsi que les points les plus brillants de la capitale sont moins éclairés que ne l'étaient en moyenne les allées du Champ-de-Mars.

Résumé. — D'après ce qui précède, on voit que l'éclairement général moyen des emplacements ouverts le soir à l'Exposition de 1889 peut être estimé :

Pour le palais des Machines, à.	2 carcel à 1 mètre.
Pour les autres espaces couverts	1,25 —
Pour les avenues et les cours.	0,75 —
Pour les jardins.	0,10 —

Ces éclairages sont plus intenses que ceux réalisés dans les applications analogues. On cite souvent le concours industriel tenu à Manchester en 1887 comme ayant eu une installation électrique remarquable, et

cependant les intensités relevées dans ce concours ont été seulement :

Pour la Section des Machines, de	1,50 carcel par mètre carré.	
Pour les bâtiments principaux	1,17	—
Pour les jardins.	0,05	—

Aucune mesure photométrique n'a été faite à Manchester; mais lorsqu'il s'agit de foyers placés à de faibles hauteurs, on peut considérer que le nombre de carcel à 1 mètre équivaut aux intensités calculées en carcel par mètre carré, comme cela avait lieu dans la galerie de 30 mètres.

En résumé, dans les expositions futures, on pourra peut-être chercher à uniformiser un peu plus l'éclairage qu'en 1889, mais il sera absolument inutile d'en augmenter l'intensité totale.

CHAPITRE VII

FONTAINES LUMINEUSES

(Note de M. DE BOVET.)

Dispositions générales. — On a vu plus haut comment M. Alphand, désireux d'avoir au Champ-de-Mars des fontaines lumineuses, avait été conduit à y faire installer la fontaine Galloway en la complétant par des dispositions nouvelles à créer.

La fontaine Galloway, qui était une nouveauté en France, avait déjà fonctionné ailleurs, notamment à Londres, à Manchester, à Glasgow.¹

C'est une gerbe très puissante, formée d'un grand nombre de jets d'eau verticaux ou légèrement inclinés sur la verticale, alimentée par 27 ajutages principaux et pouvant débiter jusqu'à 900 mètres cubes à l'heure. La lumière est envoyée d'en bas à travers des glaces qui forment le fond du bassin au-dessous des ajutages, et l'éclairement de l'eau est obtenu en lançant chaque jet au centre d'un pinceau de lumière légèrement divergent. On fait varier la couleur à volonté en interposant, entre les lampes et les ajutages, des verres diversement colorés : en outre, et c'est là un des traits caractéristiques de cette fontaine, on peut faire varier à chaque instant le débit et la hauteur de chaque jet et par conséquent la forme de l'ensemble.

Une telle gerbe très volumineuse pouvant atteindre au centre des hauteurs de 30 à 40 mètres demande nécessairement à être placée dans un bassin de très grandes dimensions et on dut, pour la loger, modifier les plans primitifs des jardins qui ne comportaient que des pièces d'eau beaucoup trop petites.

Il fallait qu'elle pût être vue d'un grand nombre de spectateurs : sa place était donc tout indiquée vers le milieu du jardin central, non loin de la fontaine monumentale qu'exécutaient MM. Formigé et Coutan et qui

était disposée de façon à racheter la différence de niveau entre la partie haute et la partie basse du parc.

Cette fontaine, qui devait remplir le principal rôle dans la décoration des jardins, comportait 2 jets d'eau verticaux dans le bassin supérieur et 14 jets paraboliques s'échappant de la gueule de dauphins, d'urnes ou de cornes d'abondance, mais ici, pour nombreux qu'ils fussent, tous ces jets d'eau n'avaient plus qu'une importance relative; faisant partie d'un grand ensemble sculptural et architectural, ils devaient être réglés, en relation avec cet ensemble, à une hauteur et à un volume déterminés. On ne pouvait plus songer à les faire varier comme dans la grande gerbe de MM. Galloway qui, elle, tire toute son importance des seuls effets d'eau; on pouvait du moins, en les éclairant de couleurs variables, réaliser une fontaine lumineuse nouvelle, inédite, comme le désirait M. Alphand, d'un caractère absolument différent, et c'est ce qu'on résolut de faire. Pour y parvenir, on put appliquer pour l'éclairement des jets verticaux le principe indiqué plus haut, mais il fallut, pour éclairer les jets paraboliques, trouver des dispositions toutes différentes.

Les deux fontaines durent être placées assez loin l'une de l'autre pour que chacune conservât son caractère propre sans nuire à sa voisine, et on les relia par un canal de 42 mètres, le long duquel étaient disposés, sur deux lignes, 14 gerbes ou jets verticaux, de formes et de hauteurs variées, mais non variables, qui menageaient fort heureusement la transition.

On arriva ainsi à la disposition qui est représentée pl. 22, *fig.* 1 et 2. En fait, tout cet ensemble qui a été si admiré et qui était en effet très beau, avait donc été obtenu par la réunion de deux installations bien distinctes : celle de la grande gerbe, réalisée par MM. Galloway et désignée couramment sous le nom de *fontaine anglaise*, et l'autre, comprenant tout le reste, appelée *fontaine française* et exécutée, pour tout ce qui concerne les jeux d'eau et leur éclairage, sous la direction de M. Bechmann. A l'une et à l'autre le Syndicat fournissait le courant. Nous les décrirons toutes deux avec quelques détails, en nous attachant surtout à ce qui concerne l'éclairage des jets d'eau.

Lampes et projecteurs. — On s'est servi de deux appareils différents : la lampe employée couramment par MM. Galloway et une lampe construite par MM. Sautter-Lemonnier et C^{ie}.

La lampe Galloway est une lampe à main. Les deux charbons sont légère-

ment inclinés sur l'horizontale : il est possible de leur donner, l'un par rapport à l'autre, un petit déplacement qui permet de former le cratère brillant du charbon positif un peu sur le côté de ce charbon et dans la direction où la lumière doit être utilisée. La lampe est posée sur un socle en bois, entre trois montants en fer qui portent un cercle de fonte. Sur ce cercle repose, par un rebord extérieur, un grand réflecteur en étain poli dont le fond est coupé et qui présente dans la partie basse, en face l'une de l'autre, deux échancrures pour le passage des charbons.

Les trois montants sont filetés à leur partie supérieure ; ils supportent le cercle en fonte par l'intermédiaire de trois écrous ; on peut donc déplacer la lampe latéralement et le réflecteur verticalement et régler leur position relative de façon que l'arc se forme, soit au foyer, soit à une distance déterminée du foyer.

Les morceaux de charbon qui se détachent tombent dans le vide sans abîmer le miroir, et le tout est disposé avec assez de jeu pour qu'il soit possible, en remontant inégalement les écrous, de donner à l'axe du réflecteur une inclinaison sensible par rapport à la verticale.

Le rapprochement des charbons se fait à la main (il y a lieu de noter qu'avec les courants employés, 40 ou 60 ampères, l'arc se tient facilement 5 minutes) au moyen d'une vis. Une seconde vis donne le déplacement simultané des deux charbons et permet par conséquent de ramener, quand il y a lieu, l'arc au foyer du réflecteur.

La lampe de MM. Sautter-Lemonnier, représentée *fig. 30*, est un régulateur automatique à point lumineux fixe. Cette lampe, au contraire de la précédente, est disposée à peu près verticalement, en face d'un grand réflecteur sphérique en verre dont on peut l'approcher ou l'éloigner, ce qui permet d'obtenir, pour le pinceau de lumière, la forme que l'on veut. Comme dans l'espèce, la lumière est produite dans les dessous de la fontaine, et doit être renvoyée de bas en haut, l'ensemble est complété par l'addition d'un miroir plan qui permet de redresser le faisceau lumineux.

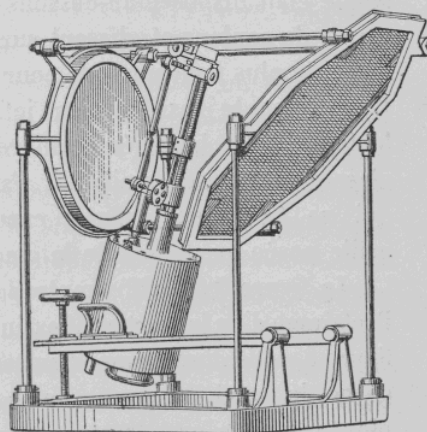


FIG. 30. — Régulateur projecteur Sautter-Lemonnier.

Éclairage des jets verticaux. — Les deux appareils servaient également pour l'éclairage des jets verticaux. Nous avons dit déjà que le principe consiste à lancer le jet d'eau au centre d'un faisceau de lumière parallèle ou mieux légèrement divergent. Pour obtenir ce résultat, on avait percé dans le fond du bassin une ouverture surmontée d'une cheminée, fermée à sa partie supérieure par une glace en verre clair avec joint étanche. La cheminée avait pour but de remonter la glace au-dessus du niveau supérieur de l'eau dans le bassin, de façon à éviter l'absorption d'une grande quantité de lumière par une couche d'eau dormante. La lampe était disposée au-dessous de cette glace. Les châssis, portant les verres de couleur et glissant sur rails, se trouvaient entre la lampe et la glace, le plus haut possible pour éviter les cassures du fait de la chaleur. L'eau, dans le cas d'un seul jet, était amenée par un tuyau qui montait le long de la cheminée et se recourbait pour atteindre le centre de la glace où il se redressait. S'il s'agissait d'une petite gerbe, comme celles qui se trouvaient dans le canal, l'eau était amenée à une véritable grille posée au-dessus de la glace et portant les ajutages.

La figure 7 (pl. 22) montre la disposition d'une lampe Galloway pour l'éclairage d'un jet vertical (bassin supérieur de la fontaine monumentale); la figure 8, celle d'une lampe Sautter-Lemonnier pour l'éclairage d'une petite gerbe du canal. On peut voir en outre, sur la figure 4, la disposition employée dans la grande gerbe pour l'éclairage des jets verticaux et des jets légèrement inclinés, avec des lampes Galloway.

Dans toutes les parties des fontaines, les cheminées et ajutages étaient cachés par des touffes de roseaux qui masquaient complètement au spectateur les dispositions prises pour l'illumination de l'eau.

Éclairage des jets paraboliques. — On sait qu'un jet de lumière lancé avec une direction convenable dans une veine liquide pleine, subit, chaque fois qu'il rencontre la surface de la veine une réflexion totale, et y reste emprisonné, l'éclairant sur toute sa longueur.

L'expérience est de Colladon et date de 1841. Sur une petite échelle, elle réussit fort bien, mais il n'en fut plus de même quand on voulut la répéter sur des veines liquides de grosse section, comme celles qu'il fallait nécessairement employer dans la fontaine monumentale. L'éclairage ne s'obtenait plus que sur une longueur tout à fait insuffisante, quoiqu'on y employât des foyers lumineux très intenses.

Après de très nombreux essais, MM. Bechmann et Richard réussirent

à tourner la difficulté d'une façon fort ingénieuse, en employant un ajutage d'une forme spéciale. Leur appareil qui a fait l'objet d'une communication à l'Académie des Sciences (séance du 18 mars 1889) se compose de deux troncs de cône emboîtés l'un dans l'autre, se prolongeant chacun à l'extrémité qui forme ajutage par une partie cylindrique dont la section droite est une ellipse allongée. L'eau, amenée dans l'espace annulaire, sort par la couronne cylindrique avec une épaisseur de quelques millimètres seulement, sous forme d'une véritable gaine d'eau, vide à l'intérieur (voir *fig.* 10, pl. 22). On arrive ainsi à obtenir, avec une quantité d'eau très réduite, un jet suffisamment volumineux, au point de vue décoratif, et dont l'éclairement ne demande plus un foyer d'intensité exceptionnelle.

La lumière est envoyée au centre du jet, à travers le tronc de cône intérieur; quoiqu'elle ait alors à passer d'un milieu moins dense dans un milieu plus dense, elle se réfléchit encore convenablement chaque fois qu'elle vient rencontrer la face interne de la gaine : à condition que l'ajutage ne crache pas, que par conséquent la veine liquide coule sans déchirures et ne soit pas dispersée par le vent, elle s'éclaire très bien sur une longueur de 4 à 5 mètres.

Les ajutages n'ont que 0^m,22 suivant le grand axe, c'est dire qu'il faut réunir toute la lumière de la lampe non plus en un faisceau parallèle, mais en un faisceau convergent tel que le point de convergence soit à l'orifice de l'ajutage. Il faut en outre que l'angle au sommet du cône des rayons convergents soit aussi faible que possible pour qu'après la sortie de l'ajutage, la lumière ne diverge pas trop vite. En effet, quelques remarques faites au cours des essais nous font croire que si la lumière se réfléchit plusieurs fois successivement dans les parties hautes du jet, là où la gaine liquide coule bien pleine, elle arrive à s'échapper suivant la tangente au point où la veine se brise. Au-dessus de ce point, la lumière serait emprisonnée dans l'eau; au-dessous, l'eau coulerait dans l'intérieur du cône lumineux : il faudrait donc, autant que possible, que ce cône fût juste assez ouvert pour contenir toute la partie basse du jet, mais rien de plus, afin de conserver le maximum d'éclairement.

Pour l'application à faire au Champ-de-Mars, on avait pensé d'abord à placer au niveau des ajutages des lampes Lemonnier qui donnent justement un jet lumineux à axe horizontal et, grâce au miroir sphérique, toute facilité pour obtenir un faisceau convergent. Mais il eût été absolument impraticable, à cause de leur volume, d'installer ces appareils

dans les ornements de la fontaine ; la chose eût-elle été possible matériellement, il y avait encore à craindre un échauffement excessif dans les logements exigus qu'on aurait pu trouver. De plus, vu la faible distance de l'ajutage, il est à présumer qu'on aurait eu un cône lumineux beaucoup trop ouvert pour donner un résultat satisfaisant. Il fallait donc, de toute nécessité, laisser les lampes dans le sous-sol, envoyer le faisceau de lumière verticalement et le réfléchir, en haut des cheminées, sur un miroir placé devant l'ajutage. Même ainsi, le service des eaux désirait, pour n'avoir que des appareils automatiques, se servir des lampes Lemonnier, ce qui nécessitait l'emploi de deux miroirs réfléchissants, l'un en bas, l'autre en haut. Le Syndicat, chargé de cette partie de l'installation, craignait qu'il ne résultât de cette double réflexion une perte de lumière exagérée : il estimait que la nécessité du réglage à la main n'est pas un inconvénient pour des séances de courte durée et que les lampes Galloway (qui avaient déjà souvent fait leur preuve) offraient, dans des conditions d'entretien aussi médiocres que celles que l'on peut trouver dans des souterrains chauds et humides, plus de sécurité que des lampes automatiques. Il se résolut donc à les employer après s'être assuré qu'un léger déplacement du foyer du réflecteur par rapport à l'axe permettait d'obtenir une convergence suffisante pour les dimensions de l'ajutage. La figure 9 (pl. 22) représente la disposition à laquelle on fut ainsi amené pour l'éclairage des jets paraboliques.

Installation des fontaines. — Le courant était envoyé aux fontaines par la station de la Société Gramme. Il était produit à la station par deux dynamos de 900 ampères et 120 volts couplées en tension : conduit par 12 câbles de 43 millimètres carrés de section placés en tranchée depuis la station jusqu'à l'escalier d'accès des fontaines, il arrivait à 180 volts à deux tableaux de distribution placés l'un dans le sous-sol de la fontaine française, l'autre dans le tunnel d'accès de la fontaine anglaise. De là, il était distribué aux régulateurs, tous installés par 3 en série.

L'eau était prise sur des conduites de la Ville à 50 mètres de charge ; le débit total atteignait 1100 mètres cubes à l'heure.

Fontaine française. — L'éclairage nécessitait l'emploi de 30 lampes de 40 ampères : 16 de ces lampes étaient installées sous les 14 gerbes verticales du canal et les 2 jets verticaux du bassin supérieur ; 14 servaient à l'éclairage des 14 jets paraboliques. Elles se divisaient en

15 régulateurs automatiques Sautter-Lemonnier (14 dans le canal et 1 sous le bassin supérieur) et 15 lampes Galloway (sous le bassin supérieur). Dans chaque circuit de 3 lampes, tous les appareils étaient de même nature.

La figure 3 (pl. 22) montre la disposition du sous-sol sous cette partie de la fontaine : on y voit, sous le groupe principal de M. Coutan, une grande chambre couverte par des voûtes d'arêtes, à laquelle on accédait par un escalier débouchant en arrière du bassin supérieur, et où étaient installés, outre les lampes, le tableau de distribution et l'appareil de manœuvre des verres de couleur. De dimensions très vastes, cette chambre laissait toute facilité de circulation aux trois hommes chargés du réglage des 15 lampes à main. Chacune des lampes était placée sous le jet correspondant et les deux cheminées d'angle étaient assez larges pour qu'on ait pu y installer à côté l'un de l'autre deux appareils complets pour éclairer les deux jets qui partaient presque du même point, tombant l'un dans le bassin supérieur, l'autre dans le bassin inférieur.

De cette chambre, deux escaliers symétriques donnaient accès à deux galeries voûtées allant jusqu'à l'extrémité du canal. C'est dans ces galeries étroites qu'étaient placées les lampes Lemonnier : là du reste, vu la distance et la plus grande difficulté de circulation, le réglage à main eût été moins aisé ou eût exigé un personnel nombreux, tandis qu'un seul homme suffisait à la surveillance des 14 appareils.

Quelques événements, débouchant autour des bassins, assuraient un aérage satisfaisant dans tout ce sous-sol.

Nous indiquerons ultérieurement comment s'y faisait la manœuvre des verres de couleur. Ainsi que nous l'avons dit plus haut, il n'y avait pour l'eau qu'à ouvrir et fermer les vannes, au début et à la fin de chaque séance, le régime de chaque jet devant rester invariable.

Fontaine anglaise. — L'éclairage de la fontaine anglaise était obtenu au moyen de 18 lampes de 60 ampères, toutes naturellement lampes à main du système Galloway.

Le sous-sol (voir fig. 5, pl. 22) était une grande chambre circulaire de 15 mètres de diamètre où l'on pouvait accéder par un long tunnel débouchant dans le pavillon Coignet construit à côté des bassins.

Toute l'installation de cette fontaine est étudiée de façon à rendre son transport et sa réinstallation faciles, puisqu'elle avait été établie par MM. Galloway pour être montrée partout où cette exhibition pourrait

être profitable, et, si elle reste au Champ-de-Mars, elle n'y est arrivée qu'en passant par Glasgow, Londres et Manchester. C'est ainsi que le plafond de la chambre ou le fond du bassin n'était plus une voûte, mais un simple plancher en bois couvert en feuilles de plomb, et tout, aussi bien les planches que la charpente qui les portait, était venu d'Angleterre et visiblement avait déjà servi. Il est clair que ce mode de construction n'a, au point de vue de l'effet produit, pas grand intérêt, mais il montre bien à quel point les constructeurs étaient parvenus à rendre mobile, à la façon des installations foraines, tout cet appareil pourtant volumineux et compliqué.

Les cheminées, qui servent à reporter les glaces de fond au-dessus du niveau de l'eau du bassin, étaient en fonte, peintes en blanc à l'intérieur et boulonnées sur le plancher. L'ensemble de la gerbe comportait 17 de ces cheminées disposées : 1 au centre, 6 autour de celle-ci sur une circonférence de 4^m,60 de diamètre, et 10 sur une seconde circonférence concentrique de 11^m,70 de diamètre. Ces dernières étaient à section elliptique (le grand axe dirigé vers le centre du bassin) et légèrement inclinées vers l'intérieur. Les jets correspondant aux sept cheminées centrales étaient verticaux; ils sortaient par des ajutages de 0^m,50 de diamètre pour celui du milieu et de 0^m,30 pour les six autres. Il y avait en outre à la circonférence supérieure de chacune de ces sept cheminées une couronne de petits ajutages donnant des jets de peu d'importance et de faible hauteur destinés à garnir le pied des grands jets d'eau. Au-dessus de chacune des 10 cheminées de pourtour il y avait deux ajutages, l'un du côté extérieur incliné vers le centre donnant un jet plein, l'autre du côté intérieur et dirigé verticalement, se terminant par un pulvérisateur et servant à obtenir ces effets de poussière d'eau par lesquels on avait coutume, au Champ-de-Mars, de terminer chaque séance. Cette disposition est indiquée *fig.* 6. Chacun de ces 20 ajutages avait une section correspondant à un diamètre de 0^m,23. Les lampes étaient installées sous chaque cheminée. La seule particularité à noter pour la partie centrale est que, sous le jet du milieu, on disposait côte à côte, dans un seul réflecteur de plus grand modèle, deux lampes au lieu d'une.

