

Titre général : Rapports présentés au congrès international de physique. 1900

Auteur : Exposition universelle. 1900. Paris

Titre du volume :

Mots-clés : Exposition internationale (1900 ; Paris) ; Physique*Europe*1870-1914*Congrès

Description : 1 vol. (172 p.) ; 24 cm

Adresse : Paris : Gauthier-Villars, 1900

Cote de l'exemplaire : CNAM 8 Xae 489.4

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?8XAE489.4>

CONGRÈS INTERNATIONAL
DE
PHYSIQUE.

28454 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

7695

8° Xae 489

TRAVAUX
DU
CONGRÈS INTERNATIONAL
DE
PHYSIQUE

RÉUNI A PARIS EN 1900

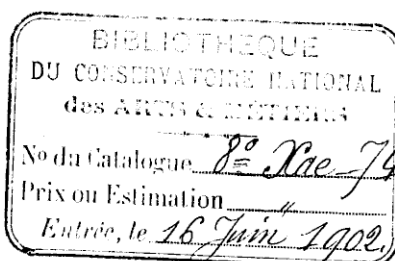
SOUS LES AUSPICES DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE,

RASSEMBLÉS ET PUBLIÉS PAR

CH.-ÉD. GUILLAUME ET L. POINCARÉ,
Secrétaires généraux du Congrès.

TOME IV.

PROCÈS-VERBAUX. — ANNEXES. — LISTE DES MEMBRES.



PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1901

TRAVAUX

DU

CONGRÈS INTERNATIONAL DE PHYSIQUE

DE 1900.

ORGANISATION DU CONGRÈS.

Le Congrès international de Physique, dont la réunion avait été décidée en principe par la Société française de Physique, a été organisé par une Commission nommée par M. le Commissaire général de l'Exposition de 1900. Cette Commission était composée comme il suit :

COMMISSION D'ORGANISATION.

PRÉSIDENT.

M. CORNU (Alfred), membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes, professeur à l'École Polytechnique, Président de la Société française de Physique.

VICE-PRÉSIDENT.

M. CAILLETET (Louis-Paul), membre de l'Institut, ancien Président de la Société française de Physique.

SECRÉTAIRES.

MM. GUILLAUME (Charles-Édouard), attaché au Bureau international des Poids et Mesures.

POINCARÉ (Lucien), chargé de cours à la Sorbonne, Secrétaire général de la Société française de Physique.

TRÉSORIER.

M. DE LA TOUANNE, trésorier de la Société française de Physique.

C. P., IV.

1

MEMBRES.

MM.

- AMAGAT (E.-H.), correspondant de l'Institut.
D'ARSONVAL (le docteur Arsène), membre de l'Institut et de l'Académie de Médecine, professeur au Collège de France, président de la Société internationale des électriciens.
le général BASSOT, membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes, directeur du Service géographique de l'armée.
BECQUEREL (Henri), membre de l'Institut, professeur au Muséum d'histoire naturelle et à l'École Polytechnique.
BENOIT (J.-René), directeur du Bureau international des Poids et Mesures.
BICHAT (E.), professeur à la Faculté des sciences de Nancy.
BLONDLOT (R.), professeur à la Faculté des sciences de Nancy.
BONAPARTE (le Prince Roland), membre de la Société française de Physique.
BOUTY (E.), professeur à la Sorbonne.
CROVA (A.), professeur à la Faculté des sciences de Montpellier.
GARIEL (C.-M.), ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur à la Faculté de médecine de Paris.
JANSSEN (J.-C.), membre de l'Institut, directeur de l'Observatoire d'astronomie physique de Meudon.
JOUBERT (Jules), inspecteur général de l'Instruction publique, membre du Comité consultatif d'électricité.
LIPPMANN (Gabriel), membre de l'Institut, professeur à la Sorbonne.
MACÉ DE LÉPINAY (J.), professeur à la Faculté des sciences de Marseille.
MASCART (É.), membre de l'Institut, directeur du Bureau central météorologique, professeur au Collège de France.
MATHIAS (Émile), professeur à la Faculté des sciences de Toulouse.
PELLAT (Henri), professeur à la Faculté des sciences de Paris, directeur du Bureau de vérification des alcoomètres au Ministère du commerce et de l'industrie.
POTIER (Alfred), membre de l'Institut, ingénieur en chef au Corps des mines, professeur à l'École nationale supérieure des Mines.
ROMILLY (Félix WORMS DE), ancien président de la Société française de Physique.
VIOLE (Jules), membre de l'Institut, professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers et à l'École Normale supérieure.

AGENT.

M. SANDOZ, agent de la Société française de Physique.

La Commission a tenu plusieurs séances, depuis le mois de janvier 1899 jusqu'à l'ouverture du Congrès, pour examiner les propositions faites par son Bureau qu'elle avait chargé de tous les détails de l'organisation.

D'autre part, la Société française de Physique avait décidé de prendre à sa charge toutes les dépenses qui pourraient n'être pas couvertes par le montant des cotisations.

Le Congrès a été annoncé par une première circulaire envoyée pendant le mois de juin 1899 à tous les physiciens de France et de l'étranger. Dans cette circulaire on ne fixait pas encore d'une façon définitive le programme des travaux du Congrès, et l'on ne demandait pas des adhésions fermes, mais on priait les personnes qui s'intéressent à la Physique de vouloir bien faire savoir si elles avaient l'intention de prendre part au Congrès. Les réponses affirmatives furent très nombreuses, elles atteignirent environ le nombre de mille. En présence de ce succès, la Commission pensa qu'il convenait d'étendre le programme limité qu'elle avait eu tout d'abord en vue; l'occasion s'offrait, unique, d'échanger des vues sur toutes les questions importantes de la Physique actuelle; et c'est dans ce sens que fut élaboré le programme définitif, comportant la rédaction des Rapports qui ont été publiés dans les trois premiers Volumes.

La plupart de ces Rapports furent imprimés en épreuves dès le mois de juillet 1900 et communiqués aux membres du Congrès qui en firent la demande.

La séance d'ouverture du Congrès a eu lieu le lundi 6 août dans la grande salle du Palais des Congrès; les autres séances ont été tenues à l'Hôtel de la Société d'Encouragement dont cette Société avait bien voulu offrir, à titre gracieux, la jouissance à la Société de Physique pour toute la durée du Congrès.

Le lundi 6 à 10^h du matin, la Commission d'organisation a reçu MM. les Délégués des Gouvernements, Académies et Sociétés savantes. Voici la liste de ces délégués.

LISTE DES DÉLÉGUÉS.

DÉLÉGUÉS DES GOUVERNEMENTS.

Autriche. — Ministère de l'instruction publique, M. WITKOWSKI.

Belgique. — Ministère de l'instruction publique, M. VAN AUBEL.

Danemark. — Ministère de la guerre, M. le capitaine ERNST.

Espagne. — Ministère de la guerre, M. BROCKMAN Y ABARZUA.

États-Unis. — MM. J.-S. AMES, CLEVELAND ABBE, A. GRAHAM BELL, J. MILLIS.
France. — Ministère de l'agriculture, M. ANGOT. — Ministère de la guerre, MM. les commandants BERTRAND et LABBÉ. — Ministère de l'instruction publique, M. VIOLLE.
Grèce. — Ministère de l'instruction publique, M. ARGYROPOULOS.
Japon. — Ministère de l'instruction publique, M. NAGAOKA.
Mexique. — Ministère de l'instruction publique, M. Manuel-L. STAMPA.
Russie. — Ministère de l'instruction publique, M. EFIMOW.
Suède. — Ministère de l'instruction publique, M. RYDBERG.
Canada. — Ministère de l'instruction publique, M. l'abbé C.-P. CHOQUETTE.
Indes anglaises. — Ministère de l'instruction publique, MM. James MAYOR et J.-C. BOSE.

DÉLÉGUÉS DES ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES.

Allemagne. — Physikalische Reichsanstalt, MM. LUMMER et THIESEN. — Société de Physique, MM. H. DU BOIS, P. DRUDE, O. LUMMER, VOIGT et WARBURG. — Société industrielle de Mulhouse, M. STEINER. — Société royale de Göttingen, MM. NERNST, RIECKE et VOIGT.
Belgique. — Académie royale des Sciences, MM. DE HEEN, VAN DER MENSBRUGGHE et SPRING.
États-Unis. — Franklin Institute, M. Carl HERING. — Société de Physique, M. WEBSTER.
France. — Chemins de fer de l'Ouest, MM. MAZEN et WEST.
Grande-Bretagne. — Société royale de Londres, MM. RÜCKER, GLAZEBROOK et GLADSTONE.
Italie. — Académie royale des Sciences de Turin, M. VOLTERRA. — Société italienne de Physique, MM. ASCOLI, BATTELLI, BONGIOVANNI, GRIMALDI et VOLTERRA.
Russie. — Académie impériale des Sciences, le prince GALITZINE et le général RYKATCHEF.
Suisse. — Société de Physique de Genève, MM. Ed. SARASIN et Ch. SORET. — Ville de Genève, M. DUSSAUD.



PROCÈS-VERBAUX ⁽¹⁾.

SÉANCE GÉNÉRALE D'OUVERTURE.

LUNDI 6 AOÛT.

La séance est ouverte à 3^h de l'après-midi; presque tous les adhérents, au nombre d'un millier environ, assistent à la séance qui est présidée par M. CORNU, membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes, professeur à l'École Polytechnique, président de la Société française de Physique, président de la Commission d'organisation, assisté du bureau de la Commission d'organisation, de lord KELVIN, qui prend place à la droite du président, et de M. GARIEL, professeur de Physique à la Faculté de médecine de l'Université de Paris, délégué principal pour les congrès de 1900.

On remarque sur l'estrade les membres de la Commission d'organisation, plusieurs membres de l'Institut et MM. les Délégués des Gouvernements étrangers, des Ministères et des Académies et Sociétés scientifiques.

M. Cornu ouvre la séance et prononce le discours suivant :

Mesdames,
Messieurs les Délégués,
Messieurs et chers Collègues,

Le Congrès international de Physique, que nous inaugurons aujourd'hui, s'ouvre sous les plus heureux auspices; l'empressement des Physiciens de tous les pays à répondre à l'invitation du Comité d'organisation, le nombre et l'importance des questions à l'ordre du jour, la présence des hautes

(¹) Les procès-verbaux des séances ont été rédigés par MM. les Secrétaires des sections, que nous remercions du précieux concours qu'ils ont bien voulu nous prêter.

Ch.-Éd. G. et L. P.

personnalités scientifiques venues pour prendre part à nos travaux, tout présage à nos séances un attrait et un intérêt exceptionnels.

Soyez donc les bienvenus, Messieurs : l'œuvre pour laquelle vous associez vos efforts aux nôtres est une œuvre de progrès, un lien puissant, un gage de concorde entre les nations; car, sur le terrain de la science pure, les rivalités, âpres et cruelles ailleurs, se résolvent en une émulation généreuse, toujours profitable à l'humanité.

Après vous avoir souhaité la bienvenue, Messieurs, ainsi que le succès de vos travaux, notre premier devoir est d'adresser nos remerciements aux initiateurs de ce Congrès international.

C'est la Société française de Physique qui a conçu l'idée de ces grandes assises de la Physique moderne; c'est elle qui réclame l'honneur de recevoir le Congrès, et c'est dans le lieu ordinaire de ses réunions qu'elle vous invite à tenir vos séances.

Je remercierai ensuite, en votre nom, le Comité d'organisation élu par le Conseil de la Société, Comité qui a préparé le programme du Congrès et confié l'exécution des mesures à prendre à nos deux Secrétaires : MM. Ch.-Éd. Guillaume et Lucien Poincaré; le succès si brillant obtenu par leurs soins auprès de nos collègues français et étrangers montre assez avec quel zèle et quelle conscience nos deux savants Secrétaires se sont acquittés du rôle qui leur a été dévolu.

Nous devons également remercier, pour son précieux concours, l'Administration de l'Exposition, spécialement M. le Professeur Gariel, délégué principal du Congrès; physicien éminent lui-même, il a facilité notre tâche dans la plus large mesure.

La plupart des grandes Sociétés scientifiques, les Académies les plus célèbres des pays étrangers, ainsi que plusieurs Gouvernements, nous ont fait l'honneur de se faire représenter à notre Congrès : nous leur exprimons ici toute notre gratitude en saluant leurs délégués présents à cette séance.

Mais l'expression la plus vive et la plus sincère de notre reconnaissance s'adresse surtout aux savants de tous les pays, qui ont bien voulu accepter la lourde charge d'apporter au Congrès les nombreux et importants Rapports concernant les diverses branches de la Physique moderne : ces Mémoires, au nombre d'environ quatre-vingts, constituent, dès à présent, l'œuvre capitale, le trait caractéristique du Congrès.

Destinés d'abord à résumer sommairement les points controversés de la Science et à servir de base aux discussions ultérieures, ces Rapports ont pris, sous l'impulsion de nos éminents collègues, un développement et une ampleur qui n'ont jamais été atteints dans aucune réunion analogue.

Bien loin de ressembler à des compilations superficielles, ce sont des œuvres originales, écrites, sur chaque sujet, par les maîtres les plus compétents, œuvres à la fois concises et profondes, « en lesquelles », comme parle Descartes, « ils ne nous découvrent que les meilleures de leurs pensées ».

Ainsi se trouve d'ores et déjà constitué un véritable monument scientifique, qui fera époque et qui assure à notre Congrès un souvenir durable, un rôle important dans l'histoire du progrès de la Philosophie naturelle à la fin du XIX^e siècle.

J'ai cité, en passant, une phrase du célèbre *Discours de la Méthode*. Si le nom de l'illustre philosophe, initiateur, avec Galilée et Pascal, de la Physique expérimentale, est venu sur mes lèvres, ce n'est pas par une vaine réminiscence littéraire ou un hasard d'improvisation. L'esprit de Descartes plane sur la Physique moderne, que dis-je ? il en est le flambeau : plus nous pénétrons dans la connaissance des phénomènes naturels, plus se développe et se précise l'audacieuse conception cartésienne relative au mécanisme de l'Univers : « Il n'y a dans le monde physique que de la matière et du mouvement ».

Le problème de l'unité des forces physiques, si hardiment proclamé par Descartes, éclipsé pendant deux cents ans par l'immortelle synthèse de Newton, ce grand problème s'est imposé à nouveau depuis les grandes découvertes qui ont signalé la fin de ce siècle : aussi, la préoccupation constante de nos maîtres modernes, Faraday, Maxwell, Hertz (pour ne parler que des illustres disparus), consiste-t-elle à préciser la nature, à deviner les propriétés de cette *matière subtile*, réceptacle de l'énergie universelle, à rechercher les lois de ses mouvements intimes, afin d'expliquer l'emménagement, la transmission et le partage de l'énergie dans ses manifestations extérieures.

Le retour aux idées cartésiennes est actuellement si manifeste que plusieurs physiciens-géomètres, et non des moins profonds, n'hésitent pas aujourd'hui à reprendre la considération de ces fameux *tourbillons*, si bafoués au siècle dernier, mais dont les propriétés, mieux étudiées, offrent des ressources d'une variété et d'une souplesse incomparables pour l'explication mécanique des phénomènes naturels.

Mais, je m'aperçois, Messieurs, que je me laisse entraîner sur un domaine attrayant et dangereux et que j'usurpe un rôle appartenant à d'illustres maîtres que nous aurons dès demain la bonne fortune d'entendre : leur parole autorisée vous entretiendra bientôt de ces hautes et difficiles spéculations, où le géomètre, le philosophe et le poète se rencontrent pour tâcher de dérober à la Nature ses plus précieux secrets.

Permettez-moi donc de descendre de ces hauteurs et de revenir, dans un langage plus terre à terre, à l'exposé de l'organisation de notre Congrès.

Votre Comité a pensé qu'il était de son devoir, pour économiser les instants si précieux de nos réunions, de vous apporter un cadre tout préparé.