Les lampes du pourtour étaient disposées de façon à envoyer leur lumière dans une direction inclinée. A les supposer numérotées de 1 à 10, toutes celles de numéros pairs avaient une inclinaison telle que l'axe du réflecteur vint rencontrer la verticale du centre du bassin à une hauteur de 29^m,10, tandis que cette hauteur se réduisait à 17^m,40 pour

les lampes de numéros impairs. On arrivait ainsi à obtenir l'éclairement du jet central tout entier, malgré sa très grande hauteur, et on pouvait à volonté l'éclairer d'une couleur unique ou de deux, au moyen des lampes du milieu avec un verre et de toutes les lampes du pourtour avec un verre d'une couleur différente, ou même de trois couleurs, en mettant sur le pourtour un certain verre à cinq des lampes et un verre d'une autre couleur aux cinq autres. Les figures 4 et 5 (pl. 22) permettent de se rendre facilement compte de ces dispositions.

Les différents jets étaient groupés sur des canalisations distinctes, ce qui permettait, en ouvrant plus ou moins les robinets correspondants, de varier à volonté l'importance de chaque groupe de jets et la forme générale de la gerbe : ces robinets, tous réunis en un point de la chambre souterraine, étaient manœuvrés à distance par un opérateur placé au dehors et de façon qu'il pût voir la fontaine.

En l'espèce, la cabine d'observation se trouvait former le premier étage du pavillon Coignet, et les leviers de manœuvre, disposés dans ce pavillon, transmettaient le mouvement aux robinets au moyen de fils métalliques passant le long du souterrain d'accès (voir *fig. 4 et 5*). Au contraire, la manœuvre des verres de couleur se faisait ici, comme pour la fontaine française, tout entière dans le sous-sol.

Toutes les lampes se trouvaient ici beaucoup plus groupées que dans l'autre fontaine; aussi deux ouvriers passant dans le couloir circulaire entre les deux rangées de lampes suffisaient parfaitement au réglage des dix-huit appareils.

L'aérage était obtenu au moyen d'un ventilateur placé à l'entrée du tunnel et actionné par une petite dynamo prenant une dérivation sur le courant d'un des six circuits.

Manœuvre des verres de couleur. — Les châssis garnis de verres de couleur étaient, pour chaque lampe, au nombre de 5, portant des verres *rouge, bleu, vert, jaune et vert d'eau*. On disposait donc en réalité de six couleurs, en comptant la lumière blanche fournie directement par les lampes.

Dans les deux fontaines, la manœuvre des châssis se faisait avec les mêmes procédés et avec des appareils sinon identiques, du moins tout à fait analogues.

Prenons pour exemple la fontaine française : Les lampes étaient divisées en cinq groupes. Un fil de fer, infléchi chaque fois que cela

était nécessaire sur de petites poulies fixées dans les murs, reliait ensemble tous les châssis, à verre rouge par exemple, d'un même groupe : il décrivait un circuit fermé, ses deux bouts venant aboutir à l'extrémité d'un levier mobile autour d'un axe horizontal, si bien qu'un mouvement en avant du levier amenait, au-dessus des lampes correspondantes, tous les verres rouges d'un même groupe, et que le mouvement inverse de ce levier les ramenait tous en arrière. Il en était de même de toutes les couleurs, de sorte qu'à chaque groupe de lampes correspondaient 5 leviers numérotés de 1 à 5; l'ensemble des 25 leviers constituant l'appareil de manœuvre pour les changements de couleur.

Le nombre des combinaisons possibles est énorme : on en avait prévu pour l'usage courant une quantité limitée, chacune se trouvant désignée par 5 chiffres. On préparait l'une quelconque d'entre elles en mettant en prise sur une barre de manœuvre les poignées des 5 leviers (1 par chaque groupe) de numéros correspondants, et il n'y avait qu'à pousser la barre en avant pour amener en place d'un seul mouvement toute la combinaison; un mouvement inverse d'une seconde barre suffisait à tout ramener en arrière, avant de placer la combinaison suivante.

La gravure page 165 (*fig. 31*) montre, pendant la marche, le poste de manœuvre de la fontaine française; on voit au fond le tableau de distribution, et de chaque côté de ce dernier, l'entrée des deux galeries qui menaient sous le canal.

La manière d'opérer était exactement la même à la fontaine anglaise; il y avait également cinq groupes de lampes; la disposition matérielle des leviers offrait seule une différence. La façon dont les châssis de chacun des groupes étaient reliés entre eux et aux leviers de manœuvre est indiquée sur la figure 5 (pl. 22) : comme on peut le voir, quatre des réseaux formaient des polygones réguliers, le cinquième n'intéressant que la lampe centrale; dans ces conditions, le mouvement était facile à produire sans grand effort, il était transmis par des cordelettes en chanvre et des châssis en bois glissant dans des rainures en U.

A cause des dimensions beaucoup plus grandes, les réseaux des groupes étaient dans la fontaine française bien plus compliqués — ils sont indiqués sommairement, également à raison de un par chaque groupe de lampes, sur la figure 3 (pl. 22); — grâce à l'emploi de fils de fer bien guidés et de châssis à roulettes circulant sur de petits rails en fer, la manœuvre pouvait cependant se faire sans grand effort. Ces châssis étaient garnis d'un filet métallique à très larges mailles, sur lequel le

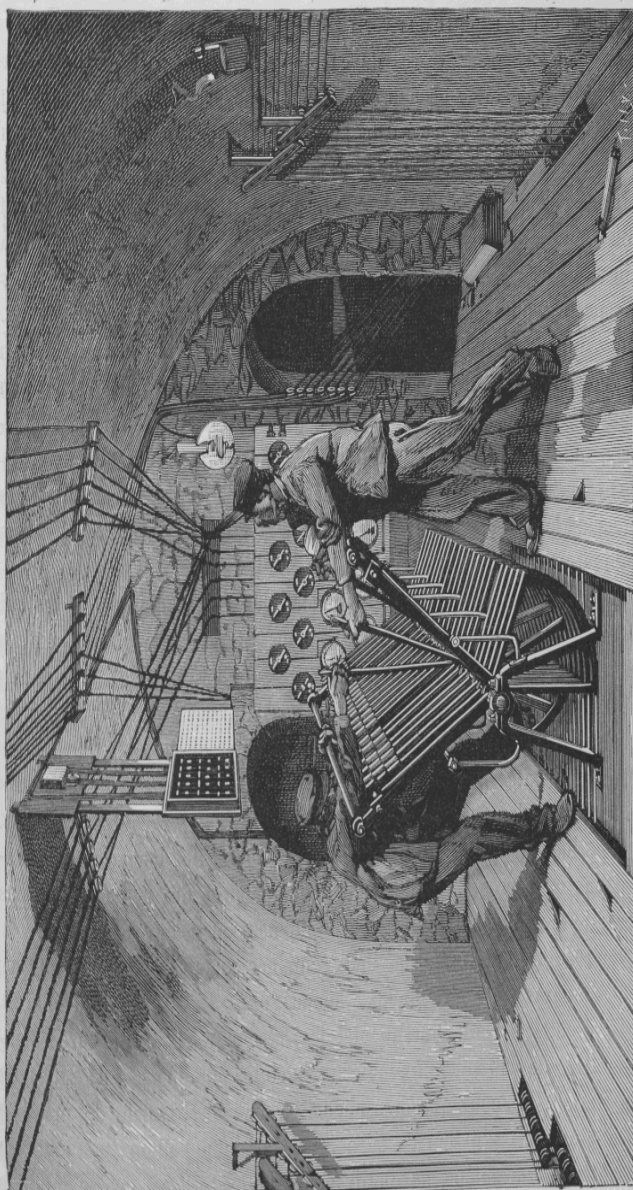


Fig. 31. — Manœuvre des verres colorés sous les fontaines lumineuses.

verre de couleur, découpé en bandes d'environ 10 centimètres de large seulement, était simplement posé. On arrivait ainsi à éviter à peu près complètement la rupture des verres sous l'action de la chaleur.

La manœuvre des verres de couleur ne pouvait naturellement être laissée à l'initiative de chacun des chefs des postes souterrains; elle était dirigée par un homme placé dans la cabine d'observation extérieure dont il a été parlé plus haut. Cet homme, qui voyait l'ensemble de la fontaine, avait sous la main et manœuvrait lui-même les leviers qui commandaient la distribution de l'eau de la fontaine anglaise; il avait également sous la main une série de boutons d'appel qui correspondaient dans chacun des deux postes souterrains à deux sonneries électriques munies de tableaux. A un coup de sonnette, on ramenait de part et d'autre la combinaison qui était en service et on poussait en place celle qui se trouvait prête: en même temps apparaissait sur les deux tableaux le numéro de la combinaison qui devait être préparée pour le changement suivant.

On peut voir, sur le dessin, au-dessus des leviers de manœuvre, le tableau de la sonnerie, et à côté, le tableau où étaient inscrites les diverses combinaisons.

L'allumage des lampes se faisait pendant les trois ou quatre minutes qui précédaient chaque séance, successivement, pour éviter de trop charger d'un coup les machines. Pour les lampes automatiques, il n'y avait pas de difficultés; pour les lampes à main, on avait muni chacune d'elles d'un rhéostat à résistance fixe avec interrupteur automatique, afin d'éviter les excès d'intensité qui auraient pu se produire pendant l'allumage, alors que toutes les lampes devaient avoir leurs charbons en contact. Pendant cette période d'allumage, on laissait en place sur les lampes deux combinaisons en verres de couleurs complémentaires qui ne laissaient pas passer de lumière et qu'on effaçait au moment où l'eau était donnée.

En résumé, l'éclairage des deux fontaines comportait donc 18 lampes de 60 ampères, en 6 circuits de 3 lampes, et 30 lampes de 40 ampères, en 10 circuits; soit un courant total de 760 ampères sous une force électro-motrice de 180 volts aux tableaux, sous les fontaines, et de 240 volts à la station. Ce courant correspondait à une force totale de près de 300 chevaux: il y a lieu de faire remarquer que l'allumage, même en opérant successivement, ne durait au total que trois ou quatre minutes et que par conséquent, trois fois pendant chaque soirée de l'Exposition, on demandait brusquement 300 chevaux aux chaudières, machines et dynamos, sans qu'il se soit jamais produit de ce fait le moindre accident,

sans que jamais la force nécessaire, ni par conséquent la vapeur, aient manqué un seul instant; il était facile de s'en rendre compte par la marche très satisfaisante de toutes les lampes, même durant les premières minutes après l'allumage.

Origines des fontaines lumineuses. — Telles quelles, les fontaines lumineuses ont été une des principales attractions de l'Exposition. Elles ont attiré un nombre incalculable de spectateurs; on en a donc beaucoup parlé, et en général pour en attribuer aux Anglais l'invention première. C'est bien en Angleterre en effet, en 1884 croyons-nous, qu'on a réussi à montrer pour la première fois, grâce à l'emploi de la lumière électrique, une grande fontaine jaillissante puissamment éclairée, mais ce n'était en somme que la reproduction sur une plus grande échelle de phénomènes déjà connus. Cela est si vrai, qu'il me souvient d'avoir vu, vers 1879 ou 1880, à Ouro-Preto, capitale de la province de Minas Geraës (Brésil), alors distante de quelque 150 kilomètres du chemin de fer le plus proche, une petite fontaine lumineuse, organisée sur le théâtre de la ville, par un prestidigitateur de passage, avec quelques tuyaux de fer-blanc, un réservoir placé sur le toit, et une lumière de Drummond pour l'éclairer par-dessous. Apparemment cette fontaine n'était pas de son invention, et il serait bien difficile de savoir où et quand la première a été faite, mais il est certain que le principe a été indiqué par Colladon en 1841, et pour mettre le fait hors de doute, nous ne pouvons mieux faire que de reproduire la communication qu'il fit à ce sujet à l'Académie des Sciences dans sa séance du 24 octobre 1842 (voir dans les documents divers, page 198).

Comme le fait remarquer Colladon : avec de l'eau parfaitement limpide, une veine liquide, éclairée par de la lumière circulant à l'intérieur, doit être à peine visible, mais l'eau dont on se sert couramment n'est pas d'ordinaire *parfaitement limpide*, et il y a tout lieu de croire que, lorsque la lumière circule dans une gaine creuse, il n'y a pas absolument réflexion totale en tous les points d'incidence sur la face interne et qu'une partie au moins pénètre dans l'eau. On comprend donc comment la portion pleine des jets paraboliques peut s'éclairer suffisamment.

Là où la veine s'interrompt, dit Colladon, *la lumière s'échappe* : il serait en effet difficile de concevoir qu'il en pût être autrement. La partie brisée coule alors dans l'intérieur d'un cône lumineux, tandis qu'au-dessus c'est la lumière qui était emprisonnée dans l'eau; chaque point de rupture

devient très brillant; il en est de même de chaque goutte frappée par une vive lumière qu'elle réfléchit. C'est ce second mode d'éclairage qui se trouve appliqué pour les jets verticaux, et comme ceux-ci peuvent beaucoup plus facilement que les jets paraboliques se diviser en une infinité de gouttelettes, on comprend facilement pourquoi ce sont eux qui donnent les effets les plus brillants.

L'expérience de Colladon, telle qu'il la faisait, est répétée avec de la lumière rouge à l'Opéra à chaque représentation de *Faust* (2^m tableau) : tous ont pu l'y voir et voir au Champs-de-Mars les fontaines lumineuses, et, par la comparaison, apprécier toute la part qui revient à ceux qui ont su combiner des dispositifs permettant d'en faire une si belle application.

CHAPITRE VIII

DOCUMENTS DIVERS

PREMIER CONTRAT POUR L'ÉCLAIRAGE PUBLIC

ENTRE LES SOUSSIGNÉS :

M. LE MINISTRE DU COMMERCE ET DE L'INDUSTRIE, commissaire général de l'Exposition de 1889, agissant en ladite qualité de commissaire général d'une part, et M. HIPPOLYTE FONTAINE, administrateur de la Société des machines magnéto-électriques Gramme dont le siège est à Paris, 15, rue Drouot;

PAUL LEMONNIER, administrateur de la Société en commandite Sautter-Lemonnier et C^{ie}, dont le siège est à Paris, avenue de Suffren, 26;

POL FABRY, administrateur de la Société « l'Éclairage Électrique », dont le siège est à Paris, 250, rue Lecourbe;

LOUIS RAU, président du conseil d'administration de la « Compagnie Continentale Edison », dont le siège est à Paris, 8, rue Caumartin,

Agissant tant au nom des Sociétés qu'ils représentent que comme fondateurs du Syndicat International des électriciens dont les statuts, approuvés par décision ministérielle en date du 15 février 1888, sont annexés aux présentes et ont pour objet l'exposition collective d'éclairage public et privé par l'électricité de tout ou partie de l'Exposition de 1889,

D'autre part;

A été convenu ce qui suit :

ARTICLE PREMIER.

Le Ministre du Commerce et de l'Industrie, après délibération de la Commission de contrôle et de finances chargée d'administrer l'association

de garantie, aux termes des conventions annexées à la loi du 6 juillet 1886, et après avis favorable de la section des travaux publics, de l'agriculture, du commerce et de l'industrie, du Conseil d'État, autorise MM. HIPPOLYTE FONTAINE, PAUL LEMONNIER, POL FABRY, LOUIS RAU, ès qualités, à installer une exposition collective d'éclairage électrique, dans les palais et jardins de l'Exposition universelle de 1889 pendant toute sa durée, et à recevoir un prix d'entrée des visiteurs du soir.

Cette autorisation est faite aux charges et conditions stipulées par les articles ci-après.

ARTICLE 2.

MM. Hippolyte Fontaine, Paul Lemonnier, Pol Fabry, Louis Rau, ès qualités, s'engagent solidairement :

1° A admettre dans le Syndicat international pour l'éclairage électrique, les exposants qui le demanderont, conformément aux articles 3 et 7 des statuts de ce Syndicat susvisé ;

2° A faire à leurs frais, risques et périls, toutes les dépenses de construction, de pose, de fonctionnement et d'entretien des machines, appareils, régulateurs, câbles, etc., et tous les frais quelconques exigés par ledit éclairage, qui s'étendra : au palais des Machines (grande nef et bas côtés) à la cour de la force motrice et aux deux cours en retour jusqu'à la hauteur du jardin de 30 mètres, à la galerie de 30 mètres, aux terrasses des galeries des expositions diverses, aux galeries Rapp et Desaix, aux terrasses des palais des Beaux-Arts et des Arts libéraux sur le jardin, aux jardins bas du Champ-de-Mars au quai d'Orsay, devant le parc du Champ-de-Mars, au bâtiment de l'exploitation, au palais des Produits alimentaires, à la voie passant devant ce palais, et allant du Champ-de-Mars au pont de l'Alma, enfin aux fontaines et bassins éclairés sous l'eau, suivant, en un mot, les indications portées au plan ci-annexé.

Dans le cas où l'Administration jugerait utile d'éclairer l'intérieur des palais des Beaux-Arts et des Arts libéraux ou toute autre partie de l'Exposition non mentionnée dans le précédent paragraphe, les dépenses nécessitées au Syndicat par l'installation et le fonctionnement de ce supplément d'éclairage seraient à la charge de l'Administration de l'Exposition.

L'ensemble de l'éclairage prévu comprendra une surface d'environ 300 000 mètres carrés et une intensité totale d'environ 150 000 becs Carcel, obtenue par une puissance motrice de 3 000 chevaux-vapeur ;

3° A faire pour les exposants ou exploitants toutes les installations qui

seront demandées pour l'éclairage électrique privé, à entretenir ces installations en bon état, à fournir enfin l'électricité nécessaire à l'éclairage.

Les dépenses comprises dans cette troisième catégorie seront soldées par abonnement par les exposants, conformément à un tarif soumis à l'approbation de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie.

L'emploi de l'électricité n'est pas obligatoire et les exposants ou exploitants auront le droit de faire usage de tout autre mode d'éclairage, mais le Syndicat fera seul les fournitures et travaux relatifs à l'emploi de l'électricité.

ARTICLE 3.

Le prix de l'entrée du soir est fixé à 2 francs pendant la semaine et 1 franc seulement le dimanche.

Le soir des fêtes, il sera perçu un prix spécial qui sera fixé par le Ministre du Commerce et de l'Industrie. Si ce prix excède 2 francs, l'excédent sera abandonné à l'Administration de l'Exposition pour la couvrir des dépenses supplémentaires des fêtes, à moins qu'elle ne demande au Syndicat de lui prêter son concours et d'exécuter des travaux spéciaux pour ces circonstances, auquel cas un accord interviendra, avant tout commencement de travaux, entre les parties contractantes, pour déterminer la part qu'il y aurait lieu d'attribuer au Syndicat sur cet excédent.

ARTICLE 4.

Sur les recettes provenant des entrées du soir, et à titre de redevance, le Syndicat abandonne au Ministre du Commerce et de l'Industrie la moitié des recettes brutes; toutefois, lorsque le produit de ces recettes dépassera 3 600 000 francs, la part attribuée à l'État sera portée aux 7/10 sur les premiers 500 000 francs de l'excédent, aux 8/10 sur les 500 000 francs suivants, enfin aux 9/10 sur le surplus, quelle qu'en soit l'importance.

Il est spécifié que les recettes brutes auxquelles s'applique le partage ci-dessus indiqué, se composent :

1° Du droit d'entrée, pour les séances du soir, payé à partir de 6 heures, et 2° du supplément, qui ne sera pas inférieur à 6 francs, à ajouter au prix des cartes d'abonnement, s'il en est délivré, qui donnent accès aux séances du soir.

ARTICLE 5.

La perception des entrées du soir et du supplément d'abonnement, s'il y a lieu, sera effectuée par les agents du Trésor public.

La répartition du produit des entrées sera faite entre les parties intéressées sur états dressés par le Directeur Général des Finances, et approuvé par le Ministre Commissaire général.

Les abonnements pour fournitures et travaux à payer par les exposants ou exploitants seront recouvrés par le Syndicat à ses risques et périls.

ARTICLE 6.

Les plans et devis des travaux de construction et d'installation et les modèles des appareils employés seront soumis, avant exécution, à l'examen du Directeur Général des Travaux, ou du Directeur Général de l'exploitation, qui pourront demander toutes modifications utiles à leurs services.

Dans le cas où l'Administration exigerait que des lanternes ou autres objets d'appareillage d'un modèle déterminé fussent placés autour des palais des Beaux-Arts et des Arts libéraux et des galeries des expositions diverses, la dépense résultant de cette installation serait à la charge de l'Administration.

Aucune installation publique ou privée ne pourra être mise en service avant d'avoir été contrôlée et reçue soit par la Direction Générale des Travaux, soit par la Direction Générale de l'Exploitation, suivant le cas.

ARTICLE 7.

MM. Hippolyte Fontaine, Paul Lemonnier, Pol Fabry, Louis Rau, ès qualités, seront soumis à toutes les conditions imposées aux exposants et aux permissionnaires, admis à construire dans l'enceinte de l'Exposition.

Ils devront se conformer strictement à tous les règlements de police établis par l'Administration.