Il a jugé utile de subdiviser les travaux du Congrès, suivant la nature des sujets à discuter, en Sections distinctes : le nombre de ces Sections a été porté à sept ; vous en trouverez la nomenclature, avec l'indication des Rapports qui les concernent, dans le Programme que chacun de vous a dû recevoir en se faisant inscrire comme membre du Congrès. Les ordres du jour provisoires ont été disposés de manière à permettre aux Membres de

pouvoir prendre part aux travaux de plusieurs Sections, les séances fixées aux mêmes heures se rapportant à des sujets ayant moins d'affinité entre eux.

Les travaux du Congrès ne se borneront pas à des séances de Sections : les grands établissements scientifiques parisiens vous ouvriront leurs portes; vous examinerez en détail leur organisation, leurs amphithéâtres, leurs laboratoires; quelques conférences, sans appareil, vous donneront une idée de la manière dont nous comprenons l'enseignement public; et la visite aux laboratoires, un aperçu de nos méthodes de travail et de recherches.

Quelques-uns de ces établissements conservent pieusement des appareils historiques : la visite de ces Institutions où tant de souvenirs sont attachés (je ne dirai pas à leurs murailles, car presque toutes ont été transformées ou agrandies), vous rappelleront les grands noms dont la Science française est justement fière : Laplace, Malus, Arago, Biot, Fresnel, Ampère, Becquerel, Regnault, Pouillet, Fizeau, Foucault, Jamin.

Le Comité a jugé qu'il était utile de ménager quelques distractions pour reposer les esprits : il restera, dans les intervalles des séances, assez de temps pour visiter l'Exposition universelle, qui est, pour beaucoup d'entre vous, un attrait puissant et désiré.

D'autre part, des réceptions officielles ou privées permettront aux membres du Congrès de se réunir familièrement et de nouer des relations personnelles, dont vous garderez de précieux souvenirs.

M. le Président de la République a bien voulu promettre (dès que le deuil qui trappe aujourd'hui d'une façon si cruelle une nation amie le lui permettra), de recevoir le Congrès. Ce sera probablement le vendredi 10. Enfin, nous recevrons chez M. le Prince Roland Bonaparte, membre de la Commission d'organisation, l'hospitalité gracieuse que les savants de tous les pays trouvent toujours auprès de lui.

Je m'arrête ici, Messieurs : mon rôle est terminé, et je dépose devant vous les pouvoirs que la Société française de Physique m'avait confiés. J'ai la satisfaction de constater, par votre bienveillant accueil, que la première et la plus difficile partie de notre tâche a été menée à bonne fin; il vous reste à accomplir la seconde, qui sera, tout le présage, véritablement féconde.

Vous allez vous constituer définitivement, nommer le Bureau qui doit diriger le Congrès, ainsi que les Bureaux des Sections : j'attends votre décision pour céder la Présidence à celui que vous jugerez digne de vous représenter.

Sur la proposition de M. Warburg, professeur à l'Université de Berlin, M. Cornu est nommé par acclamation président effectif du Congrès; on procède ensuite à l'élection du bureau et, suivant les propositions de la Commission, on décide que le Congrès se partagera en sept sections.

Le bureau du Congrès et les bureaux des sections se trouvent composés de la façon suivante :

BUREAU DU CONGRÈS.

PRÉSIDENT D'HONNEUR.

Lord KELVIN.

PRÉSIDENT DU CONGRÈS.

M. CORNU.

VICE-PRÉSIDENTS.

Français. M. CAILLETET. — M. H. POINCARÉ. — *Étrangers.* Sir W. ROBERTS-AUSTEN (Anglais). — M. Graham BELL (Américain). — M. F. EXNER (Autrichien). — M. LANGLEY (Américain). — M. RIGHI (Italien). — M. SCHWEDOFF (Russe). — M. VAN DER WAALS (Hollandais). — M. WARBURG (Allemand).

SECRÉTAIRES GÉNÉRAUX.

Français. M. Lucien POINCARÉ. — *Étranger.* M. Ch.-Éd. GUILLAUME (Suisse).

SECRÉTAIRES DES SÉANCES.

Français. M. ABRAHAM. — M. RAVEAU. — *Étrangers.* M. DU BOIS (Hollandais). — M. HURMUZESCU (Roumain). — M. LEBEDEF (Russe). — M. NAGAOKA (Japonais).

TRÉSORIER.

M. DE LA TOUANNE.

BUREAU DES SECTIONS.

PREMIÈRE SECTION.

Questions générales. Mesures, unités.

PRÉSIDENTS.

Français. M. BENOIT. — *Étranger.* Général RYKATCHEF (Russe) — M. THIESEN (Allemand).

VICE-PRÉSIDENT.

M. PÉROT.

SECRÉTAIRES.

M^{me} CURIE. — M. LAMOTTE.

DEUXIÈME SECTION.

Physique mécanique et moléculaire.

PRÉSIDENTS.

Français. M. VIOLLE. — *Étrangers.* M. VAN DER MENSBRUGGHE (Belge).
— M. VOLTERRA (Italien).

VICE-PRÉSIDENT.

M. AMAGAT.

SECRÉTAIRES.

M. Daniel BERTHELOT. — M. BÉNARD.

TROISIÈME SECTION.

Optique et thermodynamique.

PRÉSIDENTS.

Français. M. LIPPMANN. — *Étrangers.* M. RYDBERG (Suédois). — M. GLAZEBROOK (Anglais).

VICE-PRÉSIDENTS.

M. GOUY. — M. MACÉ DE LÉPINAY.

SECRÉTAIRES.

M. BRUNHES. — M. DONGIER.

QUATRIÈME SECTION.

Électricité et magnétisme.

PRÉSIDENTS.

Français. M. POTIER. — M. BOUTY. — *Étrangers.* M. BOYS (Anglais). —
M. DRUDE (Allemand).

VICE-PRÉSIDENT.

M. CURIE.

SECRÉTAIRES.

M. P. WEISS. — M. MAURAIN.

CINQUIÈME SECTION.

Magnéto-optique, rayons cathodiques, uraniques, etc.

PRÉSIDENTS.

Français. M. BECQUEREL. — *Étrangers.* M. VOIGT (Allemand). — M. LORENTZ (Hollandais).

SECRÉTAIRES.

M. COTTON. — M. PERRIN.

SIXIÈME SECTION.

Physique cosmique.

PRÉSIDENTS.

Français. M. MASCART. — *Étranger.* M. CLEVELAND ABBE (Américain). — M. HAGENBACH (Suisse).

VICE-PRÉSIDENT.

M. GROVA.

SECRÉTAIRE.

M. CHAUVEAU.

SEPTIÈME SECTION.

Physique biologique.

PRÉSIDENTS.

Français. M. D'ARSONVAL. — M. CHARPENTIER.

SECRÉTAIRE.

M. BROCA.



SÉANCES DES SECTIONS.

PREMIÈRE SECTION.

QUESTIONS GÉNÉRALES. UNITÉS. MESURES.

PREMIÈRE SÉANCE.

7 AOÛT.

La séance est ouverte à 9^h 30^m, sous la présidence de M. BENOIT, assisté du général RYKATCHEF.

M. BENOIT lit une partie de son rapport sur la *Précision des déterminations des longueurs en métrologie* ⁽¹⁾.

M. PELLAT communique son rapport sur les laboratoires physico-techniques nationaux ⁽²⁾.

Après la lecture de ce rapport et comme conclusion à ce travail, M. BENOIT propose à l'assemblée de voter le vœu suivant :

Vu les immenses avantages pour la Science et pour l'Industrie que les laboratoires nationaux physico-techniques analogues à la Physikalisch-technische Reichsanstalt de Charlottenbourg ont procurés aux pays qui en sont pourvus, le Congrès international de Physique de 1900 émet le vœu que les pouvoirs publics s'occupent d'urgence de la création de semblables laboratoires dans les pays qui, comme la France, n'en possèdent pas encore.

Adopté à l'unanimité.

M. GUILLAUME donne ensuite lecture de son rapport sur les unités de mesure ⁽³⁾. — Comme conclusion, il fait les propositions suivantes :

⁽¹⁾ Tome I, p. 30.

⁽²⁾ Tome I, p. 101.

⁽³⁾ Tome I, p. 78.

1° L'unité de pression est la barye, pression exercée par une colonne de mercure de 75^{cm} à 0°; l'intensité normale de la pesanteur est définie par la condition que cette unité soit égale à une mégadyne par centimètre carré;

2° L'unité radiométrique (et la constante solaire notamment) doit être rattachée au système C. G. S. et exprimée en watts par centimètre carré;

3° M. Guillaume recommande l'emploi des diagrammes comptés en longueurs d'onde pour représenter la répartition de l'énergie dans le spectre et l'adoption de l'échelle logarithmique pour toutes les radiations depuis l'ultra-violet jusqu'aux ondes électriques. Il propose encore de diviser l'ensemble du spectre en zones (analogues aux octaves acoustiques); la zone Z_0 correspondant au spectre visible (0^μ, 4 à 0^μ, 8); les zones successives étant notées à partir de celle-là Z_{-1} , Z_{-2} , Z_{-3} , vers l'ultra-violet, Z_1 , Z_2 , . . . , vers l'infra-rouge.

La discussion des propositions de M. Guillaume est renvoyée à la séance du jeudi 9 août.

M. le conseiller RIECKE (Göttingen) présente, en son nom et en celui de M. le professeur KLEIN, un recueil de conférences où est retracée l'histoire des divers établissements de l'Université de Göttingen destinés à l'enseignement de la Physique et de la Mécanique appliquées et où sont traitées diverses questions relatives à l'enseignement de ces sciences.

La séance est levée à midi.

DEUXIÈME SÉANCE.

9 AOÛT.

M. BENOIT, *président*, ouvre la séance à 9^h.

M. PELLAT résume le rapport de M. Leduc sur l'équivalent électro-chimique de l'argent (1).

(1) Tome II, p. 440.

M. VIOLLE lit son Mémoire sur la vitesse de propagation du son ⁽¹⁾. Ce Mémoire donne lieu à quelques remarques.

M. GUILLAUME. D'après les observations de M. Violle, un son se propage sous la forme d'une onde très allongée; le front de l'onde se relève de plus en plus, et la vitesse de propagation devient supérieure à la vitesse normale et ne dépend plus que de la condensation. La compression n'étant pas adiabatique, la température est plus élevée derrière le front de l'onde, et la discontinuité devient moins prononcée.

Dans un milieu explosif, il y a déflagration au moment du passage de l'onde; c'est cette déflagration qui fournit, suivant la théorie de M. P. Vieille, l'énergie nécessaire à la transmission de l'onde, et la vitesse de l'onde explosive devient ainsi déterminée.

M. Guillaume parle ensuite des ondes engendrées par le déplacement des projectiles.

M. FROT. Les projectiles produisent une onde sonore, même quand ils se déplacent avec une vitesse inférieure à celle du son. On peut enregistrer une vitesse inférieure à celle du son. On peut enregistrer cette onde en soustrayant l'enregistreur à l'onde de déflagration.

Général RYKATCHEF. La pression de l'air est-elle la même en tous les points du tuyau dans lequel opérait M. Violle?

M. VIOLLE. Le tuyau ayant peu de pente et étant fermé aux deux bouts, la pression relevée en divers points a montré que l'équilibre était complet.

M. BENOIT. M. Violle a parlé de l'emploi du ruban comme mesure de longueur. Dans les conditions où opérait M. Violle, c'est-à-dire à couvert, l'emploi du ruban donne une précision suffisante pour le but proposé. Aujourd'hui, pour les opérations géodésiques faites en plein air, on a essayé l'emploi des fils, qui donnent moins de prise au vent.

M. GUILLAUME rappelle ses propositions précédentes (échelle du spectre), division du spectre en zones : Z_2, Z_1, Z_0, Z_{-1} .

⁽¹⁾ Tome I, p. 228.

M. VON OETTINGEN propose d'affecter les indices négatifs à l'ultra-violet.

M. THIESEN propose de ne pas voter sur la question, qui n'est pas suffisamment préparée.

M. GUILLAUME fait remarquer qu'il a pris soin d'adresser, plusieurs semaines avant l'ouverture du Congrès, des exemplaires de son rapport aux sociétés qui avaient désigné des délégués; le délai était suffisant pour permettre à ceux-ci d'étudier la question.

M. PÉROT propose la nomination d'une Commission et la remise de la discussion après le rapport de cette Commission. MM. Guillaume et Pellat se rallient à cette motion. (Adopté.)

Les autres propositions de M. Guillaume (unité radiométrique), unité de pression, etc., sont renvoyées à la Commission, ainsi que la proposition de M. von Oettingen de donner à l'unité C. G. S. de vitesse le nom de *cel* et à l'unité C. G. S. d'accélération le nom de *gal*.

M. DE REY-PAILHADE (1) demande que les physiciens étudient l'application du système décimal au temps, le Congrès de Chronométrie ayant décidé d'étudier la question au point de vue scientifique. L'auteur estime que la meilleure unité de temps est la 100 000^e partie du jour entier. Renvoyé à la commission.

La Commission des unités sera composée comme il suit :

Le bureau du Congrès;

Le bureau de la première section;

MM. BATTELLI, BOUTY, BOYS, GALITZINE, GLADSTONE, GRIMALDI, HOSPITALIER, KAYSER, MACÉ DE LÉPINAY, NAGAOKA, PELLAT, PFAUNDLER, RYDBERG, RYKATCHEF, SARRAN, SORET, SPRING, WEBSTER.

Cette Commission se réunira le vendredi 10 août à 9^h du matin.

La séance est levée à 12^h 15^m.

(1) Tome IV, p. 65.

TROISIÈME SÉANCE.

11 AOÛT.

M. BENOIT, *président*, donne la parole à M. BOYS pour la lecture de son rapport.

M. BOYS expose les points principaux de ses travaux sur la détermination de la constante de la gravitation ⁽¹⁾.

M. GUILLAUME communique ensuite une lettre de M. RICHARZ ⁽²⁾, relative au rapport de M. BOYS. D'accord sur la plupart des points avec M. BOYS, M. RICHARZ évalue un peu différemment l'erreur probable dont est affecté le résultat.

M. BRILLOUIN lit le rapport de M. EÖTVÖS ⁽³⁾.

M. EÖTVÖS a réussi à effectuer avec un appareil de dimensions très restreintes des déterminations très sensibles de la constante de gravitation et de la forme de la Terre. L'appareil se compose essentiellement d'une balance de torsion, dont le levier porte à ses extrémités deux masses sphériques situées à des hauteurs différentes.

M. BRILLOUIN fait remarquer que l'effet mesuré par M. EÖTVÖS a pu influencer, à titre de cause perturbatrice, les mesures faites à l'aide de la balance de Cavendish. Il insiste encore sur la distinction entre le couple de stabilité et le couple d'instabilité d'un appareil de torsion. C'est cette circonstance qui permet d'employer dans l'appareil d'Eötvös un fil assez gros, sans empêcher d'obtenir une durée d'oscillation très longue et, partant, une grande sensibilité : on crée un couple d'instabilité qui peut être égal ou même supérieur au couple de stabilité.

M. GUILLAUME insiste sur l'importance des recherches de M. EÖTVÖS et sur l'intérêt qu'il y aurait à les répéter dans de nombreuses stations.

M. ARNOUX demande en quoi était fait le levier. Sur la réponse

⁽¹⁾ Tome III, p. 306.

⁽²⁾ Tome IV, p. 69.

⁽³⁾ Tome III, p. 371.

que ce levier était en laiton, il rappelle que le laiton renferme toujours des traces de fer et est magnétique.

M. L. POINCARÉ, sur la demande de M. THIESEN, communique le procès-verbal de la séance de la Commission des unités.

M. RYKATCHEF demande qu'on se contente d'annexer le procès-verbal de la Commission aux rapports.

M. WEBSTER dit que la question est suffisamment préparée et qu'il faut profiter de l'occasion offerte par la réunion du Congrès pour émettre des vœux.