ARTICLE 8.

MM. Hippolyte Fontaine, Paul Lemonnier, Pol Fabry, Louis Rau, ès qualités, sont dispensés de fournir un cautionnement.

ARTICLE 9.

Les droits de timbre et d'enregistrement des présentes seront à la charge de MM. Hippolyte Fontaine, Paul Lemonnier, Pol Fabry, Louis Rau, ès qualités.

ARTICLE 10.

Le Ministre du Commerce et de l'Industrie statuera, sauf recours au Conseil d'État, sur toutes les difficultés que pourra faire naître l'exécution des présentes.

Fait double à Paris, le 15 février 1888.

Signé : LUCIEN DAUTRESME, HIPPOLYTE
FONTAINE, PAUL LEMONNIER,
LOUIS RAU et POL FABRY.

CAHIER DES CHARGES

ARTICLE PREMIER.

Les machines électriques devront être placées dans un local où les conducteurs soient bien en vue. Elles seront convenablement isolées.

Si les courants émis sont de nature à créer des dangers pour les personnes admises dans la salle, les conducteurs seront autant que possible placés hors de la portée de la main ; dans les parties où cette condition ne serait pas réalisée, les conducteurs devront être garnis d'enveloppes isolantes.

Dans le cas de machines à courants alternatifs ou de machines à courant continu donnant des forces électro-motrices très élevées, il pourra être prescrit, pour les ouvriers de service, des précautions particulières telles que l'emploi de gants en caoutchouc.

Une affiche qui sera placardée d'une manière très apparente dans les salles des machines, indiquera les précautions spéciales qui devront être prises par les ouvriers en vue d'assurer leur sécurité.

ARTICLE 2.

L'emploi de la terre, des charpentes métalliques, des conduites d'eau ou de gaz, pour compléter le circuit, est interdit.

ARTICLE 3.

Dans chacune des sections du circuit, le diamètre des conducteurs devra être en rapport avec l'intensité des courants, de telle sorte qu'il ne puisse se produire, en aucun point, un échauffement dangereux pour l'isolement du conducteur ou les objets voisins.

Les raccords devront être établis de façon à ne pas introduire dans le circuit des points faibles au point de vue mécanique, ou présentant une résistance électrique dangereuse.

ARTICLE 4.

Les fils employés pourront être, soit nus, soit recouverts d'une enveloppe isolante. Dans le cas où le fil est nu, il ne doit jamais être à la portée de la main, même sur les toits.

Aux points d'attache qui, par leur position, présenteraient quelques dangers, il pourra être prescrit l'emploi d'une enveloppe isolante (ruban ou tube de caoutchouc, par exemple), sur une longueur d'au moins cinquante centimètres (0^m,50) de chaque côté du support.

Le fil sera éloigné le plus possible des masses conductrices, tuyaux d'eau ou de gaz, notamment dans le voisinage des édifices.

Quand il s'agira de courants alternatifs, les bornes qui servent de prises de courants seront toujours hors de la portée de la main.

Pour les courants continus, la même précaution sera observée toutes les fois que la différence de potentiel dépassera trois cents volts (300^v).

ARTICLE 5.

Si les conducteurs croisent une ligne télégraphique ou téléphonique, ou passent à une distance de moins de deux mètres (2^m) d'une de ces lignes, ou enfin à une distance de moins de un mètre (1^m) des masses conductrices, ils devront être recouverts.

L'emploi des câbles concentriques pourra être exigé dans le parcours des égouts.

ARTICLE 6.

Les conducteurs passant à travers les toits, planchers, murs, cloisons, ou dans le voisinage de masses métalliques, seront toujours recouverts. Ils seront en outre encastrés dans une matière dure sur les points où ils

seront exposés à des détériorations par le frottement ou toute autre cause destructive. Dans les parties de leur trajet où ils seront invisibles, ils seront disposés de façon à être à l'abri de toute détérioration, et leur position sera repérée exactement.

ARTICLE 7.

Les appareils générateurs d'électricité et les groupes d'appareils récepteurs seront munis d'organes permettant de les isoler rapidement du réseau général.

Au siège des appareils générateurs, un indicateur, placé d'une façon très apparente, permettra de connaître à tout instant la différence de potentiel aux bornes.

ARTICLE 8.

Les circuits extérieurs seront protégés par des paratonnerres.

ARTICLE 9.

L'eau nécessaire à l'alimentation des générateurs à vapeur et à la condensation des machines motrices établies par le Syndicat des électriciens, ailleurs que sur le bord de la Seine, pourra être fournie par l'Administration de l'Exposition, au prix de quinze centimes le mètre cube (0 fr. 15 le mètre cube).

Toutefois le Syndicat des électriciens devra faire connaître son intention de profiter de cette clause avant le 1^{er} mars 1888.

La fourniture de cette eau sera constatée au moyen de compteurs agréés par l'Administration de l'Exposition et établis par le Syndicat et à ses frais, sur chaque prise d'eau venant de la canalisation générale de soixante centimètres (0^m,60) de diamètre, que l'Administration installera dans le palais des Machines.

La fourniture et la pose des branchements de prise d'eau froide sont à la charge du Syndicat.

Les clefs des compteurs resteront entre les mains de l'Inspecteur du service mécanique et électrique, chargé de relever les indications de ces appareils. Le compte de la fourniture de l'eau sera arrêté à la fin de chaque mois et le prix en sera porté au débit du Syndicat par la direction générale des Finances, suivant état remis par elle au Syndicat.

ARTICLE 10.

Les eaux chaudes provenant des condenseurs des machines motrices ne pourront être rejetées dans les égouts existant sous le Champ-de-Mars ; elles devront être conduites directement à la Seine.

Dans ce but, l'Administration de l'Exposition met à la disposition du Syndicat le collecteur en fonte de soixante centimètres (0^m,60) de diamètre qu'elle établira pour aller du palais des Machines à la Seine en suivant l'avenue de Suffren.

La fourniture et la pose des branchements allant à ce collecteur sont à la charge du Syndicat.

ARTICLE 11.

L'installation des branchements de prise d'eau froide et d'évacuation d'eau chaude, que le Syndicat aura à établir, sera faite conformément aux plans soumis par le Syndicat et approuvée par la Direction générale des travaux de l'Exposition.

SYNDICAT INTERNATIONAL DES ÉLECTRICIENS

STATUTS

ENTRE LES SOUSSIGNÉS :

M. Hippolyte FONTAINE, administrateur de la Société des machines magnéto-électriques Gramme, dont le siège est à Paris, rue Drouot, n° 15 ;

M. Paul LEMONNIER, administrateur de la Société en commandite Sautter-Lemonnier et C^{ie}, dont le siège est à Paris, avenue de Suffren, n° 26 ;

M. Pol FABRY, administrateur de la Société l'Éclairage Électrique, dont le siège est à Paris, rue Lecourbe, n° 250 ;

M. Louis RAU, président du Conseil d'administration de la Compagnie Continentale Edison, dont le siège est à Paris, rue Caumartin, n° 8 ;

A ÉTÉ CONVENU CE QUI SUIT :

ARTICLE PREMIER.

Les soussignés ès noms et qualités qu'ils agissent, ont, par ces présentes, formé entre eux une Société en participation, dans le but et aux conditions qui suivent.

ARTICLE 2.

Cette Société a pour objet unique l'organisation et le fonctionnement d'une Exposition d'éclairage public et privé par l'électricité, de tout ou partie de l'Exposition universelle de 1889. Elle prendra fin lors de la liquidation de cette opération unique.

But.

ARTICLE 3.

Seront admis à la même participation et aux mêmes conditions que celles qui existent ou existeront pour les soussignés, tous les exposants d'éclairage électrique sans distinction de nationalité, qui voudront concourir à l'entreprise dont il s'agit, et adhéreront aux présents statuts.

Participants.

ARTICLE 4.

L'éclairage public et privé de l'Exposition sera organisé par les soins de la Société sous la haute surveillance des Directions générales des travaux et de l'exploitation, en vue des meilleurs résultats d'ensemble à obtenir, et à l'exclusion, pour chaque système, de toute considération d'intérêt privé.

Organisation.

ARTICLE 5.

Le fonds social est fixé à la somme de 300 000 francs, représenté par 300 parts de 1 000 francs chacune.

Fonds socia..

ARTICLE 6.

Les versements s'effectueront de la manière suivante :

Versements.

1/4 en souscrivant;

1/4 le 1^{er} juillet 1888;

1/4 le 1^{er} janvier 1889;

1/4 le 1^{er} mars 1889.

En cas de retard dans l'un des paiements, après une lettre de rappel et sans qu'une mise en demeure soit nécessaire, les souscripteurs seront déchus de leurs droits et les sommes versées seront acquises à la Société.

ARTICLE 7.

Ne seront admis à souscrire que les industriels s'occupant d'installations d'éclairage électrique.

Admissions.

En cas de désaccord entre l'administration du Syndicat et un exposant désirant entrer dans la participation, la question sera soumise à M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie, dont la décision sera souveraine.

ARTICLE 8.

Délai de souscription. Les souscriptions seront reçues jusqu'au 1^{er} septembre 1888; passé ce délai, aucun participant ne sera admis dans le Syndicat.

ARTICLE 9.

Engagements pris par les souscripteurs. Chaque souscripteur s'engage à installer et à entretenir en excellent état, pendant toute la durée de l'Exposition, tout le matériel électrique : dynamos, câbles, foyers et accessoires, nécessaires à l'utilisation d'une force motrice de 10 chevaux; et cela, pour chacune des parts qui lui sera attribuée. La force motrice lui sera fournie par l'Administration du Syndicat.

Il s'engage également à surveiller son matériel et à remplacer les charbons, les bougies, les lampes; en un mot, à faire l'exploitation régulière et normale de tous les appareils fournis par lui.

ARTICLE 10.

Administration. La Société sera administrée par un Conseil ainsi composé :
Hippolyte Fontaine, administrateur de la Société Gramme et de la Compagnie Électrique, Président.
Paul Lemonnier, de la Maison Sautter, Lemonnier et C^{ie}.
Louis Rau, président du Conseil d'administration de la Compagnie Continentale Edison.
Pol Fabry, directeur de la Société l'Éclairage Électrique.
En cas de décès ou de démission d'un administrateur, il sera pourvu à son remplacement par les soins de la Compagnie que cet administrateur représentait.
Toutefois, le candidat devra être agréé par M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie, pour que sa nomination soit définitive.

ARTICLE 11.

Rôle du Conseil. Le Conseil d'administration ne reçoit ni jetons de présence, ni aucune autre rémunération, pour l'accomplissement de ses fonctions. Il agit au nom de tous les industriels qui s'occupent d'éclairage électrique.

dans le but patriotique de concourir au succès de l'Exposition universelle de 1889.

Son principal rôle est d'organiser l'éclairage électrique sur des bases sérieuses, de maintenir le bon accord entre les participants et de suppléer aux défections qui pourront se présenter parmi les souscripteurs au dernier moment.

Il prend, vis-à-vis de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie, la responsabilité de l'œuvre à laquelle il convie l'ensemble des électriciens spécialistes de toutes les contrées qui seront représentées à l'Exposition.

Tous les membres du Syndicat seront solidairement responsables des engagements dudit Syndicat.

ARTICLE 12.

Le Conseil d'administration se réunit aussi souvent que l'intérêt du Syndicat l'exige. Décisions du Conseil.

Les décisions sont consignées dans un registre et signées par le président et le secrétaire.

ARTICLE 13.

Le Conseil a les pouvoirs les plus étendus pour agir au nom de la Société et faire toutes les opérations relatives à son objet. Pouvoirs du Conseil.

Il traite avec le Ministre du Commerce et de l'Industrie, avec les fournisseurs de la force motrice, et avec tous les concessionnaires ayant besoin de l'éclairage électrique.

Il touche et reçoit toutes les sommes, donne et reçoit bonnes et valables quittances, autorise toutes instances judiciaires, en demandant ou en défendant; signe tous billets, endos, traites et effets de commerce, nomme et révoque tous employés, enfin il statue sur tous les intérêts qui rentrent dans l'administration de la Société.

La Société est engagée par la signature de deux administrateurs ou par celle de son président et du directeur.

Les pouvoirs qui viennent d'être conférés au Conseil d'administration sont énonciatifs et non limitatifs; les participants entendent que ces pouvoirs soient aussi étendus que ceux du gérant le plus autorisé d'une Société commerciale en nom collectif.

ARTICLE 14.

Le Conseil peut déléguer ses pouvoirs pour un objet déterminé, à telle personne que bon lui semble, par mandat spécial. Délégation des pouvoirs.

ARTICLE 15.

Assemblée générale.

Une assemblée générale, à laquelle tous les souscripteurs sont priés d'assister ou de se faire représenter, sera convoquée par le Conseil et tenue à Paris dans le courant du mois de septembre 1888.

Cette assemblée générale sera régulièrement constituée si elle comprend au moins le quart des souscripteurs.

Faute de ce quantum, une nouvelle convocation sera faite pour le courant du mois suivant et pourra délibérer valablement, quel que soit le nombre des souscripteurs présents.

ARTICLE 16.

Présidence
de l'Assemblée.

L'assemblée générale sera présidée par le président du Conseil d'administration, ou, en son absence, par un membre du Conseil délégué à cet effet.

ARTICLE 17.

Ordre du Jour
de
l'Assemblée.

L'Assemblée générale délibérera sur un ordre du jour préparé par le Conseil, lequel ordre du jour comprendra les points suivants :

- 1° Règlement pour l'installation et la pose des conducteurs;
- 2° Répartition des parts entre les souscripteurs;
- 3° Répartition des espaces à éclairer;
- 4° Mesures d'intérêt général concernant l'éclairage public et privé.

Les décisions de l'Assemblée générale seront prises à la majorité des voix des membres présents.

Ces décisions ne deviendront exécutoires pour tous les participants qu'après l'approbation de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie.

ARTICLE 18.

Liquidation.
§ 1^{er}. Recettes.

Les recettes de la Société résulteront :

- 1° Des paiements effectués par divers concessionnaires pour leur éclairage;
- 2° De la partie des entrées du soir, qui sera conservée à la Société;
- 3° Du supplément d'abonnement imposé aux titulaires de cartes d'entrée, s'il en est délivré, qui donnent accès aux séances du soir;
- 4° Des paiements effectués par les électriciens ou autres exposants qui demanderont un supplément d'éclairage dans l'Exposition;
- 5° Et enfin de tous les produits que pourra donner l'exploitation de la concession faite à la Société par le Ministre du Commerce et de l'Industrie.

ARTICLE 19.

Dans le cas où le total des recettes serait inférieur au total des dépenses, la différence en sera fournie par les associés, en proportion des parts qu'ils posséderont.

§ II. Partage.

Dans le cas contraire, les bénéfices de l'exploitation, déduction faite des dépenses de toutes sortes, seront partagés entre les associés en proportion du nombre de leurs parts.

La répartition se fera en partie aussitôt après la clôture de l'Exposition et en partie après l'établissement définitif du compte de liquidation.

ARTICLE 20.

Les présents statuts seront soumis à l'approbation de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie.

Approbation
ministérielle.

Ils pourront être modifiés par décision du Conseil d'administration ou de l'Assemblée générale, sauf en ce qui concerne les articles 3 et 7, visés dans le traité. Ces modifications seront également soumises à l'approbation de M. le Ministre.

Fait quadruple à Paris, le 15 février 1888.

Signé : H. FONTAINE, P. LEMONNIER,
L. RAU, P. FABRY.

Nota. — L'article 18 a été modifié par décision du Conseil d'administration en date du 17 mars 1889, à la suite des nouvelles conventions arrêtées avec l'État.

Voici sa rédaction définitive :

ARTICLE 18.

Les recettes de la Société résulteront :

1° Des paiements effectués par divers concessionnaires pour leur éclairage ;

2° D'une somme de 1 800 000 francs à verser par l'État ;

3° Des paiements effectués par les électriciens ou autres exposants qui demanderont un supplément d'éclairage dans l'Exposition ;

4° Et enfin de tous les produits que pourra donner l'exploitation de la concession faite à la Société par le Ministre du Commerce et de l'Industrie.

LETTRE ADRESSÉE AUX ÉLECTRICIENS PAR LES FONDATEURS
DU SYNDICAT

MONSIEUR,

Nous avons l'honneur de vous adresser :

1° Les statuts de la Société que nous avons fondée en vue de l'éclairage de l'Exposition universelle de 1889, sur la demande de l'Administration supérieure;

2° Le traité passé par ladite Société avec M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie, commissaire général de l'Exposition;

3° Le cahier des charges annexé à ce traité.

Les statuts ont été établis de façon à faciliter l'entrée dans la Société de tous les électriciens s'occupant d'éclairage, sans distinction de nationalité, si faible que soit d'ailleurs l'importance du concours qu'ils voudront apporter à l'œuvre commune.

Nous espérons, Monsieur, que vous voudrez bien accepter, dans la même mesure que les promoteurs du Syndicat, les avantages et les charges de l'entreprise, et nous renvoyer le bulletin de souscription, ci-annexé, régulièrement rempli et signé.

Vous contribuerez ainsi à assurer le succès des séances du soir de l'Exposition, et à faire ressortir, dans un cadre digne de notre industrie, les qualités exceptionnelles de l'éclairage électrique.

Veuillez agréer, Monsieur, l'assurance de nos sentiments dévoués.

Signé : H. FONTAINE, de la Société Gramme;
P. LEMONNIER, de la maison Sautter-Lemonnier et C^{ie}; L. RAU, de la Compagnie Continentale Edison; P. FABRY, de la Société l'Éclairage Électrique.

DEVIS POUR L'ÉCLAIRAGE PUBLIC

	QUANTITÉS.	PRIX DE L'UNITÉ.	SOMMES.
Installation.			
Bâtiments pour 6 usines de 400 mètres carrés chacune.	2 400 ^m	25 »	60 000
Cheminées et caniveaux horizontaux, moins reprise des matériaux	6	2 500 »	15 000
Fondations de 30 générateurs à vapeur de 100 chevaux, en moyenne	30	1 500 »	45 000
Fondations de 30 machines à vapeur de 100 chevaux, en moyenne	30	2 500 »	75 000
Générateurs à vapeur d'une puissance totale de 3 000 chevaux, pose, location, dépose, à 50 francs par cheval.	3 000	50 »	150 000
Machines à vapeur, systèmes perfectionnés; pose, location, dépose, à 70 francs par cheval	3 000	70 »	210 000
Tuyauterie générale pour les 6 usines	6	8 000 »	48 000
110 dynamos d'une puissance totale de 3 000 chevaux; pose, dépose et remise à neuf (1/3 de la valeur) . . .	3 000	60 »	180 000
100 courroies de 15 mètres en moyenne et de 0 ^m ,28 de largeur	1 500 ^m	20 »	30 000
Câbles souterrains et aériens; pose, location et dépose (20 kil. à 500 fr. le kil.; 80 kil. à 1 200 fr. le kil.) . .			208 000
1 000 régulateurs à arc voltaïque; pose, dépose et remise à neuf, à 80 francs l'un (1/3 de la valeur).	1 000	80 »	80 000
20 000 lampes à incandescence avec montures et fils auxiliaires, à 15 francs l'une, mise en place.	20 000	15 »	300 000
TOTAL des frais de pose, de dépose, de location et de remise en état			1 401 000 fr.
Exploitation.			
Vapeur et eau à 0 fr. 15 le cheval-heure; marche prévue 600 heures.	1 800 000 ^h	0,15	270 000
Entretien des régulateurs à 0 fr. 45 l'heure	720 000 ^h	0,15	108 000
6 000 lampes à incandescence à 4 fr. l'une.	6 000	4 »	24 000
Frais généraux, environ			100 000
Imprévu, expériences préalables.			97 000
TOTAL des frais d'exploitation			599 000 fr.
			2 000 000

RÉSOLUTIONS PRISES PAR L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE

DU 22 SEPTEMBRE 1888

ET APPROUVÉES PAR DÉCISION MINISTÉRIELLE DU 5 OCTOBRE 1888

§ 1. — Mesures d'intérêt général concernant l'éclairage public et privé

ARTICLE PREMIER.

L'Exposition collective, que le Syndicat est autorisé à installer dans les palais et jardins de l'Exposition universelle de 1889, doit être très soignée et surtout très homogène dans ses diverses parties. Elle doit mettre bien en relief les multiples qualités de la lumière électrique et faire honneur à l'industrie que nous représentons.

En conséquence, tous les adhérents devront éclairer les espaces qui leur sont attribués, en suivant rigoureusement les indications du plan et du tableau de répartition, ainsi que les instructions remises à chacun d'eux par l'Ingénieur en chef du Syndicat.

La nature et la forme des brûleurs, leur installation, leur manipulation, leur alimentation et leur entretien devront être combinés en vue du meilleur résultat d'ensemble à obtenir, sans préoccupation d'intérêt personnel.

ARTICLE 2.

Les adhérents se conformeront aux statuts de la Société, approuvés par M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie; à toutes les prescriptions de l'Administration supérieure; aux conditions auxquelles a été consentie l'autorisation d'exposer collectivement; au cahier des charges annexé aux conventions officielles; au règlement relatif à l'éclairage privé et à toutes les décisions prises par l'Assemblée générale.

ARTICLE 3.

Chaque adhérent désignera un agent chargé d'assurer le succès de sa participation à l'éclairage public et privé de l'Exposition. Cet agent, dont le nom devra être communiqué au Conseil d'administration avant le 15 octobre 1888, recevra les instructions de l'ingénieur en chef pour l'installation et le fonctionnement de tous les appareils exposés en commun.

La réunion des agents formera une commission consultative, qui se réunira au siège social sous la présidence de l'ingénieur en chef, pour résoudre les questions techniques d'intérêt général qui pourront se présenter pendant la durée de la Société. Les convocations seront faites par les soins de la direction du Syndicat.

ARTICLE 4.

Aucune installation ne sera mise en service avant d'avoir été contrôlée et reçue par les ingénieurs du Syndicat et ceux de l'Exposition.

ARTICLE 5.

L'allumage et l'extinction des foyers lumineux se feront suivant un horaire établi ultérieurement par le Conseil d'administration et soumis à l'approbation des directeurs généraux des Travaux et de l'Exploitation.

ARTICLE 6.

Tous travaux d'installation, d'entretien, de nettoyage et d'approvisionnement, devront être exécutés aux heures fixées par le service mécanique et électrique de l'Exposition. Le tableau de ces heures sera porté à la connaissance des intéressés avant le 1^{er} novembre 1888.

ARTICLE 7.

Les cartes d'entrée et de circulation pour tous employés et ouvriers, seront demandées par l'administration du Syndicat, d'après les listes qui lui seront communiquées par les adhérents.

Ces cartes seront rigoureusement personnelles. Elles ne devront donner lieu à aucun abus quelconque. Leur nombre devra être aussi restreint que possible et strictement proportionné aux besoins du service.

ARTICLE 8.

L'éclairage privé sera fait par les adhérents sous le contrôle et la responsabilité de la Société vis-à-vis des tiers. Tout le service de cet éclairage sera centralisé auprès du directeur du Syndicat, qui traitera directement avec les exposants et les permissionnaires installés au Champ-de-Mars.

ARTICLE 9.

Un règlement, approuvé par l'Assemblée générale, fixera toutes les conditions d'exploitation de l'éclairage privé et de la vente des courants électriques.

ARTICLE 10.

Les difficultés qui pourront naître entre les adhérents et l'Administration seront soumises à M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie, qui statuera en dernier ressort, sans appel de part ni d'autre.

§ 2. — Règlement pour l'installation et la pose
des conducteurs

ARTICLE PREMIER.

Les adhérents devront se conformer à toutes les prescriptions du cahier des charges annexé à l'autorisation ministérielle du 15 février 1888, et notamment aux articles 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8, relatifs à l'installation des circuits électriques.

Ces prescriptions seront observées aussi bien pour l'éclairage public que pour l'éclairage privé et la fourniture de courant aux exposants et aux permissionnaires installés au Champ-de-Mars.

ARTICLE 2.

Chaque adhérent devra remettre, avant le 1^{er} novembre 1888, à l'ingénieur en chef du Syndicat, un plan complet de sa canalisation et de tous les conducteurs électriques qu'il compte employer.

Sur l'avis de la Commission technique instituée, en conformité de l'article 3 du règlement d'intérêt général, il pourra être apporté à ce plan toute modification reconnue utile aux besoins du service et à la meilleure utilisation des ressources de la Société.

L'administration du Syndicat pourra demander l'installation de commutateurs placés de façon à permettre d'isoler les brûleurs ou groupes de brûleurs qu'elle désignera. Elle pourra également faire prendre par l'exposant des dispositions permettant d'intercaler en des points convenables des circuits, des appareils de contrôle et de protection.

§ 3. — Règlement relatif à l'Éclairage privé et à la fourniture de courants

ARTICLE PREMIER.

Tous les exposants ou les permissionnaires installés au Champ-de-Mars pourront être éclairés à l'électricité ou recevoir des courants électriques, s'ils consentent à se conformer au tarif suivant, approuvé par décision ministérielle du 6 septembre 1888.

ÉCLAIRAGE, POSE ET ENTRETIEN DES FOYERS LUMINEUX PENDANT LA DURÉE DE L'EXPOSITION

Lampes à incandescence de.	16 bougies.	60 fr. l'une
— — — — —	10 —	45 —
Lampes à arc voltaïque de.	500 —	500 —
Lampes à arc voltaïque de.	1 000 —	750 —

FORCE MOTRICE

Jusqu'à 500 chevaux-heure (fourniture du courant) .	0 fr. 50 le cheval-heure
Au delà de 500 chevaux-heure (fourniture du courant).	0 fr. 40 —

Les prix ci-dessus, pour l'éclairage, comprennent la pose des conducteurs jusqu'aux lampes, la fourniture, et, s'il y a lieu, le remplacement des lampes à incandescence; la location des lampes à arc, leur entretien et le remplacement des charbons.

L'appareillage (lustres, candélabres, appliques, suspensions de toute nature) est, dans tous les cas, à la charge de l'abonné.

Les prix sont établis pour une durée totale d'éclairage de 900 heures, au maximum. Ils seront dus, lors même que les lampes ne seraient pas utilisées pendant la totalité de ce temps.

Le paiement sera effectué, moitié lors de la mise en marche des appareils, moitié trois mois après.

Au delà de 900 heures, et pour chaque heure en plus, il sera perçu :

Pour une lampe à incandescence de.	16 bougies.	0 fr. 04
— — — — —	10 —	0 fr. 03
Pour une lampe à arc voltaïque de.	500 —	0 fr. 75
— — — — —	1 000 —	1 fr. 00

ARTICLE 2.

Les demandes de fourniture de lumière ou de courant à faire, à titre privé, aux exposants et aux permissionnaires installés au Champ-de-Mars, devront être adressées directement à l'administration du Syndicat. Celle-ci utilisera d'abord, pour l'éclairage privé, dans la mesure qui lui semblera compatible avec les besoins largement assurés du service public, les réserves qu'elle aura faites sur le matériel résultant des souscriptions aux parts du Syndicat.

ARTICLE 3.

En cas d'insuffisance de ces réserves, le Syndicat concédera la fourniture du surplus de l'éclairage privé aux adhérents qui voudront s'en charger, et qui devront installer et exploiter, à leurs frais, risques et périls, le matériel électrique et mécanique nécessaire pour y pourvoir.

ARTICLE 4.

Ceux des adhérents qui désirent participer à l'éclairage privé devront en aviser l'administration du Syndicat avant le 1^{er} novembre 1888.

Ils indiqueront, en même temps le nombre et la nature des brûleurs qu'ils peuvent consacrer à ce service.

ARTICLE 5.

Les concessionnaires de l'éclairage privé devront se conformer, pour l'allumage et l'extinction des lampes de leur réseau, aux indications qu'ils recevront de la direction du Syndicat.

S'il se produit des extinctions de lampes sur leur réseau, ils en supporteront les conséquences.

ARTICLE 6.

Les concessionnaires céderont au Syndicat, en rémunération de l'abandon qu'il leur consent d'une partie de son privilège pour l'éclairage électrique privé, 10 p. 100 des recettes à provenir de leur concession. C'est-à-dire que le Syndicat, chargé d'encaisser directement toute somme due pour l'éclairage électrique et la fourniture du courant, paiera ses concessionnaires à raison des 9/10 des prix du tarif.

ARTICLE 7.

Les prix du tarif étant établis pour une durée maximum de 900 heures et comportant une taxe spéciale pour les heures supplémentaires, il sera tenu, par les soins de la direction du Syndicat, un registre qui fera connaître la durée effective du fonctionnement de chaque lampe employée à l'éclairage privé.

Ce registre sera présenté chaque semaine à tous les abonnés qui y inscriront les heures où ils désirent avoir de la lumière pendant la semaine suivante. L'extinction des lampes privées devra avoir lieu au plus tard à 11 heures et demie du soir.

Les demandes signées chaque semaine par les abonnés feront foi pour le calcul des heures d'éclairage.

ARTICLE 8.

En cas d'extinction de quelques lampes, les abonnés devront en aviser immédiatement l'agent du Syndicat de service au Champ-de-Mars.

Toute réclamation pouvant donner lieu à un décompte sur les sommes dues par un abonné, devra être adressée à l'administration du Syndicat dans les 24 heures.

ARTICLE 9.

Le concessionnaire agissant pour le compte du Syndicat ne peut, en aucun cas, avoir de contestation avec les abonnés. S'il se produit un désaccord entre ceux-ci et l'administration du Syndicat, la question sera portée devant le directeur général de l'Exploitation, qui statuera en dernier ressort.

Nota. — Les éclairages privés ont été réalisés par les soins du Syndicat qui les a répartis d'abord entre les stations et les postes d'électricité dont le service public n'absorbait pas la puissance totale correspondant à la souscription. Ensuite, ces éclairages ont été confiés aux adhérents qui remplissaient entièrement leur engagement vis-à-vis du Syndicat, et qui avaient encore de la force motrice disponible.

§ 4. — Répartition des emplacements à éclairer

EMPLACEMENTS.	NOMBRE DE FOYERS.		INTENSITÉ LUMINEUSE totale en carcel.	ADHÉRENTS AU SYNDICAT CHARGÉS DE L'ÉCLAIRAGE.
	Arc régulateurs.	Incandescence lampes.		
Cour de la force motrice.	40	»	4 000	Maison Ducommun.
Cour et porte Labour- donnais.	20	»	2 000	—
Cour Suffren	5	»	500	—
				Société Gramme. 34 régulateurs.
				Sautter-Lemonnier et C ^{ie} . 20 —
				Maison Ducommun 92 —
				Borssat 10 —
				Fabius Henrion. 12 —
				Société française de maté- riel agricole. 12 —
				Popp. 5 —
				Elwell fils. 10 —
				Crompton. 40 —
				Jaspar 17 —
				Société belge. 11 —
				Alioth et C ^{ie} 18 —
				Ateliers d'Öerlikon. . . . 15 —
				Société Jarriant 360 lampes.
				Crompton. 160 —
				Garnot 10 —
				Woodhouse et Rawson. . . 200 —
				Borssat.
Palais des Machines. .	296	730	76 220	Forges et chantiers de la Méditerranée.
Annexe de la classe 61.	30	»	3 000	Société Cance.
Vestibule du palais des Machines	10	320	1 320	—
Galerie de 30 mètres. .	40	»	4 000	Société Gramme.
Dôme (façade du). . .	10	»	1 000	Syndicat Clerc (Mildé).
Dôme.	»	80	4 800	
Pavillons adossés . . .	16	»	1 600	Société pour la transmission de la force par l'électricité.
Pavillons de raccorde- ment.	10	»	1 000	
Pourtour des pavillons de la Ville.	28	»	2 800	Société pour la transmission de la force par l'électricité.
Jardin supérieur. . . .	24	»	2 400	Société pour la transmission de la force par l'électricité.
Galeries des Restau- rants.	48	»	4 800	Société pour la transmission de la force par l'électricité.
Galerie Desaix.	46	»	4 600	Société pour la transmission de la force par l'électricité.
<i>A reporter.</i>	623	1 430	114 040	

EMPLACEMENTS.	NOMBRE DE FOYERS.		INTENSITÉ LUMINEUSE totale en carrels.	ADHÉRENTS AU SYNDICAT CHARGÉS DE L'ÉCLAIRAGE.
	Are régulateurs.	Incandescence lampes.		
<i>Reports.</i> . .	623	1 130	114 040	
Kiosques d'orchestres .	»	200	200	Société pour le travail électrique des métaux.
Pelouses du jardin supérieur.	»	1 000	500	Société pour le travail électrique des métaux.
Fontaine Formigé. . .	40	200	8 100	Crompton, Sociétés Rothschild.
Fontaine féerique. . .	24	»	»	Société Gramme.
Bâtiments de l'Administration	»	400	400	Compagnie continentale Edison.
Galerie Rapp.	46	»	4 600	—
Entrée Rapp.	22	100	2 300	—
Façade extérieure des Beaux-Arts et cour Edison	30	»	3 000	—
Vélums du jardin central.	»	1 000	1 000	—
Porches des Palais et portes d'entrée. . .	»	250	250	—
Pelouses du jardin central.	»	4 000	2 000	—
Massifs et magnolias. .	»	1 000	1 000	—
Façade du palais des Beaux-Arts.	31	»	3 100	Compagnie Électrique.
Façade du palais des Arts libéraux	31	»	3 100	Société « l'Éclairage Électrique ».
Escaliers Formigé et balustrades.	54	»	5 400	—
Jardin central.	22	»	2 200	—
Jardin inférieur. . . .	60	»	2 400	—
Quai et tranchée du chemin de fer.	24	»	960	—
Exposition Garnier. . .	30	»	1 200	—
Galerie de l'Agriculture.	30	»	3 000	—
Fontaine sous la tour Eiffel.	4	»	1 400	—
Pont d'Iéna.	10	»	400	—
Passerelle de l'Alma. .	16	»	1 600	—
Réserve.	83	720	6 020	Divers adhérents.
TOTAUX. . .	1 150	10 000	168 170	

Paris, 20 septembre 1888.

VU ET APPROUVÉ : Paris le 5 octobre 1888.

Le Président du Syndicat,

Le Ministre du Commerce et de l'Industrie,
Commissaire général,

Signé : FONTAINE.

Signé : PIERRE LEGRAND.

DEUXIÈME CONTRAT POUR L'ÉCLAIRAGE PUBLIC

ENTRE LES SOUSSIGNÉS :

M. LE PRÉSIDENT DU CONSEIL, MINISTRE DU COMMERCE, DE L'INDUSTRIE ET DES COLONIES, commissaire général de l'Exposition de 1889, agissant en ladite qualité de commissaire général,

D'une part;

Et MM. HIPPOLYTE FONTAINE, administrateur de la Société des Machines magnéto-électriques Gramme, dont le siège social est à Paris, rue Drouot, 15;

PAUL LEMONNIER, administrateur de la Société en commandite Sautter, Lemonnier et C^{ie}, dont le siège social est à Paris, avenue de Suffren, 26;

POL FABRY, administrateur délégué de la Société « l'Éclairage électrique », dont le siège est à Paris, rue Lecourbe, 250;

LOUIS RAU, administrateur délégué de la « Compagnie Continentale Edison », dont le siège est à Paris, rue Caumartin, 8,

Agissant tant au nom des sociétés qu'ils représentent que comme fondateurs du Syndicat international des électriciens, dont les statuts ont été approuvés par décision ministérielle en date du 15 février 1888,

D'autre part;

A ÉTÉ DIT ET CONVENU CE QUI SUIT :

Un contrat est intervenu le 15 février 1888 entre les parties pour l'éclairage électrique de l'Exposition. En raison des engagements pris par le Syndicat des électriciens, l'Administration lui abandonnait une partie des entrées du soir. Postérieurement à ce contrat, la loi du 4 avril 1889, ayant autorisé l'émission de 1 200 000 bons de 25 francs, munis chacun de 25 tickets d'entrée, M. Hippolyte Fontaine, au nom du Syndicat des électriciens, a consenti à modifier le premier contrat sur la base d'une somme unique de 1 800 000 francs destinée à remplacer la part qui lui était attribuée sur les entrées du soir.

En conséquence, le contrat du 15 février a été modifié de la façon suivante :

ARTICLE PREMIER.

MM. Hippolyte Fontaine, Paul Lemonnier, Pol Fabry, Louis Rau, ès noms, autorisés à installer une exposition collective d'éclairage électrique dans les palais et jardins de l'Exposition, s'engagent solidairement :

1° A exécuter à leurs risques et périls tous les travaux de construction, de pose, de fonctionnement et d'entretien des machines, appareils, régulateurs, câbles, etc., et tous les frais quelconques exigés par ledit éclairage qui s'étendra au palais des Machines (grande nef et bas côtés), à la cour de la force motrice et aux deux cours en retour, jusqu'à la hauteur du jardin de 30 mètres sur le côté Suffren, et jusqu'à l'extrémité Nord du palais des Beaux-Arts sur l'avenue de Labourdonnais, à la galerie de 30 mètres et au dôme central, aux terrasses des galeries des expositions diverses, aux galeries Rapp et Desaix, aux terrasses des palais des Beaux-Arts et des Arts libéraux sur le jardin, aux jardins bas du Champ-de-mars, au quai d'Orsay, devant le parc du Champ-de-Mars au pont d'Iéna, au bâtiment de l'Exploitation, à la voie passant devant le palais des Produits alimentaires et allant du Champ-de-Mars au pont de l'Alma, à la passerelle de l'Alma, enfin aux fontaines et bassins éclairés sous l'eau, suivant, en un mot, les indications portées à l'état et au plan ci-annexés.

L'ensemble de l'éclairage prévu comprendra une surface de 300 000 mètres carrés et une intensité totale d'environ 150 000 becs Carcel obtenue par une puissance motrice de 3 000 chevaux-vapeur environ.

2° A fournir, sous leur responsabilité, l'électricité nécessaire à l'éclairage des exposants ou exploitants qui demanderont à être éclairés à l'électricité, et à faire dans ce but tous les travaux d'installation et d'entretien.

Les dépenses comprises dans cette deuxième catégorie seront soldées par abonnements par les exposants et les exploitants, conformément à un tarif soumis à l'approbation de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie.

L'emploi de l'électricité n'est pas obligatoire, et les exposants ou exploitants auront le droit de faire usage de tout autre mode d'éclairage, mais le Syndicat fera seul les fournitures et travaux relatifs à l'emploi de l'électricité.

ARTICLE 2.

Le Syndicat recevra pour paiement de l'éclairage public une somme de 1 800 000 francs, payable mois par mois, en six versements de 300 000 francs : le premier paiement sera effectué le 6 juin, le sixième le 6 novembre.

ARTICLE 3.

Les plans et devis des travaux de construction et d'installation et les

modèles des appareils employés seront soumis, avant exécution, à l'examen du Directeur général des travaux ou du Directeur général de l'exploitation, qui pourront demander toutes modifications utiles à leurs services.

Dans le cas où l'Administration exigerait que des lanternes ou autres objets d'appareillage d'un modèle déterminé fussent placés autour des palais des Beaux-Arts et des Arts libéraux et des galeries des expositions diverses, la dépense résultant de cette installation serait à la charge de l'Administration.

Aucune installation publique ou privée ne pourra être mise en service avant d'avoir été contrôlée et reçue, soit par la Direction générale des travaux, soit par la Direction générale de l'exploitation, suivant le cas.

ARTICLE 4.

En cas de fonctionnement incomplet de l'éclairage tel qu'il est défini aux articles ci-dessus, l'Administration se réserve le droit d'imposer des amendes au Syndicat chaque fois que le nombre des lampes à incandescence ne fonctionnant pas dépassera le dixième de celles prévues au tableau ci-annexé, ou que le nombre des régulateurs ne fonctionnant pas dépassera le dixième du nombre total des régulateurs également prévus au tableau ci-annexé.

L'amende sera de 3 francs par régulateur et de 0 fr. 10 par lampe à incandescence; elle s'appliquera à la totalité des appareils ne fonctionnant pas.

Le compte de ces amendes sera arrêté le 1^{er} de chaque mois, et la retenue en sera faite sur le paiement de 300 000 francs à effectuer par l'Administration.

ARTICLE 5.

MM. Hippolyte Fontaine, Paul Lemonnier, Pol Fabry, Louis Rau, ès qualités, seront soumis à toutes les conditions du cahier des clauses et conditions générales imposées aux entrepreneurs de l'Exposition, approuvé le 26 août 1886 et à celui des clauses et conditions imposées aux exposants et aux permissionnaires admis à construire dans l'enceinte de l'Exposition. Ils devront se conformer strictement aux règlements de police établis par l'Administration.

ARTICLE 6.

Les droits de timbre et d'enregistrement et autres auxquels donnera lieu la présente convention seront à la charge de MM. Hippolyte Fontaine, Paul Lemonnier, Pol Fabry, Louis Rau, ès qualités.

Paris, le 1^{er} juin 1889.

Signé : TIRARD, FONTAINE, LEMONNIER,
RAU ET FABRY.

POLICE D'ABONNEMENT

Conditions de l'abonnement

A LA FOURNITURE DE L'ÉLECTRICITÉ AUX EXPOSANTS ET PERMISSIONNAIRES
ADMIS A CONSTRUIRE DANS LES PARCS ET GALERIES DU CHAMP-DE-MARS

POLICE N° 

ARTICLE PREMIER.