On décide que les conclusions de la Commission seront communiquées à une séance plénière du Congrès, qui aura lieu le dimanche 12 août à 10^h du matin.

M. CHAPPUIS lit son rapport sur les échelles thermométriques ⁽¹⁾.

M. LE CHATELIER insiste sur la difficulté de trouver des enveloppes qui restent imperméables jusqu'aux températures très élevées. Le platine reste bien imperméable aux gaz autres que l'hydrogène, mais il se ramollit et se déforme.

Les porcelaines, les verres et en général tous les composés siliceux analogues, voire le quartz, sont aux températures élevées des semi-liquides qui dissolvent les gaz et même la vapeur d'eau. Il serait donc indispensable d'adopter une méthode qui fût indépendante de la perméabilité de l'enveloppe.

Telles sont les méthodes de Becquerel, dans laquelle on fait varier la masse du gaz, la méthode interférentielle de M. D. Berthelot, celle de Despretz, consistant à comparer le son que rend un tuyau porté dans l'enceinte à la température cherchée avec le son rendu par un tuyau à fond mobile laissé en dehors de l'enceinte.

M. BERTHELOT résume ensuite le rapport de M. BARUS ⁽²⁾ sur la pyrométrie. Il ajoute que les résultats des recherches de MM. Holborn et Duy à la *Physikalische Reichsanstalt* dont il est question dans ce rapport ont paru dans le numéro de juillet 1900 des *Wie-*

⁽¹⁾ Tome I, p. 131.

⁽²⁾ Tome I, p. 148.

demann's Annalen. Les auteurs ont trouvé avec leur thermomètre à azote en platine iridié, pour les points de fusion de l'argent et de l'or, les nombres $961^{\circ},5$ et $1064^{\circ},5$ qui sont presque identiques aux nombres 962° et 1064° trouvés par M. B. Berthelot par la méthode interférentielle. M. GUILLAUME résume les rapports de MM. AMES ⁽¹⁾ et GRIFFITHS ⁽²⁾.

M. AD. GADOT dépose sur le bureau un Mémoire sur les *Unités de la Force* et donne un aperçu des conclusions de ce Mémoire.

M. BENOIT, président, remercie les physiciens qui ont pris part aux travaux de la Section et lève la séance.

DEUXIÈME SECTION.

PHYSIQUE MÉCANIQUE ET MOLÉCULAIRE.

PREMIÈRE SEANCE.

7 AOUT.

La séance est ouverte à 9^h20^m, sous la présidence de M. VIOLLE, puis de Lord KELVIN, assistés de M. VAN DER MENSBRUGGHE.

M. le PRÉSIDENT souhaite la bienvenue aux physiciens de la section de Physique mécanique et moléculaire et indique le cadre des travaux. Il prie les auteurs des rapports, étant donné le petit nombre de séances, de mettre seulement en relief les idées essentielles et de remettre eux-mêmes aux secrétaires un court résumé de leurs communications pour faciliter la rédaction des procès-verbaux.

M. AMAGAT donne un résumé de son rapport sur la Statique expérimentale des fluides ⁽³⁾, qui expose les données actuelles sur la relation entre le volume, la pression et la température des

⁽¹⁾ Tome I, p. 178.

⁽²⁾ Tome I, p. 214.

⁽³⁾ Tome I, p. 551.

fluides, en employant la représentation graphique si commode qui consiste à prendre les pressions comme abscisses et les produits p_v comme ordonnées.

M. Amagat insiste sur l'intérêt que présenterait la vérification de la constance du coefficient de pression $\frac{dp}{dv}$ à volume constant.

Il indique l'état actuel des vérifications expérimentales de la loi des états correspondants due à M. van der Waals et des conséquences théoriques qu'on en peut tirer.

M. Amagat a lui-même indiqué une règle très générale, basée sur des considérations d'homogénéité pour trouver toutes ces relations entre les divers coefficients caractéristiques des fluides soit proprement physiques, soit définis par la Thermodynamique.

M. E. MATHIAS résume à son tour les grandes lignes de son rapport (1) sur les méthodes de détermination des constantes critiques et les résultats qu'elles ont fournis, en s'attachant surtout aux corps homogènes.

Parmi ces méthodes, les unes donnent les trois constantes critiques :

1° La méthode des états saturés (S. Young, Amagat).

[Voir la méthode d'Andrews, qui utilise l'ensemble des isothermes et exige une équation caractéristique $f(p, v, t) = 0$] ;

2° La méthode graphique d'Amagat par superposition des réseaux d'isothermes, basée sur la loi des états correspondants.

Mais cette dernière loi n'est applicable qu'en introduisant la notion de groupes qu'on ignore *a priori* (E. Mathias, D. Berthelot, M^{me} K. Meyer).

Les méthodes donnant deux constantes sont celles de la compression en vase clos à diverses températures (Cailletet-Colardeau) et celle de la détente (Olszewski) donnant p_c et t_c et la méthode optique (Nadejdine, Gouy-Mathias) donnant t_c et la densité critique. Enfin d'autres méthodes ne donnent que la température critique, par exemple, celle de M. J. Chappuis, par l'identification des indices de réfraction du liquide et de sa vapeur.

M. Mathias insiste sur la nécessité d'opérer les déterminations sur les corps très purs.

(1) Tome I, p. 615.

M. AMAGAT prend la défense de la loi des états correspondants : les calculs de M^{me} K. Meyer ont porté sur les parties du réseau les plus voisines du point critique, c'est-à-dire les moins certaines. La discussion devrait porter sur la comparaison des écarts observés et les erreurs possibles.

M. VAN DER MENSBRUGGHE, président étranger, remercie de l'honneur qu'on lui a fait de l'appeler à siéger au bureau de la section.

M. SPRING résume ses expériences sur les propriétés des solides sous pression, la diffusion de la matière solide et les mouvements internes de la matière solide qui font l'objet d'un des rapports du Congrès ⁽¹⁾.

Un certain nombre de faits semblent de nature à modifier les idées admises sur les propriétés des solides. En particulier, les solides sous pression, sauf le cas des états allotropiques, conservent une élasticité parfaite, absolument comme les fluides. Les expériences sur la soudure bimétallique et la formation d'alliages par pression sont particulièrement saisissantes.

M. Spring ayant rappelé une expérience de M. Warburg sur la migration des atomes du sodium à travers le verre, M. Warburg ajoute quelques détails sur cette expérience d'électrolyse du verre.

M. le PRÉSIDENT et M. GERNEZ rappellent deux faits du même ordre, d'une part la diffusion du carbone à travers la porcelaine des creusets et de l'autre la diffusion mutuelle du zinc et du cuivre à une température qui ne dépasse pas 100°.

Sur l'invitation du Président, Lord KELVIN, président d'honneur du Congrès, présent à la séance, prend place au fauteuil.

M. VAN DER MENSBRUGGHE résume son rapport ⁽²⁾ sur quelques phénomènes capillaires.

Il s'attache surtout à montrer que, malgré l'opinion généralement admise, qui consiste à regarder les liquides comme pratiquement incompressibles, l'élasticité de compression ou même de

⁽¹⁾ Tome I, p. 402.

⁽²⁾ Tome I, p. 487.

traction peut développer dans les liquides des effets tout à fait notables.

La séance est levée à 11^h 40^m.

DEUXIÈME SÉANCE.

9 AOUT.

La séance a lieu sous les présidences successives de MM. AMAGAT et VIOLLE, assistés de MM. VAN DER MENSBRUGGHE et VOLTERRA.

La séance est ouverte à 9^h 10^m.

Le prince GALITZINE (1) expose ses expériences sur l'indice critique. Il a mesuré les indices de l'éther au voisinage du point critique de dixième en dixième de degré par deux méthodes : la méthode de la lentille et la méthode du prisme. Il décrit le thermostat et l'agitateur employés et insiste sur l'importance de l'agitation. Les divergences entre les observateurs tiennent moins aux impuretés qu'au défaut de mélange.

Il montre que la formule de Lorentz donne de bons résultats dans un intervalle très vaste et conclut que la méthode de la lentille peut donner la température critique à 0°,1 près.

M. W. VOIGT donne un aperçu de l'état actuel de nos connaissances sur l'élasticité des cristaux. Son Mémoire (2) contient des vues générales sur l'emploi des relations de symétrie dans la physique des cristaux.

Au point de vue de la théorie moléculaire de l'élasticité, M. Voigt montre qu'on trouve les vingt et un coefficients indépendants, à condition de ne pas faire, comme Cauchy et Poisson, l'hypothèse restrictive de forces centrales, fonction de la distance seulement, mais d'admettre un potentiel qui dépend de l'orientation relative de molécules.

(1) Tome I, p. 668.

(2) Tome I, p. 277.

L'analyse de M. Voigt fait ainsi disparaître toute contradiction entre la théorie moléculaire et les résultats expérimentaux.

M. P. WEISS montre que les méthodes de M. Voigt permettent de trancher la question du coefficient de Poisson restée longtemps controversée entre théoriciens et expérimentateurs.

Les corps quasi isotropes étant des enchevêtrements de cristaux, on trouve que le problème de la traction d'un prisme dépend de deux paramètres et non pas d'un seul.

M. Weiss insiste sur la difficulté qu'il y a à connaître tous les paramètres régissant l'élasticité d'un cristal et signale l'importance de la partie expérimentale du travail de M. Voigt, qui a fait cette détermination complète sur douze cristaux de divers systèmes.

Ce sont les seules données numériques que nous possédions jusqu'à présent.

M. P. CURIE donne un bref aperçu de ses vues, anciennement publiées, sur la symétrie des cristaux et sur les grandeurs dirigées, liées aux types de symétrie dans l'espace.

Il montre que, si l'on cherche tous les types de symétrie possibles autour d'un point, quel que soit le système que l'on considère, on reconnaît successivement :

1° La symétrie du cylindre circulaire droit (elle comporte un axe d'isotropie, étant la symétrie de l'ordre le plus élevé);

2° La symétrie du tronc de cône, qui est la symétrie du champ électrique;

3° La symétrie du cylindre tournant autour de son axe, qui est la symétrie du champ magnétique;

4° La symétrie du cylindre tordu en deux sens opposés dont on ne trouve guère l'analogie dans les phénomènes naturels, mais que l'on pourrait arriver à réaliser dans certaines expériences spéciales avec les liquides doués de pouvoir rotatoire;

5° Enfin la symétrie du tronc de cône tournant, qui est la plus faible de toutes.

A chacune de ces symétries correspondent des grandeurs dirigées que M. Voigt baptise des noms de *tenseur* (cylindre), *vecteur polaire* (tronc de cône), *vecteur axial* (cylindre tournant).

M. Curie propose de désigner par *torseur* toute grandeur physique répondant à la symétrie du cylindre tordu.

M. B. WEINBERG expose son Mémoire ⁽¹⁾ sur la fusion et la cristallisation d'après les recherches de M. G. TAMMANN. Ces recherches, à la fois expérimentales et théoriques, ont surtout porté sur le passage de l'état liquide à l'état solide, soit amorphe, soit cristallisé.

On sait que M. Tammann, en opérant avec d'énormes pressions, a découvert deux nouveaux états solides allotropiques de l'eau, qu'il appelle *glace II* et *glace III*, toutes les deux plus denses que l'eau liquide.

M. BÉNARD analyse le Mémoire de M. A. BATTELLI ⁽²⁾ sur les chaleurs spécifiques des gaz.

L'auteur passe successivement en revue les différentes déterminations des deux chaleurs spécifiques C_p et C_v et du rapport $\frac{C_p}{C_v}$ en insistant sur les plus récentes recherches relatives aux variations de ces trois quantités avec la pression de la température.

M. Ch.-Éd. GUILLAUME ⁽³⁾ entretient la section des déformations passagères des solides. Il expose ses études sur les variations de zéro des thermomètres à mercure et montre comment les recherches de cet ordre ont conduit les constructeurs à fabriquer des verres très peu variables : le premier de ces verres, l'ancien verre dur français, était un silicate de soude et de chaux contenant moins de 1 pour 100 de potasse. Les silicoborates de soude, de chaux et d'alumine jouissent des mêmes propriétés. Au contraire, les verres qui contiennent des proportions comparables de soude et de potasse sont très variables. On constate que les verres qui ont de grands résidus thermiques ont aussi de grands résidus élastiques.

M. Guillaume rapproche de ces faits les phénomènes résiduels que l'on rencontre dans la variation de la résistivité de certains alliages avec le temps et montre que les phénomènes de phosphorescence peuvent s'interpréter dans le même ordre d'idées.

Il conclut que les phénomènes résiduels tiennent à des varia-

⁽¹⁾ Tome I, p. 449.

⁽²⁾ Tome I, p. 682.

⁽³⁾ Tome I, p. 432.

tions chimiques et que le retour à l'état chimique primitif fait disparaître la déformation.

La séance est levée à midi.

TROISIÈME SÉANCE.

11 AOÛT.

La séance est ouverte à 9^h 10^m, sous la présidence de M. AMAGAT, assisté de M. VAN DER MENSBRUGGHE.

M. Th. SCHWEDOFF ⁽¹⁾ expose ses recherches sur la rigidité des liquides, après avoir rappelé les expériences de Maxwell, Kundt et de Metz. Il a employé une balance de torsion dans laquelle le couple de torsion d'un fil d'acier est équilibré à l'état statique par la réaction du liquide tordu compris entre le cylindre fixe et un cylindre suspendu au fil. M. Schwedoff a pu ainsi mesurer le module d'élasticité de solutions de gélatine. Il donne la théorie du phénomène : en particulier, le frottement interne dépend de la vitesse de déformation, ce que vérifie l'expérience.

M. Daniel BERTHELOT donne une analyse du rapport de sir W. ROBERTS-AUSTEN ⁽²⁾ sur la constitution des alliages métalliques (en collaboration avec M. Stansfield). Dans ce Mémoire, les auteurs montrent en particulier l'importance des solutions solides où l'un des métaux sert de dissolvant à l'autre ; c'est le cas général au moment de la solidification ; la séparation d'un métal pur est un cas exceptionnel. Les températures de fusion observées et celles calculées par les équations de Van't Hoff ou de Le Chatelier offrent des différences qui disparaissent quand on tient compte de la formation de solutions solides.

M. Daniel Berthelot résume ensuite le Mémoire de M. VAN DER WAALS ⁽³⁾ sur la statique des fluides (mélanges). On sait que l'au-

⁽¹⁾ Tome I, p. 478.

⁽²⁾ Tome I, p. 363.

⁽³⁾ Tome I, p. 583.

teur, depuis plus de dix ans, n'a cessé de développer la série moléculaire des fluides en l'appliquant en particulier aux mélanges, et que les prévisions de la théorie se sont montrées vérifiées par les recherches expérimentales dues à l'initiative de M. K. Onnes à Leyde.

La surface d'énergie libre, envisagée par M. Gibbs, permet de discuter tous les cas d'équilibre stable ou instable de plusieurs phases coexistantes. M. van der Waals expose les phénomènes critiques d'un mélange et termine par l'étude du cas d'un mélange de substances anormales.

M. A. MESNAGER ⁽¹⁾ expose les lois expérimentales de la déformation des solides isotropes. Il étudie d'abord les surfaces de rupture des corps cassants non susceptibles de déformations permanentes (rupture par tension, par compression ou par torsion). Il montre la facilité que donne la biréfringence pour l'étude des déformations élastiques et en cite des exemples variés. Quant aux déformations permanentes, elles sont constituées par des glissements qui se produisent dans des plans faisant avec la direction de la traction un angle fixe. L'auteur indique les conditions théoriques de la rupture ou de la déformation permanente.

M. M. BRILLOUIN étant appelé à la première section, M. BÉNARD résume son Rapport ⁽²⁾ sur la diffusion des gaz ainsi que celui de M. Van't Hoff ⁽³⁾ sur la cristallisation.