Le Syndicat fournira de la lumière ou du courant électrique à tous les exposants et permissionnaires installés dans l'enceinte du Champ-de-Mars qui contracteront un abonnement, pour la durée de l'Exposition, aux conditions de la présente police et du tarif suivant approuvé par arrêté ministériel en date du 6 septembre 1888.

TARIF

ÉCLAIRAGE, POSE ET ENTRETIEN DES FOYERS LUMINEUX PENDANT LA DURÉE
DE L'EXPOSITION

Lampes à incandescence de.	16 bougies.	60 fr. l'une.
— de.	40 —	45 —
Lampes à arc voltaïque de.	500 —	500 —
— — de.	1000 —	750 —

FORCE MOTRICE

Jusqu'à 500 chevaux-heure (fourniture du courant) .	0 fr. 50 le cheval-heure.
Au delà de 500 chevaux-heure (fourniture du courant).	0 fr. 40 —

Les prix ci-dessus, pour l'éclairage, comprennent la pose des conducteurs jusqu'aux lampes; la fourniture et, s'il y a lieu, le remplacement des lampes à incandescence; la location des lampes à arc, leur entretien et le remplacement des charbons.

L'appareillage (lustres, candélabres, appliques, suspensions de toute nature) est, dans tous les cas, à la charge de l'abonné.

Les prix sont établis pour une durée totale d'éclairage de 900 heures au maximum. Ils seront dus lors même que les lampes ne seraient pas utilisées pendant la totalité de ce temps.

Le paiement sera effectué moitié lors de la mise en marche des appareils, moitié trois mois après.

Au delà de 900 heures, et pour chaque heure en plus, il sera perçu :

Pour une lampe à incandescence de	16 bougies.	0 fr. 05
— — — — — de	10 —	0 fr. 03
Pour une lampe à arc voltaïque de	500 —	0 fr. 75
— — — — — de	1000 —	1 franc

ARTICLE 2.

Les prix du tarif étant établis pour une durée maximum de 900 heures d'éclairage, et comportant une taxe spéciale pour les heures supplémentaires, il sera tenu, par les soins de la direction du Syndicat, un registre qui fera connaître la durée effective du fonctionnement de chaque lampe employée à l'éclairage privé.

Ce registre sera présenté chaque semaine à tous les abonnés qui y inscriront les heures pendant lesquelles ils désirent avoir de la lumière durant la semaine suivante.

L'extinction des lampes privées aura lieu, au plus tard à 11 heures et demie du soir.

Les demandes signées chaque semaine par les abonnés feront foi pour le calcul des heures d'éclairage.

ARTICLE 3.

Le paiement des sommes dues pour l'allumage des lampes qui dépasseront 900 heures de marche aura lieu chaque semaine, lors de l'inscription au registre des demandes d'éclairage pour la semaine suivante.

ARTICLE 4.

Les prix du tarif pour la force motrice ne se rapportent qu'à la vente du courant et ne comportent ni la fourniture des réceptrices ni celle des conducteurs.

Il sera passé dans chaque cas un traité spécial, annexé à la présente police, pour régler toutes questions de mode de paiement et de fournitures supplémentaires, s'il y a lieu.

ARTICLE 5.

En cas d'extinction de quelques lampes, les abonnés devront en aviser immédiatement l'agent du Syndicat de service au Champ-de-Mars.

Toute réclamation pouvant donner lieu à un décompte sur les sommes dues par un abonné devra être adressée à l'administration du Syndicat dans les 24 heures.

ARTICLE 6.

Les abonnés ne pourront apporter aucune modification dans la position des conducteurs amenant le courant à leurs lampes ou à leurs machines sans le concours des agents du Syndicat. Ils devront laisser libre accès à ces agents partout où besoin sera pour la surveillance et la vérification de l'état des lignes.

ARTICLE 7.

Au cas où, pour quelque raison de force majeure, le Syndicat se trouverait obligé d'interrompre momentanément la fourniture d'électricité, il ne pourra être tenu à d'autre indemnité qu'au remboursement des sommes perçues pour des fournitures qu'il ne pourrait pas livrer.

ARTICLE 8.

Toute demande de fourniture de lumière ou de courant devra être adressée directement à l'administration du Syndicat.

Il en est de même de toute réclamation relative au service de l'éclairage privé ou à la vente du courant.

Tous recouvrements des sommes dues par les abonnés seront faits exclusivement par les soins de la direction du Syndicat.

En un mot, le Syndicat, quelques moyens d'exécution qu'il croie

devoir employer pour satisfaire au service de l'éclairage privé, aura seul, vis-à-vis des abonnés, la responsabilité et le bénéfice des engagements souscrits.

S'il se produit un désaccord entre un abonné et l'administration du Syndicat, la question sera portée devant le Directeur général de l'exploitation qui statuera en dernier ressort.

Sous les conditions ci-dessus, acceptées de part et d'autre :

M
déclare au Syndicat International des Électriciens, qui l'accepte, contracter, pour la durée de l'Exposition, un abonnement pour :

.....	<i>lampes à incandescence de</i>	<i>10 bougies</i>
.....	<i>d° d°</i>	<i>16 d°</i>
.....	<i>lampes à arc de.</i>	<i>500 d°</i>
.....	<i>d° d°</i>	<i>1.000 d°</i>
.....	<i>chevaux-heure par jour.</i>	

Le Syndicat s'engage, de son côté, à fournir chaque jour le courant électrique à M.
aux heures où il l'aura demandé et à entretenir ses lampes en bon état.

Fait double, à Paris, le *188 .*

Signature de l'Abonné,

Signature du Directeur
du Syndicat International,

COMMUNICATION DU PROFESSEUR COLLADON

A L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS (SÉANCE DU 24 OCTOBRE 1842).

J'ai souvent cherché dans mes cours à rendre visibles pour tous les élèves les différentes formes que prend une veine fluide en sortant par des orifices variés. C'est pour y parvenir que j'ai été conduit à éclairer

intérieurement une veine placée dans un espace obscur. J'ai reconnu que cette disposition est très convenable pour le but que je m'étais proposé, et que, de plus, elle offre dans ses résultats une des plus belles et des plus curieuses expériences que l'on puisse faire dans un cours d'optique.

L'appareil que j'emploie pour ces essais se compose d'un vase parallélipédique de 7 mètres de hauteur. Sur une des faces, un peu au-dessus du fond, est une ouverture où s'adaptent, à vis, différents diaphragmes, pour varier la grosseur du jet. Cette veine s'échappe du vase dans une direction horizontale : pour l'éclairer intérieurement, on perce un trou dans la partie opposée sur la même direction, et on adapte à ce trou une lentille convexe ; on ajoute en dehors du vase un tube horizontal, noirci à l'intérieur, destiné à empêcher les rayons obliques à l'axe du jet de pénétrer dans le vase. L'appareil est ensuite placé dans une chambre obscure ; un des volets de cette chambre est percé d'un trou, auquel on adapte le tube noirci, et l'on renvoie par un miroir un faisceau de lumière solaire parallèlement à l'axe du tube.

Les rayons lumineux traversent la lentille et le liquide, et vont converger dans l'ouverture par laquelle s'échappe la veine ; une fois entrés dans la veine, ils rencontrent sa surface sous un angle assez petit pour éprouver une *réflexion intérieure totale*. Le même effet se reproduit à chaque nouveau point d'incidence, en sorte que la lumière circule dans ce jet transparent comme dans un canal, et en suit toutes les inflexions.

Si l'eau est parfaitement limpide et l'ouverture du diaphragme bien nette, la veine est à peine visible, quoiqu'une lumière très intense circule dans son intérieur. Mais partout où cette veine rencontre un corps solide qui l'interrompt, la lumière qu'elle contenait s'échappe, et les points de contact deviennent lumineux. Ainsi, en recevant le jet dans un bassin posé horizontalement, le fond de ce bassin se trouve illuminé par la lumière sortie du vase à travers la veine.

Si la veine tombe d'une grande hauteur, ou si son diamètre n'est que de quelques millimètres, elle se réduit en gouttes dans sa partie inférieure.

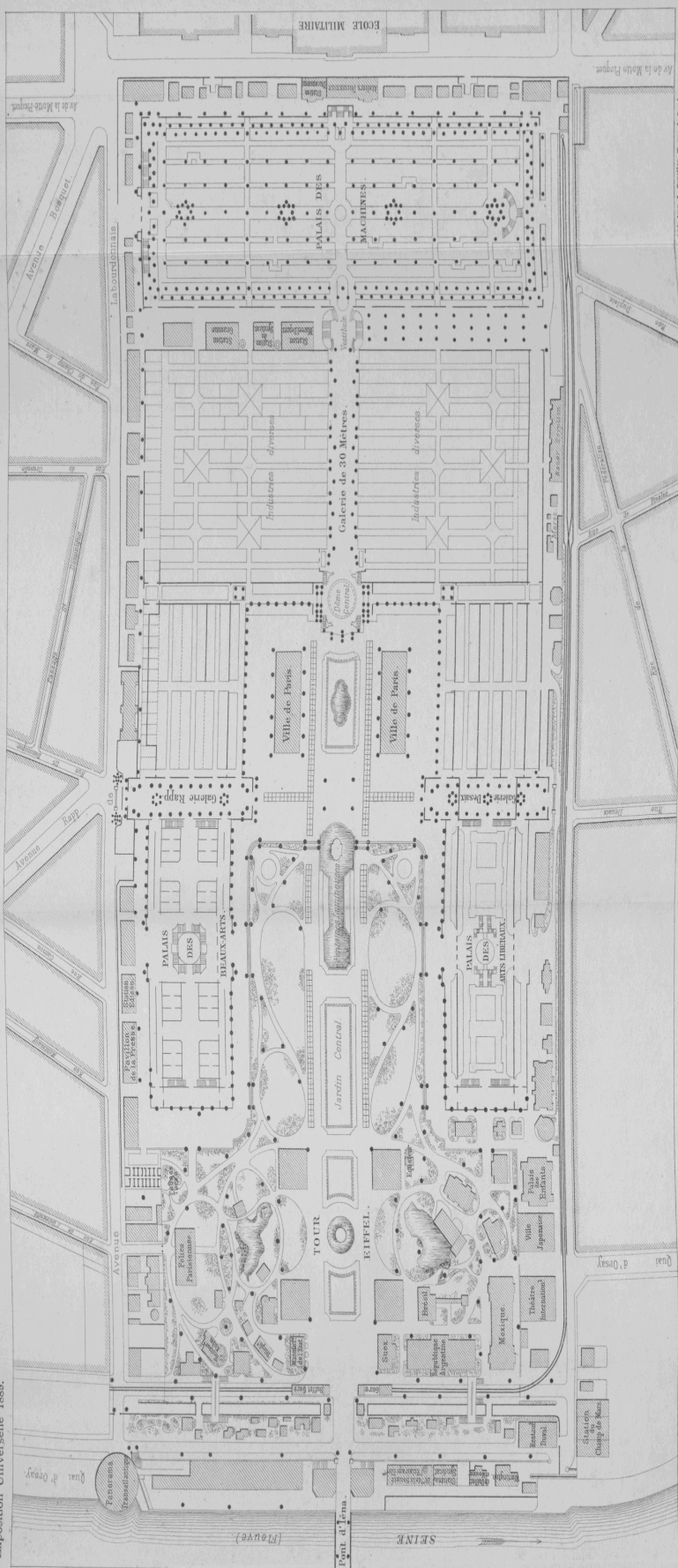
C'est là seulement que le liquide s'éclaire, et chaque point de rupture de la veine lance une vive lumière. Si une veine continue tombe sur une surface capable d'un certain nombre de vibrations, le mouvement vibratoire peut se communiquer au jet liquide qui se brise jusqu'à une grande hauteur au-dessus de la plaque vibrante.

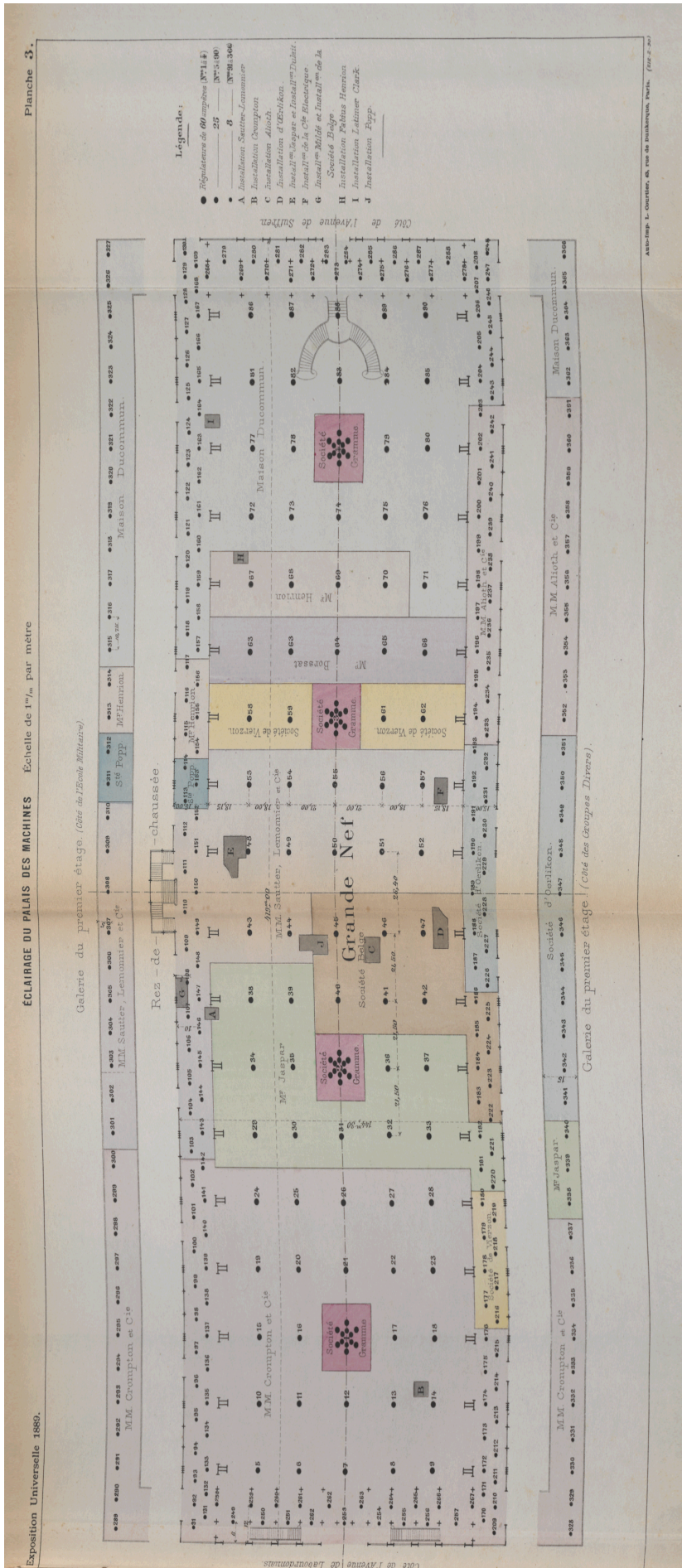
Cette expérience de Savart, ainsi que plusieurs de celles qu'il a étu-

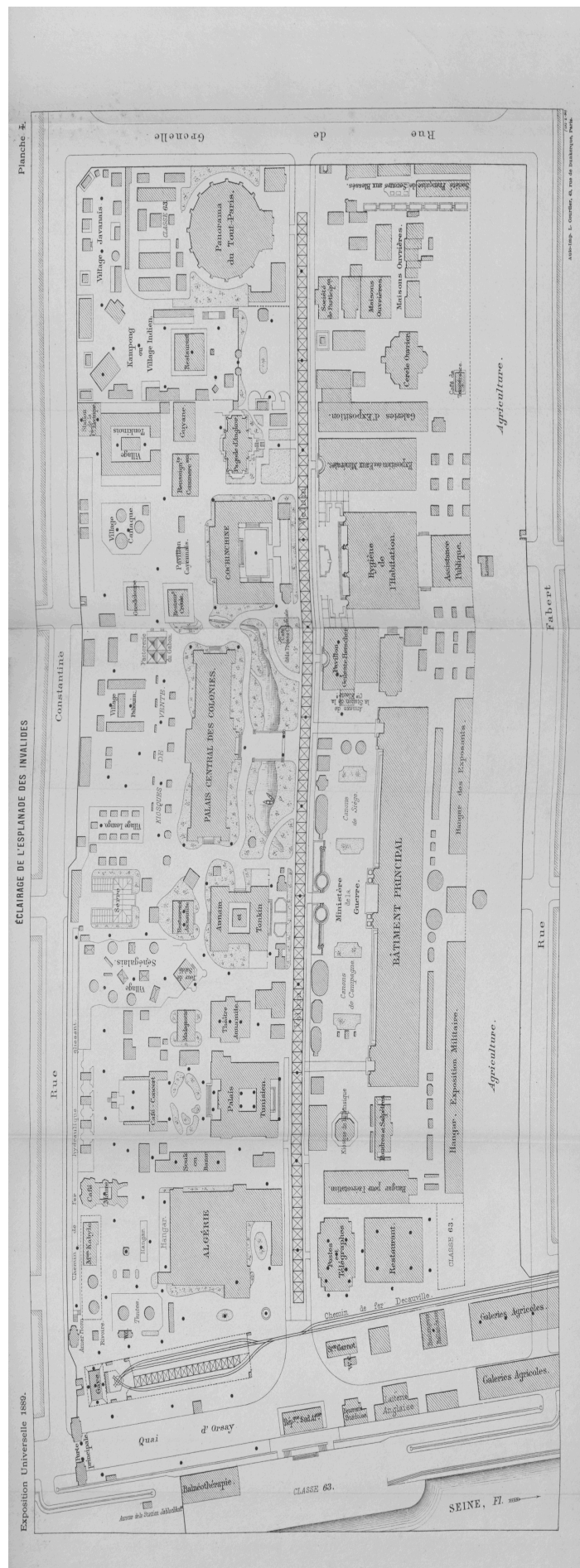
diées et décrites dans les *Annales de chimie*, peuvent se répéter et être rendues facilement observables par ce nouveau procédé. On comprend d'ailleurs qu'il serait aussi facile d'éclairer un jet ayant une direction quelconque au moyen de réflecteurs ; la seule précaution essentielle, c'est de se servir d'eau à la température de la chambre où l'on opère, pour qu'il ne se dépose pas de rosée sur la surface extérieure de la lentille.

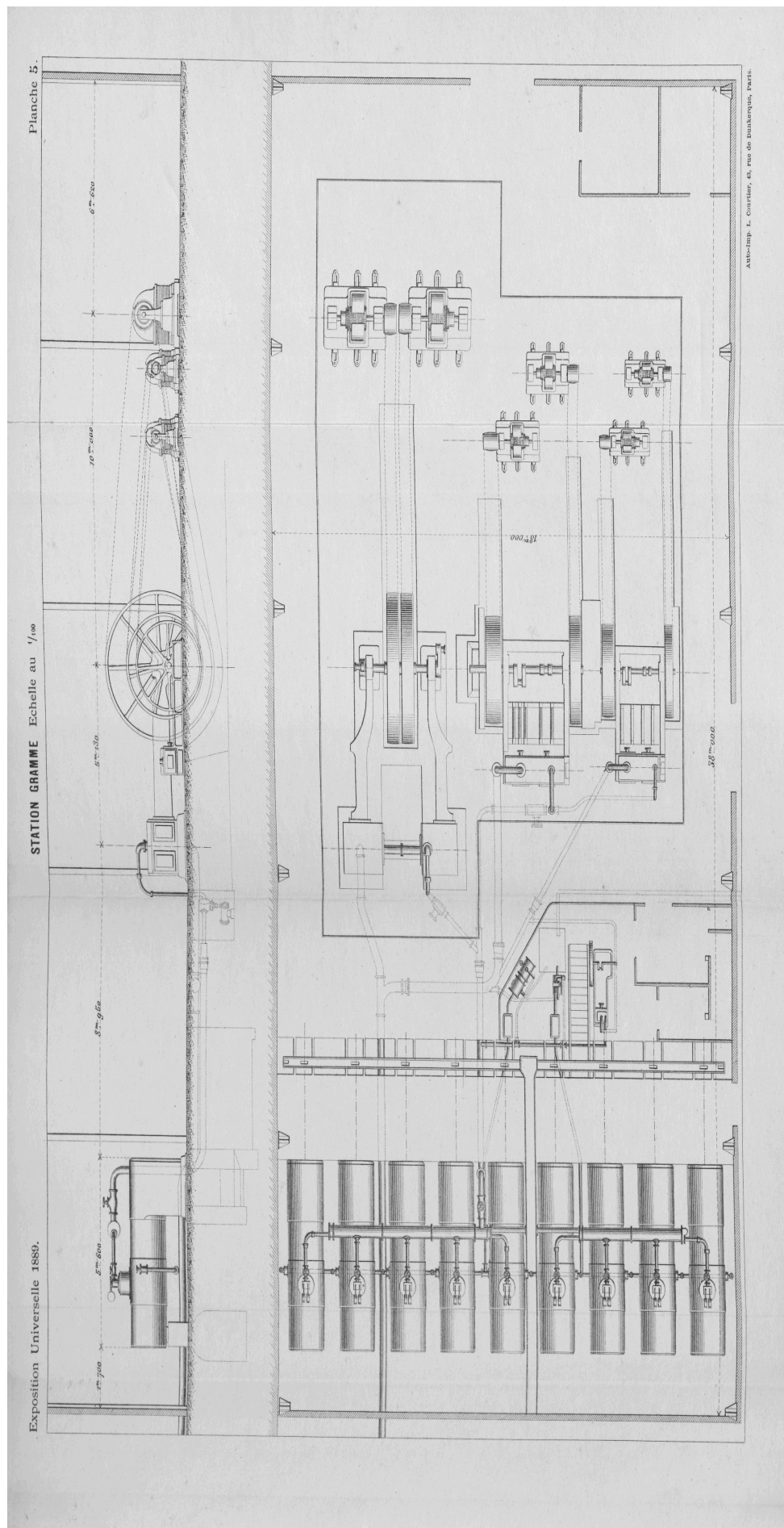
Le Cabinet du Conservatoire des Arts et Métiers de Paris possède, depuis le mois d'octobre 1841, un de mes appareils, qui a été construit par M. Bourbouze, à la demande de M. Pouillet ; on en a fait, à la même époque, pour des cours publics à Londres, et tous les résultats mentionnés plus haut ont été répétés dans les cours de physique et de mécanique de Genève, au mois de juin 1841.