Après avoir rappelé les équations qui définissent le coefficient de diffusion mutuelle de deux gaz, M. Brillouin indique l'importance des déterminations relatives à l'action de la température au point de vue des théories moléculaires soit purement cinétiques, soit dynamiques.

L'auteur discute les expériences de M. Waitz et de M. von Obermayer et montre que rien n'autorise à en conclure que le coefficient de diffusion dépende de la composition du mélange. Il dépend seulement de la température et de la pression totale, supposées uniformes.

⁽¹⁾ Tome I, p. 348.

⁽²⁾ Tome I, p. 512.

⁽³⁾ Tome I, p. 464.

M. BÉNARD analyse ensuite le Rapport ⁽¹⁾ de M. V. BJERKNES sur les actions hydrodynamiques à distance d'après la théorie de son père C.-A. Bjerknes. On sait quel intérêt présente pour le physicien ces conceptions purement théoriques qui permettent de reconstituer toutes les propriétés des champs newtoniens à l'aide de sphères pulsantes plongées dans un fluide incompressible dénué de viscosité.

L'ordre du jour étant épuisé, M. le PRÉSIDENT lève à 11^h30 la séance qui termine les travaux de la section, après quelques paroles d'adieux et de remerciements aux physiciens qui ont suivi ces travaux avec tant d'intérêt et d'assiduité.

TROISIÈME SECTION.

OPTIQUE ET THERMODYNAMIQUE.

PREMIÈRE SÉANCE.

8 AOUT.

La séance s'ouvre à 9^h du matin, sous la présidence de M. CORNU, *président du Congrès*, assisté de MM. LIPPMANN, *président de la section*; RYDBERG et GLADSTONE, *vice-présidents*.

Lord KELVIN expose la question qui fait l'objet de son Rapport ⁽²⁾. Dans une conférence pleine d'aperçus nouveaux, il passe en revue les problèmes que soulève l'application de la dynamique de l'éther aux diverses branches de la Physique ⁽³⁾.

M. CORNU, au nom de l'Assemblée entière, remercie Lord Kelvin de cette admirable conférence.

⁽¹⁾ Tome I, p. 251.

⁽²⁾ Tome II, p. 1.

⁽³⁾ Lord Kelvin a bien voulu rédiger une Note sur les points de sa conférence qui n'avaient pas été traités dans son Rapport; cette Note est imprimée à la suite du Rapport, t. II, p. 19.

M. CARVALLO ⁽¹⁾ expose les diverses théories de la dispersion et conclut à la supériorité de la théorie de Helmholtz qui est la plus souple et qui se plie le mieux aux nouvelles découvertes dans le spectre infra-rouge. En passant, M. Carvallo signale aux physiciens la méthode d'interpolation de Cauchy dont il a lui-même fait d'heureuses applications.

M. CASALONGA rappelle qu'il a publié, il y a plusieurs années, une théorie de la dispersion fondée sur un mode de circulation de l'éther.

M. RUBENS ⁽²⁾, après s'être excusé de s'exprimer en allemand, expose ses travaux sur le spectre infra-rouge.

LORD KELVIN le remercie et insiste sur l'importance et l'intérêt de ces travaux.

La séance est levée à midi.

DEUXIÈME SÉANCE.

10 AOUT.

La séance est ouverte à 9^h.

M. LIPPMANN la préside, assisté de MM. RYDBERG et MACÉ DE LÉPINAY.

M. L. POINCARÉ, *secrétaire général du Congrès*, signale à la section le volume des *Constantes physiques* rédigé par M. Dufet sous les auspices de la Société française de Physique. Ce volume de 1300 pages renferme les résultats des déterminations faites en Optique jusqu'à ce jour. C'est une œuvre considérable à laquelle M. Dufet a travaillé pendant dix ans.

M. RYDBERG ⁽³⁾ résume son Rapport sur la répartition des raies spectrales.

M. RUNGE présente quelques observations; il croit que la for-

⁽¹⁾ Tome II, p. 175.

⁽²⁾ Tome II, p. 141.

⁽³⁾ Tome II, p. 200.

mule définitive n'a pas encore été trouvée ; si elle était connue, la constante M signalée dans le Mémoire de M. Rydberg serait une des plus importantes de la nature.

M. RYDBERG remarque que la série de l'hydrogène est très bien exprimée par la formule de Balmer avec $p = 0$, mais beaucoup moins bien par les autres formules.

M. DESLANDRES complète sur un point spécial le Rapport de M. Rydberg.

Les raies à intervalles régulièrement décroissants qui forment les séries et groupes caractéristiques sont en général peu nombreuses. La série qui en offre le plus (dix-sept, d'après le Mémoire) appartient à l'hélium.

M. Deslandres signale la série principale de l'hydrogène qui présente trente raies, reconnues pour la plupart dans les astres. Aux quatre raies lumineuses connues, Huggins, en 1880, ajoute dix raies ultra-violettes trouvées dans les étoiles blanches. En 1885, Balmer indique la formule simple qui représente ces quatorze raies. Or, en 1892 (*Comptes rendus*, t. CXV, p. 222), M. Deslandres reconnaît dans une belle protubérance du Soleil cinq raies nouvelles mesurées avec précision et représentées aussi par la formule de Balmer. Enfin, en 1898, Evershed, pendant l'éclipse de 1898, obtient onze autres raies nouvelles, soit en tout trente raies de l'hydrogène ⁽¹⁾. M. Deslandres a observé cette série complète de trente raies pendant l'éclipse de 1900, et présente à la section l'épreuve obtenue. Les mesures de ces nouvelles raies seront publiées plus tard. L'hydrogène se distingue des autres corps par le grand nombre des harmoniques et aussi par l'accord remarquable du nombre des vibrations avec la formule simple de Balmer.

M. LIPPMANN expose le résumé de son Mémoire ⁽²⁾. Il établit l'existence d'un désaccord entre le principe de Carnot et la théorie cinétique des gaz.

M. CASALONGA pense qu'il est nécessaire de faire une revision approfondie du principe de Carnot.

⁽¹⁾ *The Indian Eclipse of 1898* (by Maunder, p. 79).

⁽²⁾ Tome I, p. 516.

M. LIPPMANN pense au contraire que la théorie cinétique des gaz doit être seule mise en cause dans cette circonstance. Il développe ensuite cette idée, justifiée par la marche du progrès scientifique, que la Science progresse du concret à l'abstrait. En passant de l'Arithmétique à la Géométrie, de la Géométrie à la Mécanique, on introduit chaque fois de nouvelles notions irréductibles avec les premières. Il pourrait se faire que la Physique exigeât, pour progresser encore, l'introduction de variables nouvelles qui soient aux notions de la Mécanique ce que, par exemple, la Mécanique est à la Géométrie.

M. BRUNHES insiste sur l'intérêt que présente le sujet traité par M. Lippmann. La question la plus importante peut-être de la Philosophie scientifique actuelle est celle de la compatibilité ou de l'incompatibilité de la thermodynamique et du mécanisme. Le mécanisme, soit sous la forme que lui a donnée Descartes, la forme purement cinétique, à laquelle on paraît revenir de nos jours, soit sous la forme du dynamisme de Newton sur lequel ont vécu tous les grands physiciens mathématiciens français du commencement du XIX^e siècle, a été contestée de notre temps au nom de la Thermodynamique. Il paraît, en effet, très bien s'accorder avec l'idée de la conservation de l'énergie, mais non avec le second principe auquel les Anglais ont donné le nom de *dégradation de l'énergie*. Il y a, en effet, dans le monde quelque chose qui se conserve, mais aussi quelque chose qui s'use. Rien ne se crée, mais quelque chose se perd. Si on arrivait à concilier cette idée avec la conception d'un mode purement mécanique, on ne verrait pas, en tout cas, triompher le mécanisme auquel nous ont habitué certains vulgarisateurs et qui exclut l'idée de dégradation et d'usure du monde. Dans cette voie, il y a lieu de citer les beaux travaux de M. Brillouin sur le frottement et sur la théorie des gaz. Les considérations développées par M. Lippmann, alors même qu'on arriverait à répondre à ses objections, auront toujours le mérite d'appeler l'attention des physiciens sur cette grande question de philosophie scientifique.