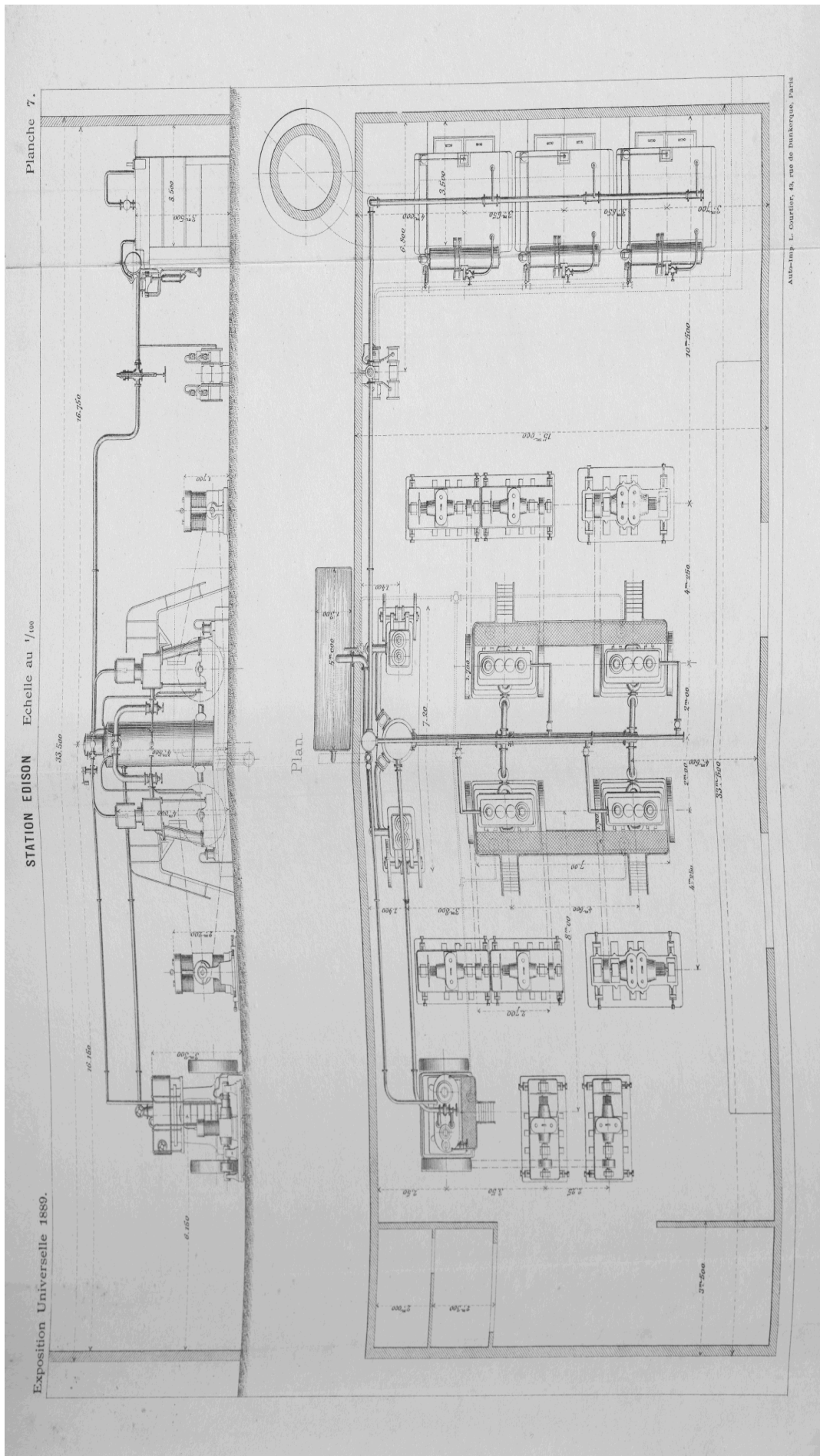


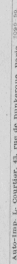


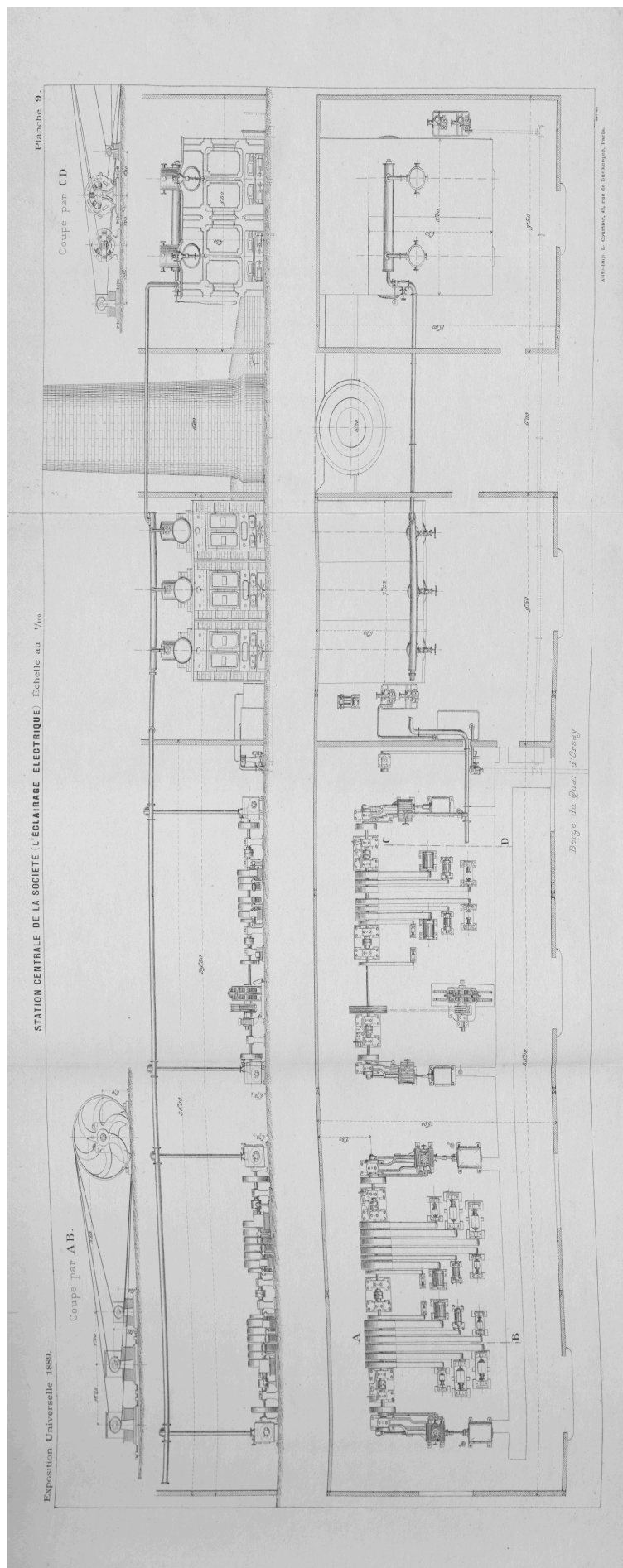


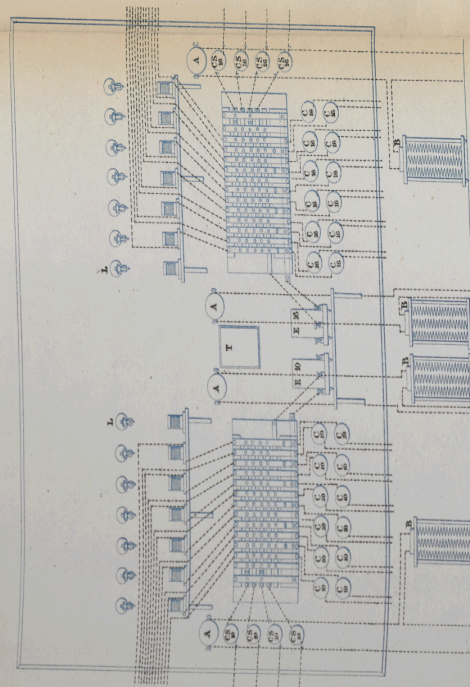








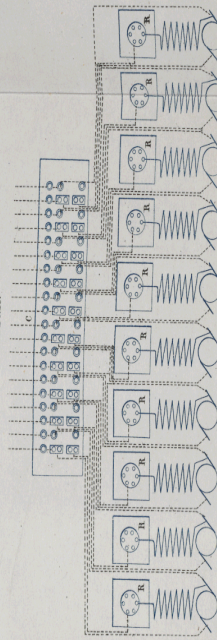




A	Amplificateurs d'excitation
B	Réducteurs d'excitation
C	Commutateurs coupe-circuits
CS	Commutateurs coupe-circuits
C ₁	Commutateurs coupe-circuits à
C ₂	Commutateurs coupe-circuits à
E ₃₀	Electro-dynamomètre. Circuit
E ₃₁	Electro-dynamomètre. Circuit
Y	Electronique Carpentier
I	Avertisseurs d'extinction.
L	Lampes témoins.

A Ampèremètres
V Volts-mètres
R Rhéostats d'excitation
C Commutateurs - Coupe-circuits
E Rhéostats - Arcs - Station.
B Coupe-Circuits.
L Lampes Edison.
P Prises de courant des ampèremètres.

Distribution à 3 fils.
 N° 1. Arce : Palais des enfants.
 N° 2. — — — Decauville - Tour Eiffel.
 N° 3. — — — Brésil - République argentine.
 N° 4. — — — Arce libérés.
 Derivation simple.
 N° 5. Arce Station et Divers.
 N° 6. Nélan - Pont de Jena - Wierington.
 Sources Beuthen Dorsal - Dorsen.



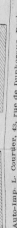
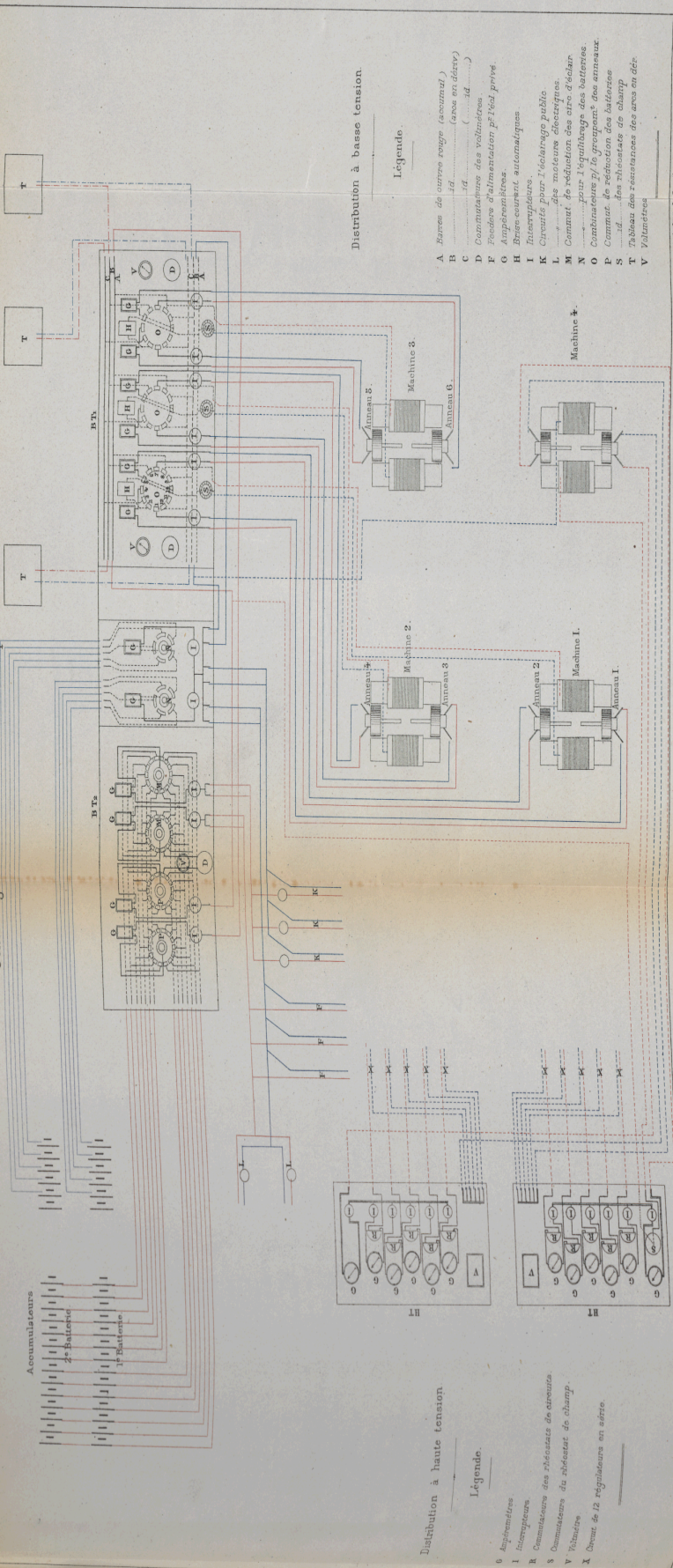
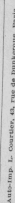
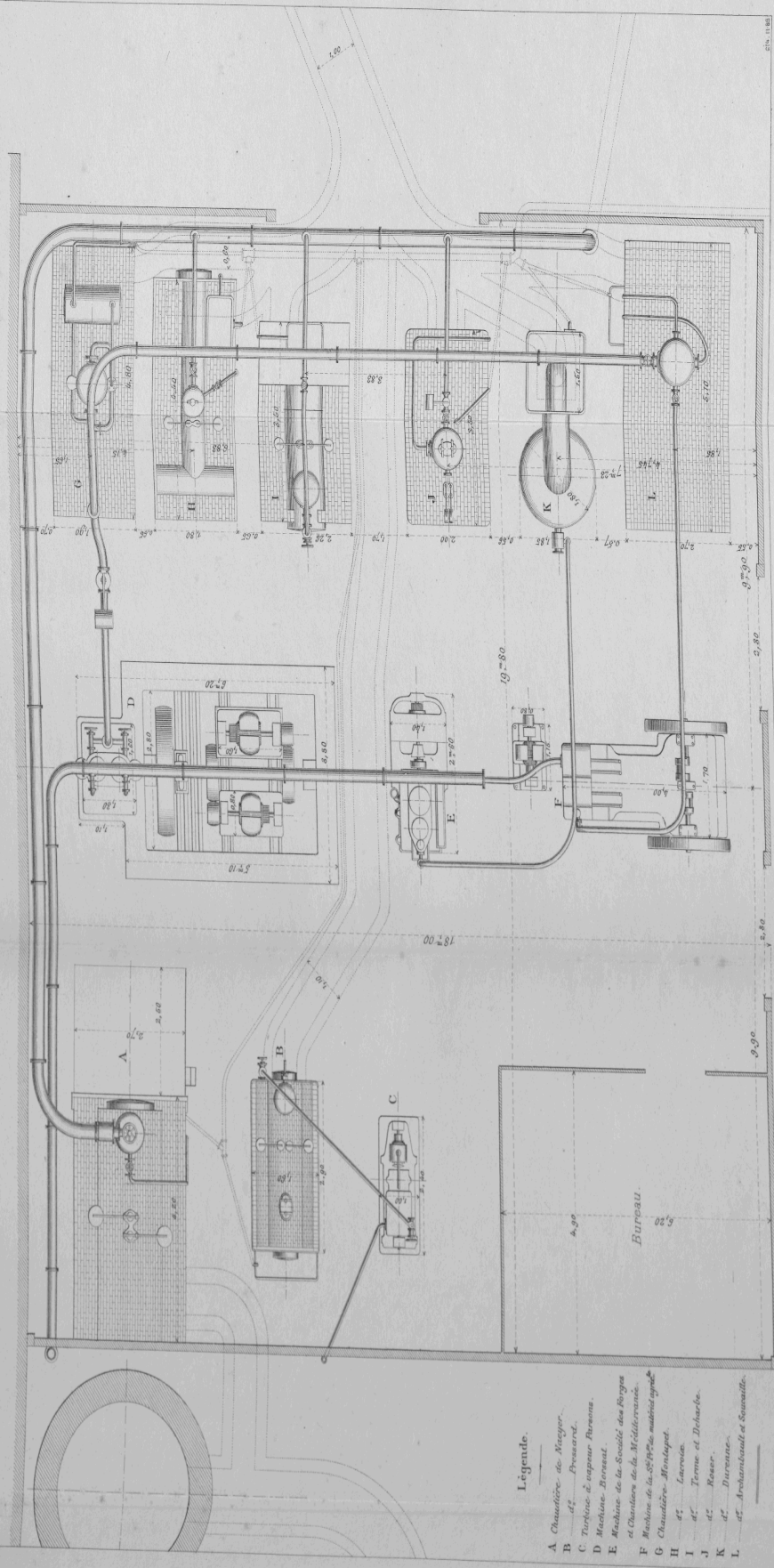


Schéma général de l'installation électrique



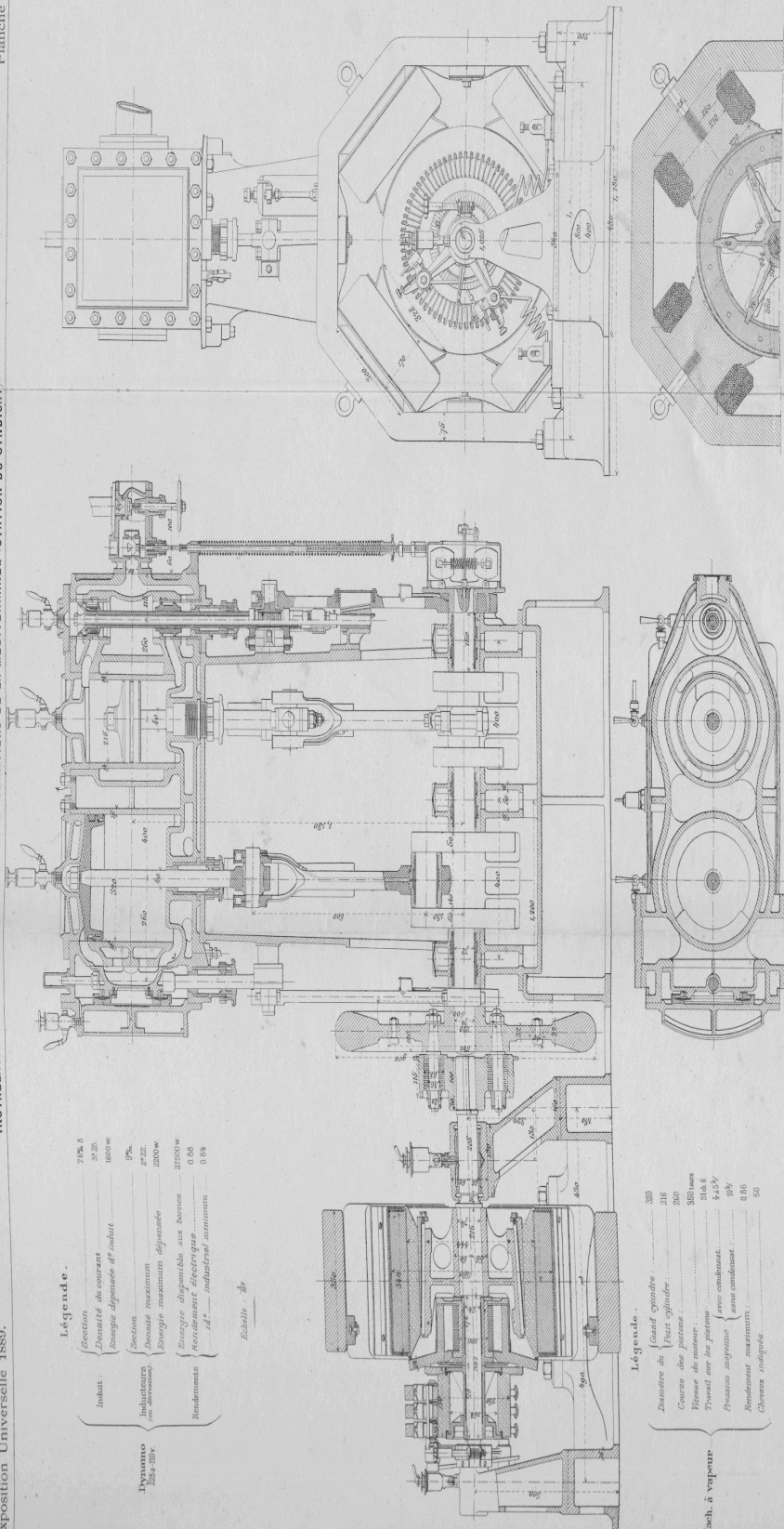




Légende.

Dynamo 220 v - 100 v	Inducteur	Section	2124,5
		Densité du courant	21,25
Inducteurs (en nombre)	Inducteur	Energie dépensée à l'induit	6000 w
		Energie maximum	9722
Rendement	Inducteur	Energie maximum dépensée	2200 w
		Energie disponible aux bornes	21500 w
Rendement	Inducteur	Rendement électrique	0,85
		Rendement industriel minimum	0,84

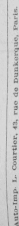
Echelle : 1/20

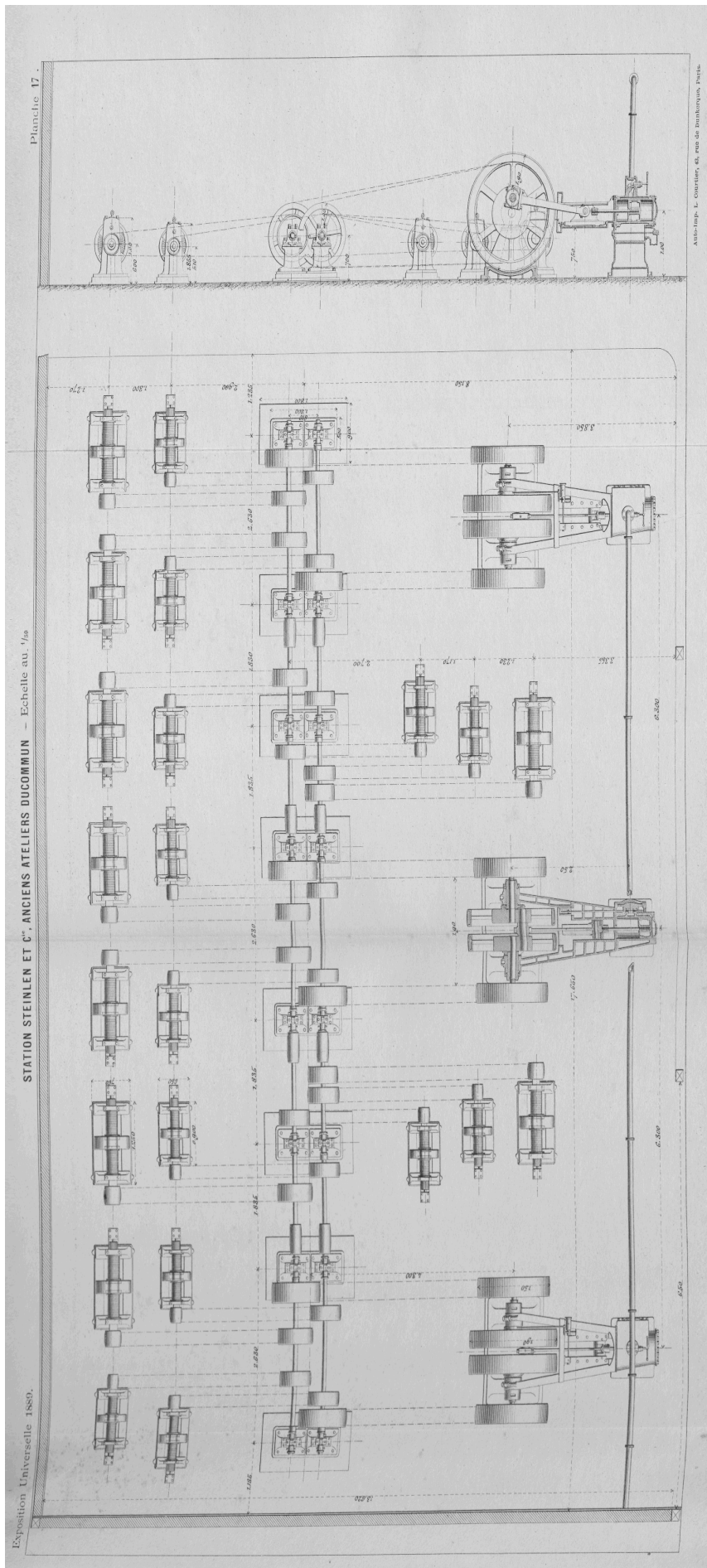


Légende.

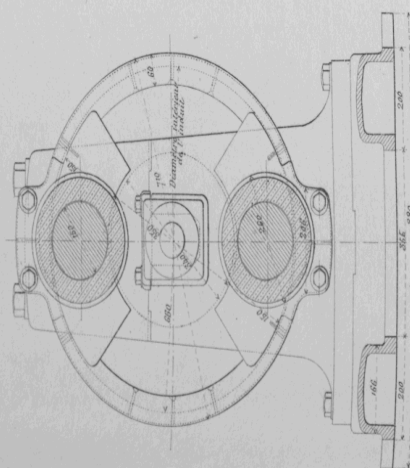
Mach. à vapeur	Mach. à vapeur	Diamètre du cylindre	320
		Course des pistons	210
Mach. à vapeur	Mach. à vapeur	Vitesse des pistons	250
		Vitesse des pistons	550 tours
Mach. à vapeur	Mach. à vapeur	Tension sur les pistons	512,6
		Tension sur les pistons	512,6
Mach. à vapeur	Mach. à vapeur	Rendement maximum	0,85
		Rendement maximum	0,85
Mach. à vapeur	Mach. à vapeur	Chaleur indiquée	50
		Chaleur indiquée	50

Coulé, 45, rue de Valenciennes, Paris. (1889)

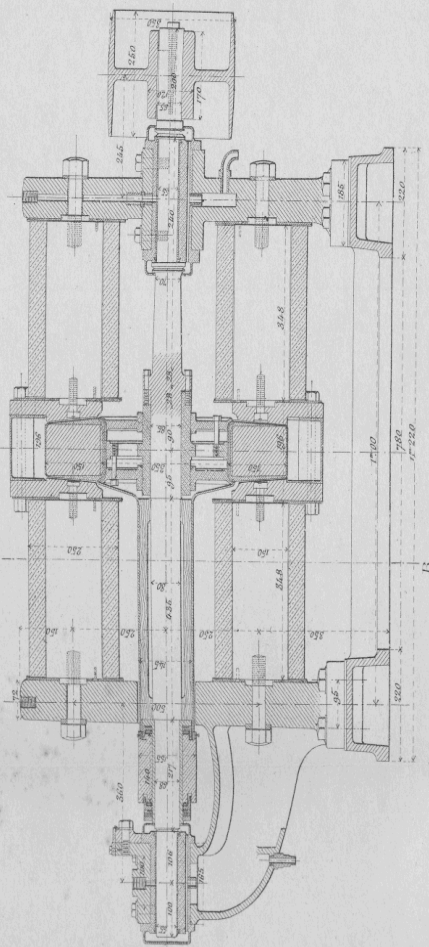




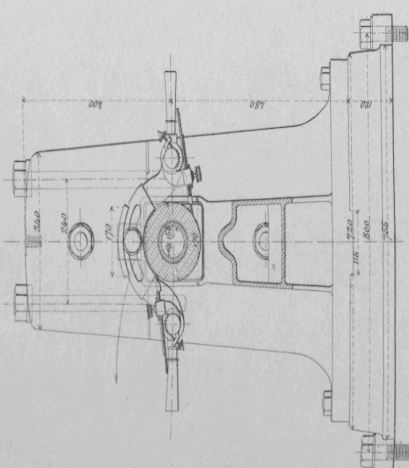
Coupe A.B.



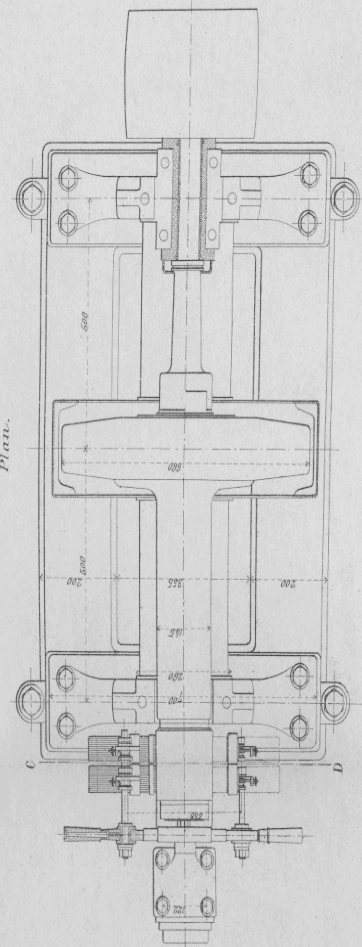
Type API N° 6.
Echelle: 1/10
Coupe longitudinale.



Coupe C.D.



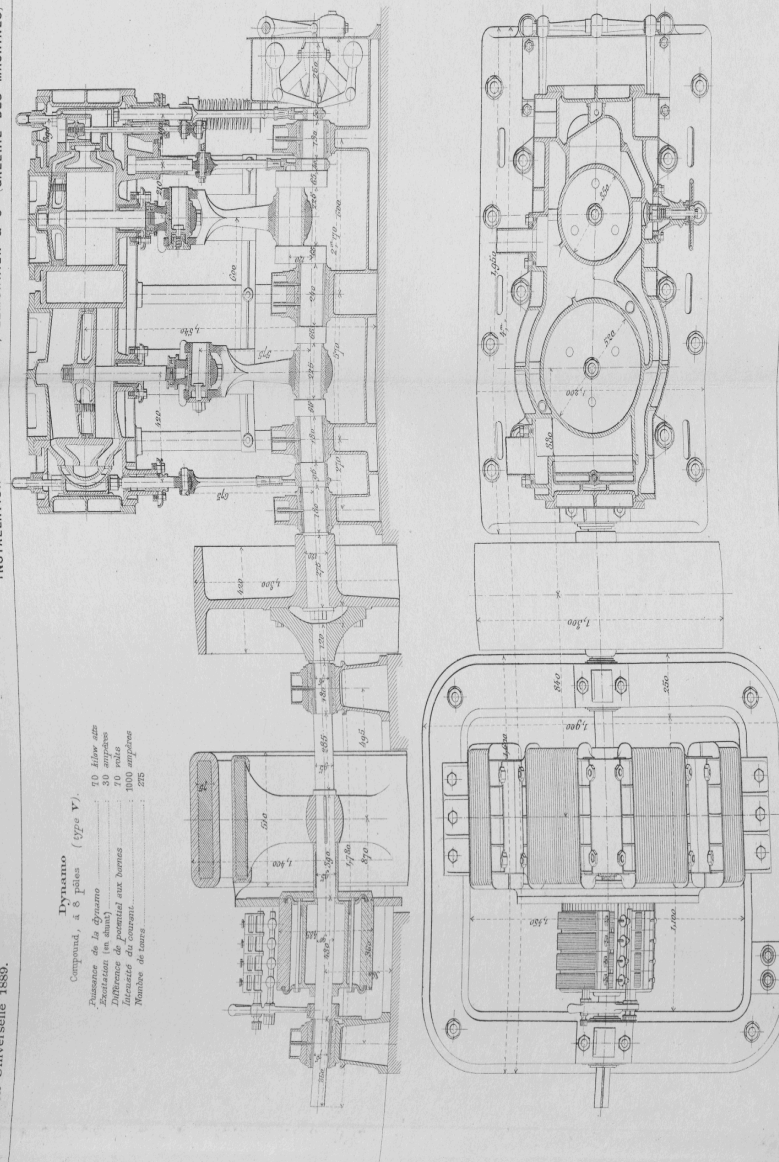
Plan.



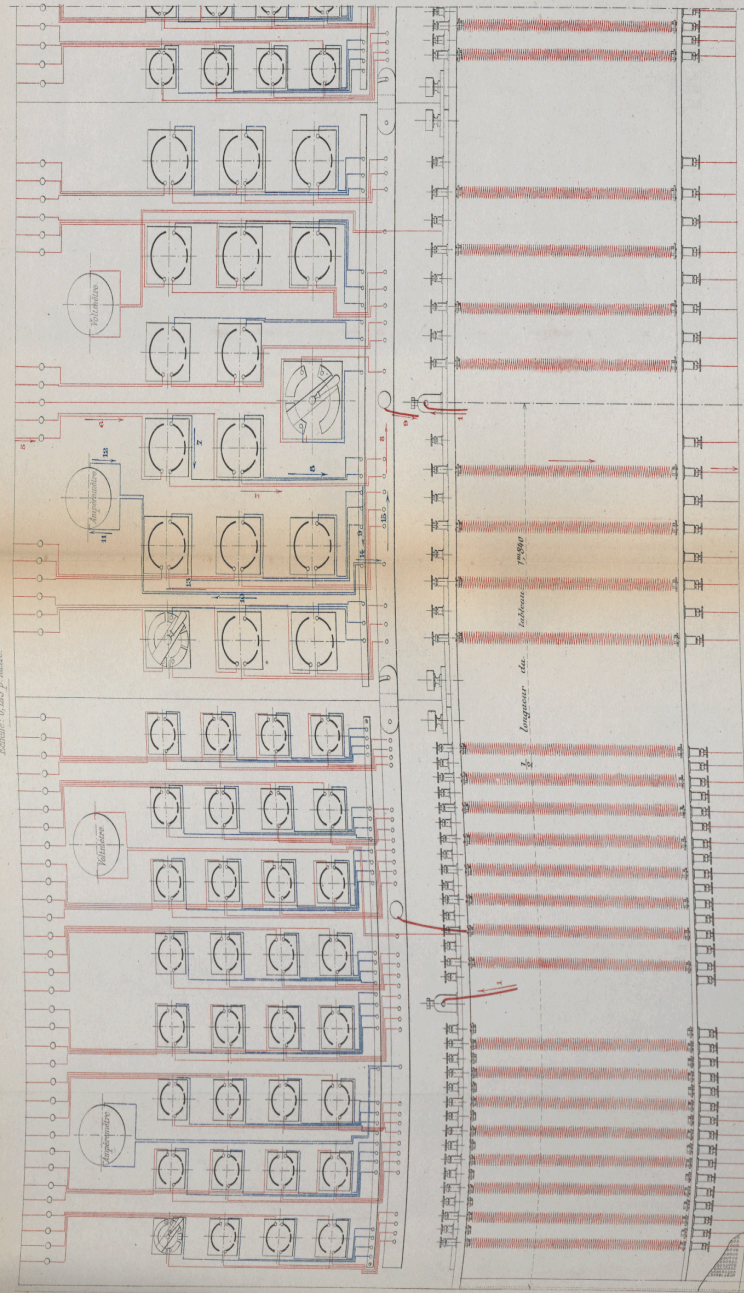
Exposition Universelle 1889.

INSTALLATION DE MM. SAUTTER, LEMONNIER & C^{ie} (GALERIE DES MACHINES)

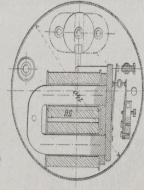
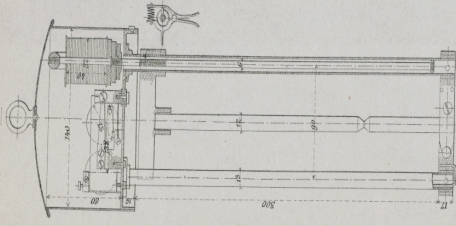
Planche 139.

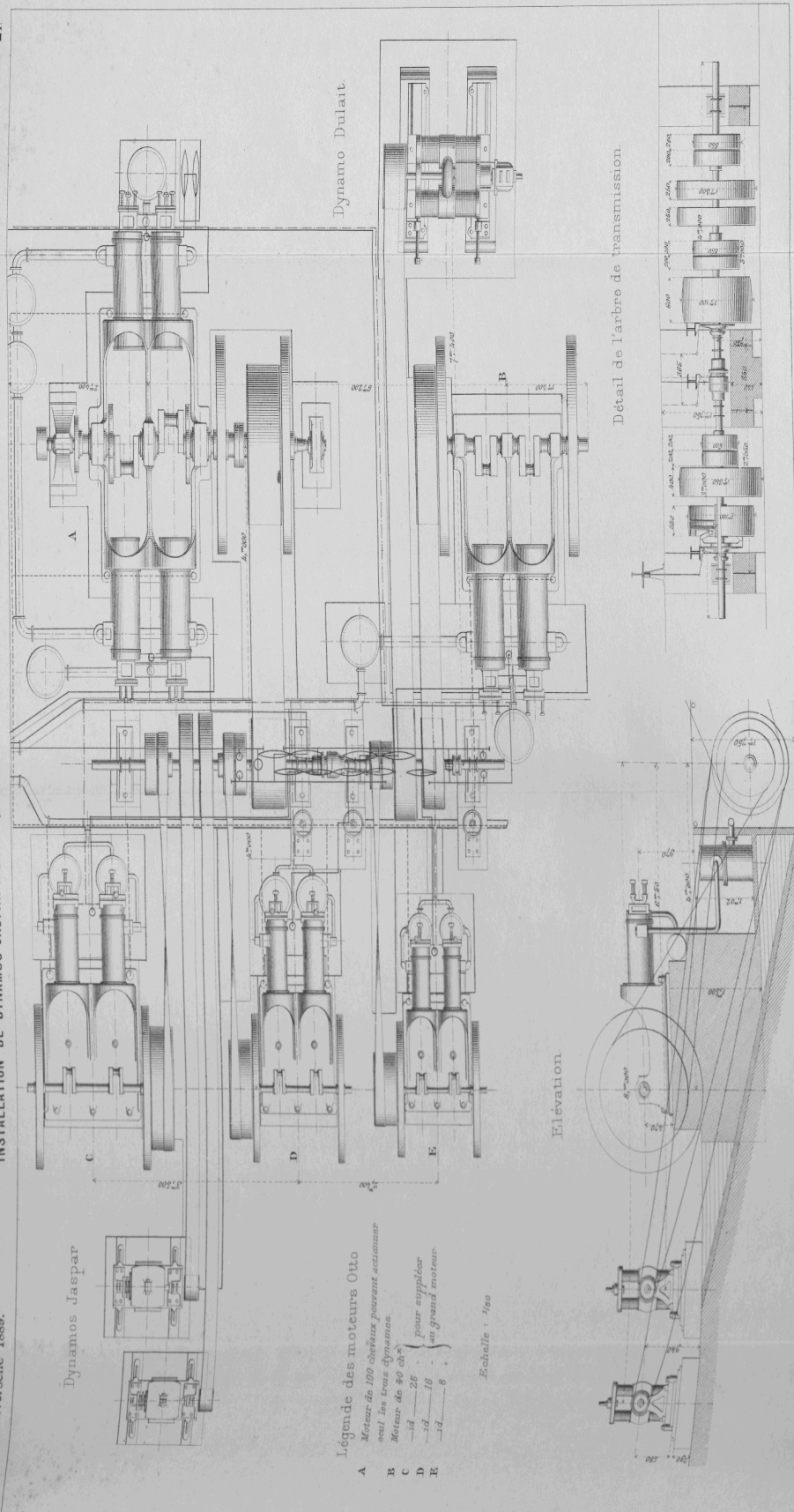


Ateliers L. Courties, ex. des machines, Paris.



Lampe à arc.
Diamètre 1/2.





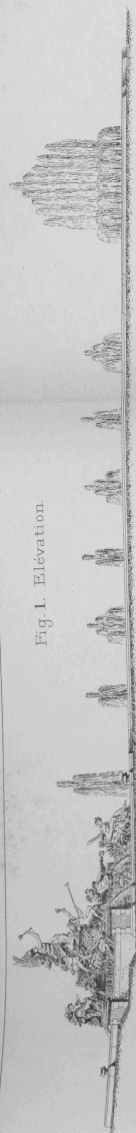


Fig. 1. Elevation.