M. LUMMER (1) résume en français son Mémoire avec un histo-

(1) Tome II, p. 41.

rique très complet et l'indication de ses résultats personnels sur l'émission des corps noirs, l'émission des solides et des liquides.

M. BRUNHES résume les conclusions des Rapports de M. PRINGSHEIM ⁽¹⁾ sur l'émission des gaz, de M. WIEN ⁽²⁾ sur les lois théoriques de l'émission des corps noirs. Il exprime son admiration, partagée par les Membres présents de la troisième section du Congrès, pour l'ensemble des travaux accomplis dans ces dernières années par MM. Lummer, Pringsheim et Wien.

M. RUNGE fait observer qu'il convient de ne pas oublier le nom de Paschen.

M. BRUNHES le remercie de lui permettre de réparer cette omission et associe le nom de Paschen à celui de ses compatriotes.

M. WITZ ⁽³⁾ résume son Rapport sur les progrès de la théorie des moteurs thermiques.

M. LEBEDEF ⁽⁴⁾ expose ses recherches sur les pressions exercées par les radiations, ainsi que l'application qu'il a faite des résultats qu'il a obtenus à l'explication du mouvement et de la constitution des comètes.

L'ordre du jour des séances est épuisé.

⁽¹⁾ Tome II, p. 100.

⁽²⁾ Tome II, p. 23.

⁽³⁾ Tome III, p. 296.

⁽⁴⁾ Tome II, p. 133.

QUATRIÈME SECTION.

ÉLECTRICITÉ ET MAGNÉTISME.

PREMIÈRE SÉANCE.

8 AOUT.

La séance est ouverte à 10^h, sous la présidence de M. BOUTY, assisté de M. DRUDE.

M. MAURAIN analyse dans ses grandes lignes le Rapport de M. POYNTING ⁽¹⁾ sur la propagation de l'électricité, contenant des vues si originales sur la localisation de l'énergie.

M. BOUTY résume le Mémoire ⁽²⁾, qu'il a déposé au Congrès, sur les diélectriques gazeux; il donne au Congrès la primeur de la loi, découverte par lui après la rédaction de son Rapport, qui exprime la relation entre la cohésion diélectrique et la pression. La cohésion peut être représentée comme la somme des ordonnées : 1° d'une hyperbole $y = A + B\sqrt{p(p + \pi)}$ qui se réduit, pour des valeurs suffisantes de p , à son asymptote $y = A + Bp$; 2° d'une hyperbole cubique : $y = \frac{c}{p^2}$.

Si l'on compare, pour l'hydrogène, les coefficients de l'asymptote avec ceux qui se déduisent des expériences de M. Max Wolf, sur la décharge disruptive à des pressions supérieures à la pression atmosphérique, $y = A' + B'p$, on trouve les coefficients B et B' identiques; au contraire, A' est une cinquantaine de fois supérieur à A. A' — A doit être considéré comme représentant l'effet propre des électrodes sur la valeur du champ explosif.

M. DRUDE remercie, au nom du Congrès, M. Bouty de sa très intéressante communication. La question que M. Bouty a traitée présente un très grand intérêt à cause de ses rapports avec les propriétés du milieu électromagnétique, et on doit lui être reconnaissant d'avoir ajouté à nos connaissances sur ce sujet.

⁽¹⁾ Tome II, p. 284.

⁽²⁾ Tome II, p. 341.

M. ABRAHAM parle des différentes déterminations de ν ⁽¹⁾. Il attire l'attention sur la vanité des discussions d'erreurs. La discussion des expériences de Weber et Kohlrausch, par exemple, montre qu'ils auraient pu trouver un nombre compris entre 1.10^{10} et 3.10^{10} . Néanmoins, la précision de leur résultat est supérieure, voisine de $\frac{1}{30}$. La même chose est arrivée pour Dulong, dont Regnault critiquait les expériences. Il y a des observateurs qui ont de la chance et d'autres qui n'en ont pas. Il est remarquable que ce sont toujours les mêmes : les premiers sont les bons observateurs ; Dulong, Weber et Kohlrausch en étaient.

M. PELLAT s'associe aux conclusions du Rapport de M. Abraham ; il pense comme lui qu'on peut gagner beaucoup au moyen des ressources plus récentes de l'expérimentation et indique, en particulier, la méthode qu'il a employée lui-même comme pouvant conduire maintenant à des résultats très précis.

M. ABRAHAM pense que toutes les méthodes employées pourraient l'être maintenant avec une très grande précision.

M. WEINBERG critique le procédé de réduction des résultats employé par M. Abraham, et qui consiste à ne tenir compte que des mesures considérées comme bonnes. Il convient de prendre *toutes* les mesures en leur attribuant un poids plus ou moins élevé, dépendant de l'erreur probable, et de prendre la moyenne des observations multipliées par leurs poids. Il rappelle le calcul qu'il a fait pour le Congrès des naturalistes russes de 1898, relativement aux trois quantités :

Vitesse de la lumière ;

Rapport ν ;

Vitesse des ondes électromagnétiques.

On trouve que ces quantités sont connues avec des erreurs probables très différentes, mais qu'elles concordent dans les limites de leurs erreurs probables.

M. ABRAHAM n'approuve pas cette manière de réduire les observations. Il est illusoire d'attribuer des poids aux observations dont

⁽¹⁾ Tome II, p. 247.

on ne connaît que ce qui est sur le papier et dont on ignore le plus important, le soin et l'habileté avec lesquels les observations ont été faites. Tout ce qu'on peut faire est d'éliminer les expériences dont les résultats sont manifestement mauvais. Supposons, par exemple, qu'on veuille déterminer l'heure ; d'après M. Weinberg, on prendrait les moyennes des indications des montres de tous les assistants. Or, celle de M. Abraham se trouve être arrêtée ! Faudra-t-il la faire intervenir tout de même ?

M. WEINBERG répond que s'il y avait deux ou trois mille personnes, l'erreur systématique provenant de la montre arrêtée deviendrait une erreur accidentelle et ne fausserait plus le résultat.

La séance est levée à midi.

DEUXIEME SÉANCE

VENDREDI 10 AOUT.

La séance est ouverte à 10^h 15, sous la présidence de M. BOUTY.

M. WARBURG expose son Rapport (1) sur l'hystérésis.

M. OSMOND remercie M. Warburg de l'attention qu'il a bien voulu prêter à ses idées sur l'hystérésis et du soin avec lequel il les a exposées dans son Rapport.

L'hypothèse d'Ewing n'explique pas l'influence cependant certaine qu'exercent sur les propriétés magnétiques des aciers divers corps étrangers tels que le carbone, le manganèse ou le nickel. Par contre, l'hypothèse de M. Osmond n'expliquerait pas l'hystérésis dans le fer pur. On ne peut pas dire que l'on ait jamais préparé du fer vraiment pur et, comme le remarque M. Warburg, la moindre trace d'impureté peut grandement modifier certaines propriétés. Justement, parmi les corps étrangers qui sont toujours présents dans les aciers, il en est un que l'on ne dose jamais, l'hydrogène, qui est cependant extrêmement actif, comme le prévoit la loi de

(1) Tome II, p. 509.
C. P., IV.

Roberts-Austen sur les volumes atomiques et comme le démontre pratiquement la force coercitive du fer électrolytique. Mais, quand même il serait prouvé que le fer rigoureusement pur est affecté d'hystérésis, l'hypothèse d'Ewing et celle de M. Osmond ne sont nullement incompatibles, les phénomènes hystérétiques pouvant être dus à plusieurs causes superposées.

Récemment, M. Osmond a fait des recherches sur la cristallographie des différentes variétés moléculaires du fer. Il est arrivé, sinon à démontrer rigoureusement, du moins à rendre expérimentalement probable le fait que le fer magnétique et la variété non magnétique immédiatement voisine sont susceptibles de donner des mélanges isomorphes, des *cristaux mixtes*, comme disent aujourd'hui les physico-chimistes. C'est là, semble-t-il, un