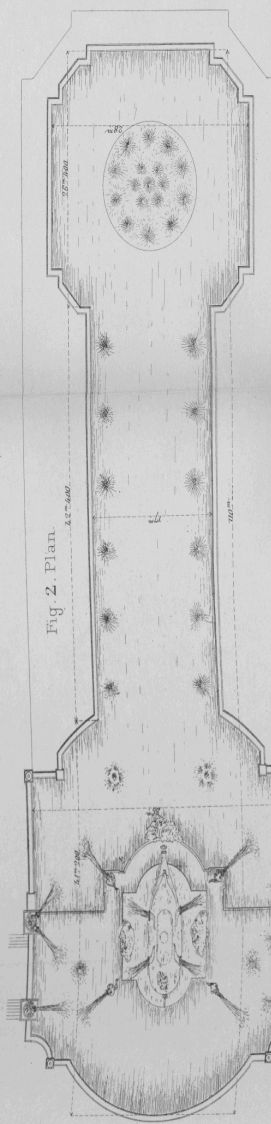


Fig. 2. Plan.

Echelle. 1/400

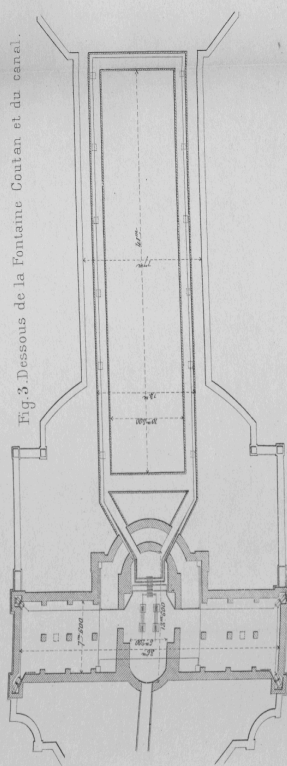


Fig. 3. Dessous de la Fontaine Coutan et du canal.

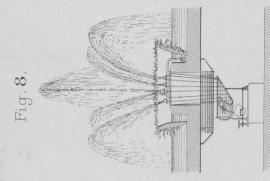


Fig. 8.

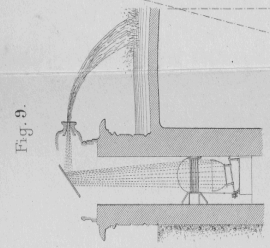


Fig. 9.

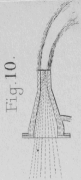


Fig. 10.

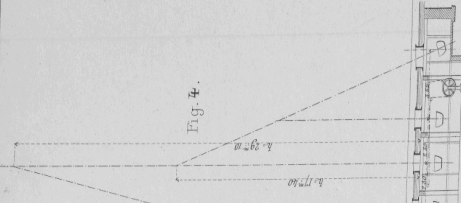


Fig. 4.

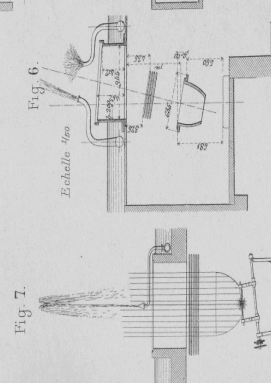


Fig. 6.

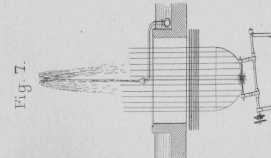


Fig. 7.

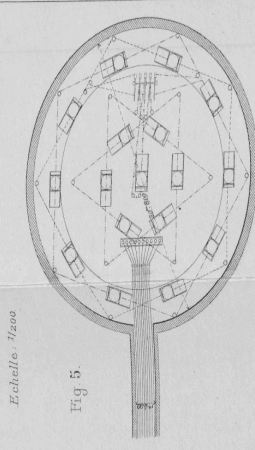


Fig. 5.

Echelle. 1/200

CHAUDIÈRES DE LA STATION DU SYNDICAT INTERNATIONAL DES ÉLECTRICIENS

Exposition Universelle 1889.

Chaudière Terme et Delarbe.

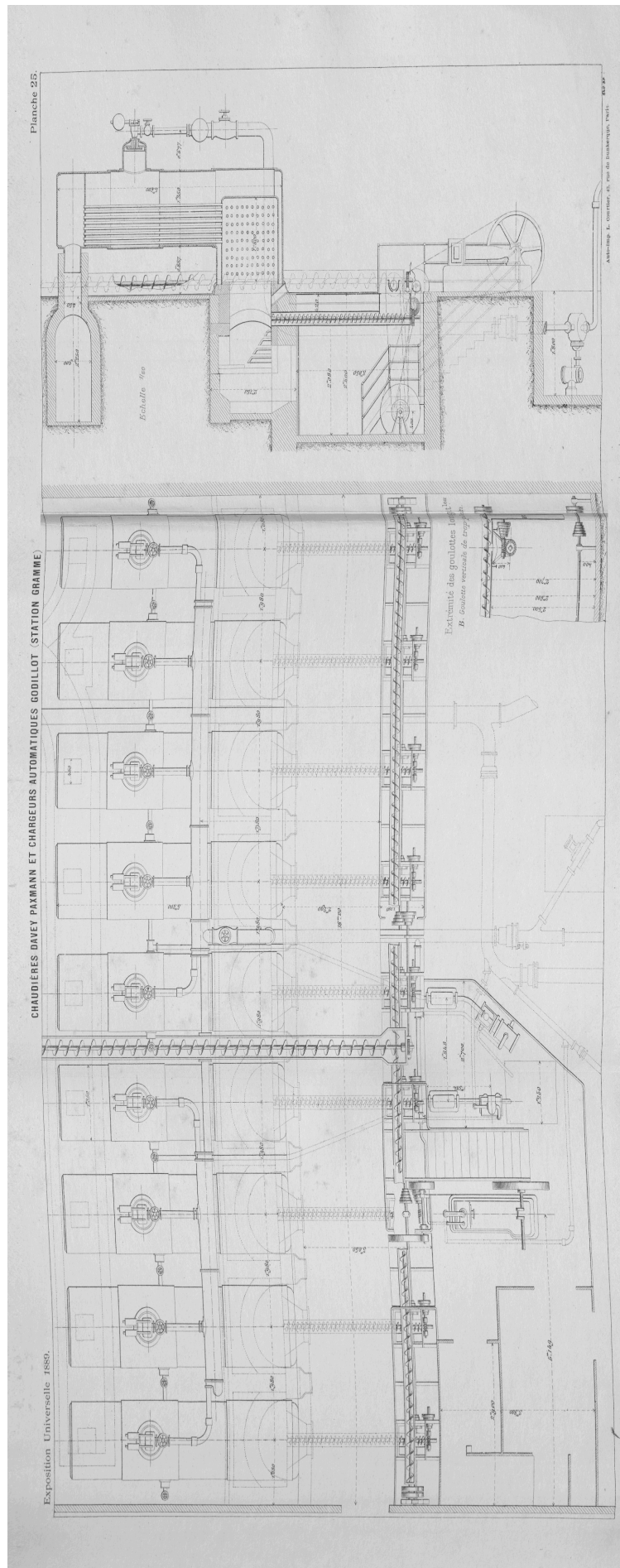
Echelle 1/48

Chaudière Roser
à circulation d'eau et
retour de flammes

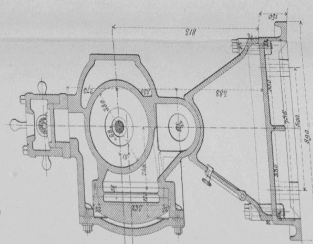
Chaudière Montupet.

Chaudière Lacroix.

Auto-trap. L. Courties, 48, rue de Valenciennes, Paris.



Coupe transversale suivant EF.

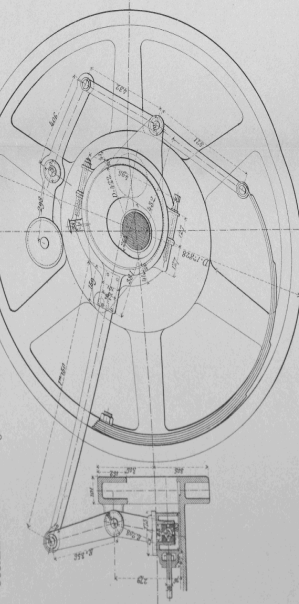


Légende.

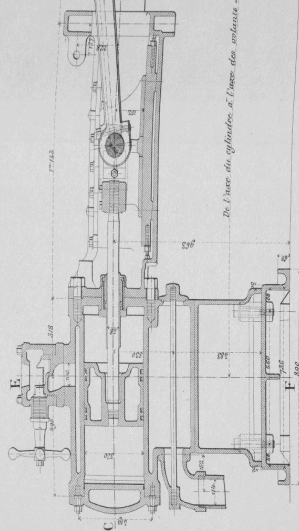
Pression de la machine 100 at.
 Diamètre du cylindre 530 mm
 Course du piston 860 mm
 Nombre de tours 200

Echelle de 1/10

Commande de la tige du tiroir.

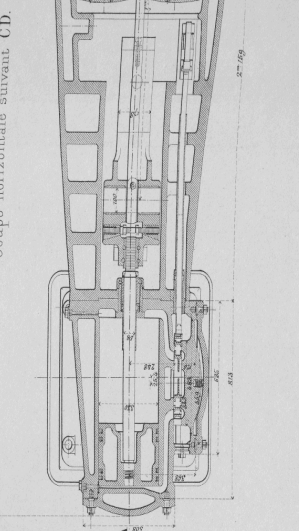


Coupe longitudinale suivant AB.

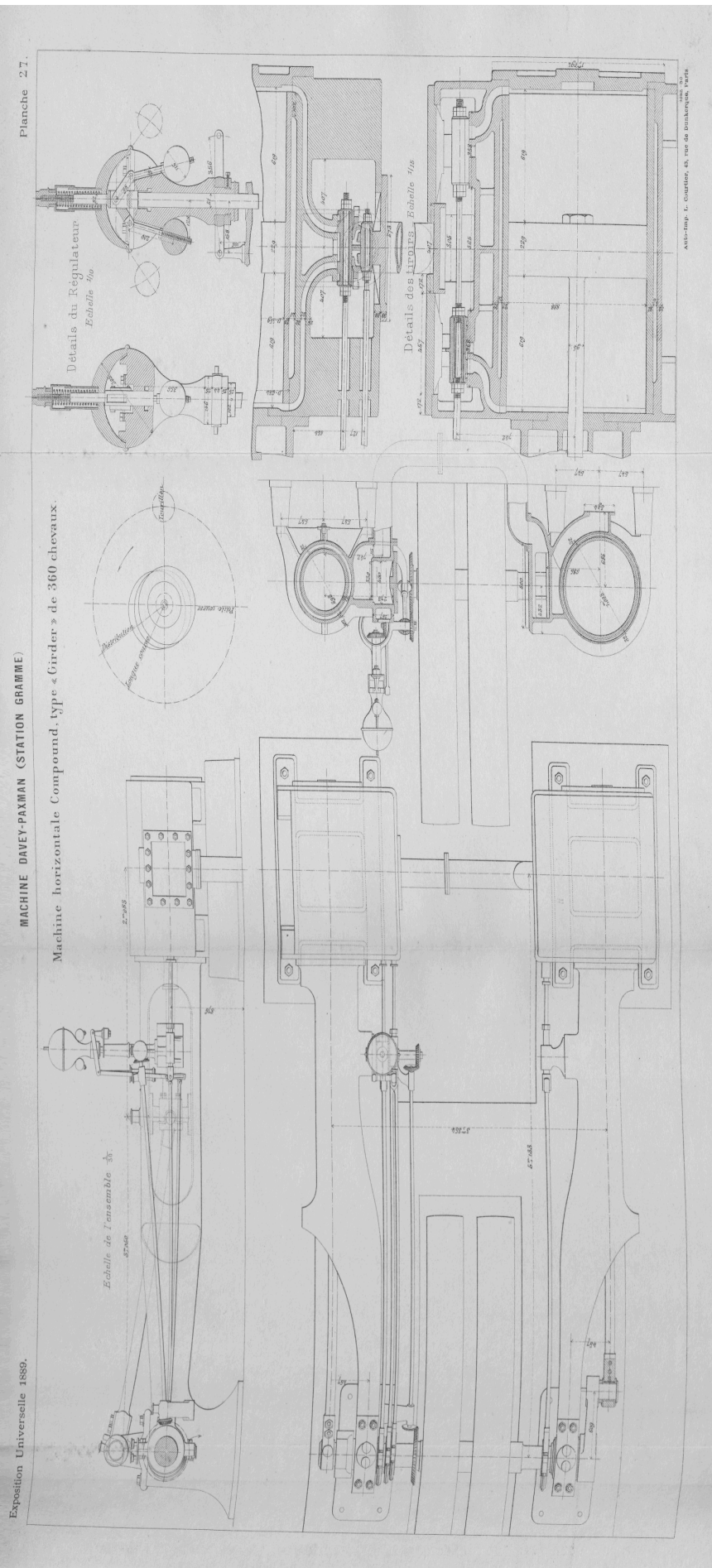


De l'axe du cylindre à l'axe des pistons : 5^m 37

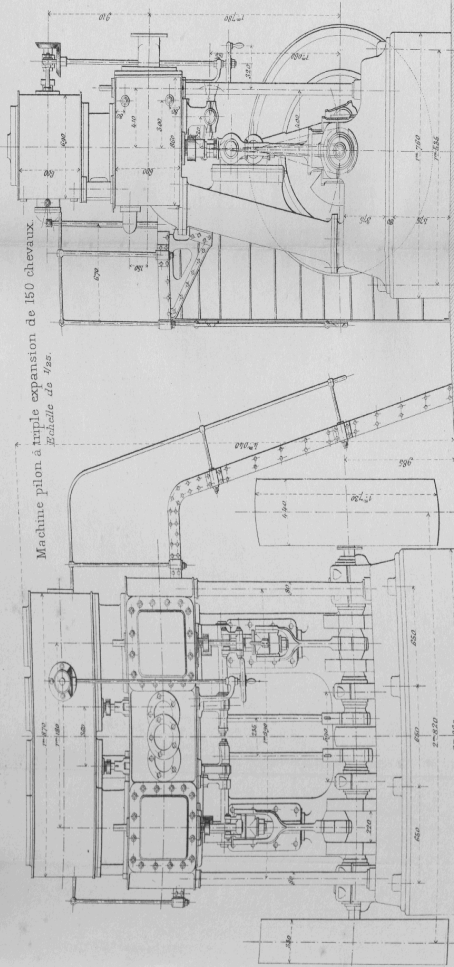
Coupe horizontale suivant CD.



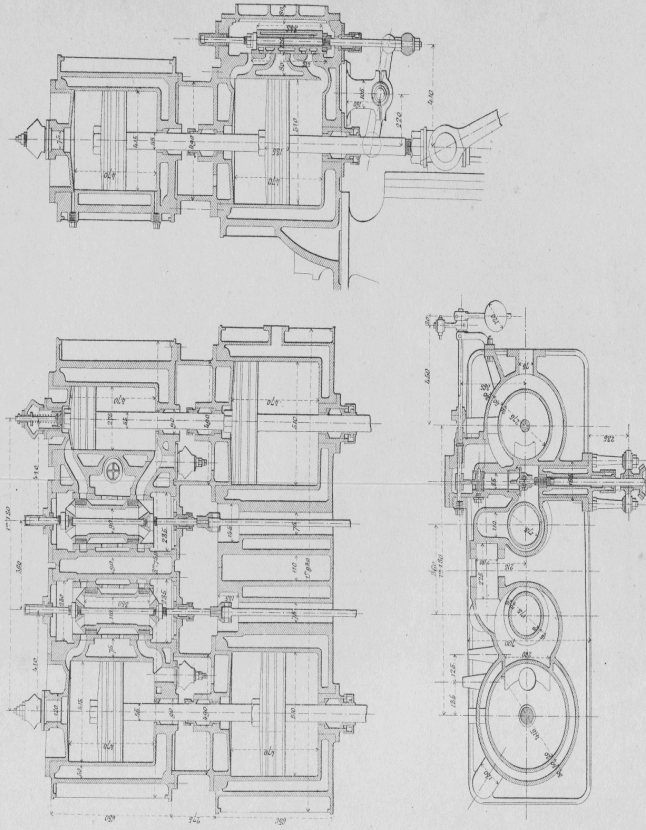
Longueur totale de la machine : 7^m 50



Machine piston à triple expansion.
Échelle de 1/100.

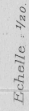


Machine piston à triple expansion.
Coupes des cylindres et des distributions.
Échelle de 1/10.



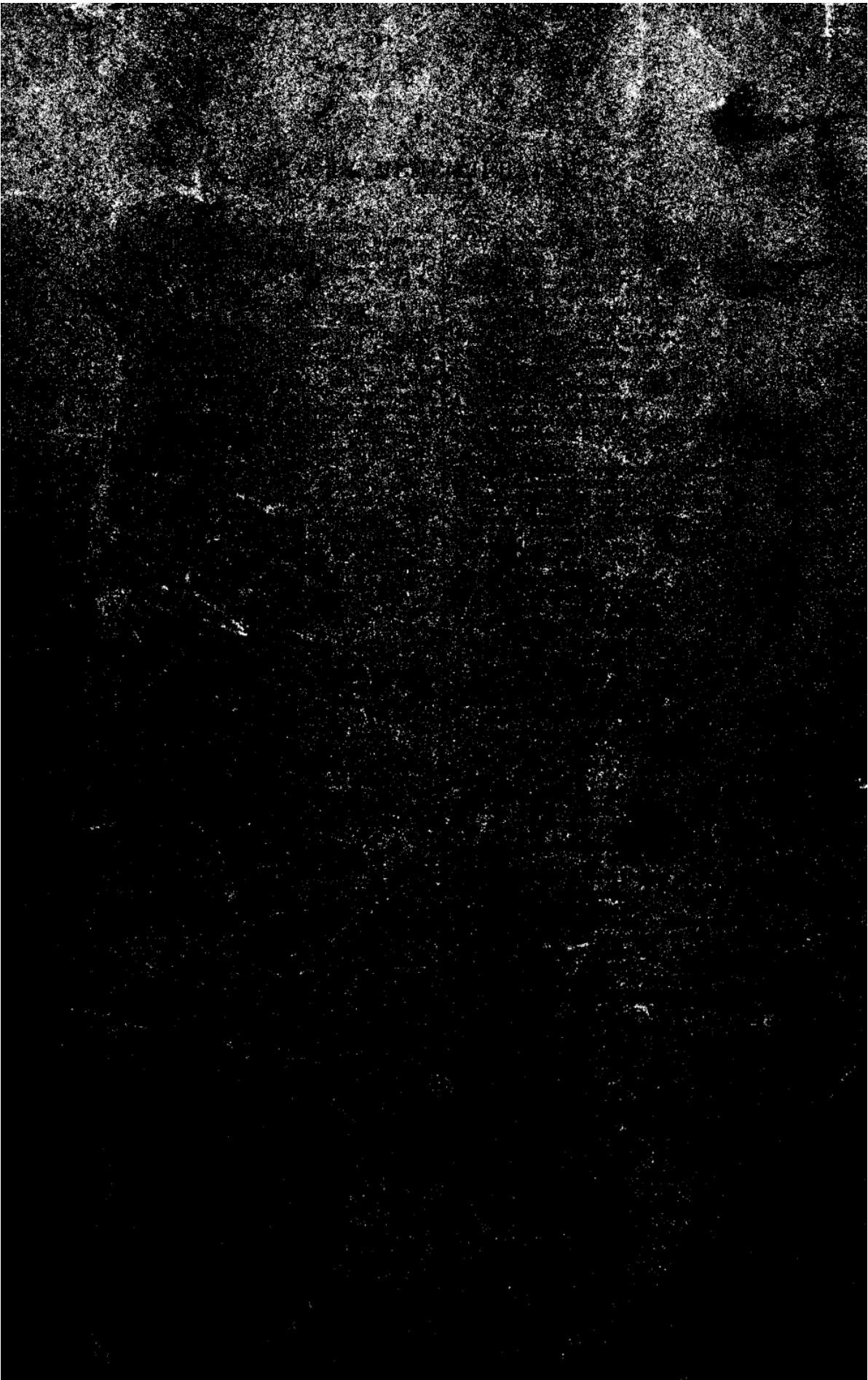
Légende.

- Diamètre des pistons cylindres. 2200 mm
- Longueur des pistons. 1100 mm
- Course des pistons cylindres. 510 mm
- Course des pistons. 200 mm
- Nombre de tours par minute. 150
- Pression initiale de la vapeur. 10 kg
- Rapport du volume traversé au volume déchargé. 1/3
- Consommation de vapeur par cheval-heure. 50 kg





Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires



Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires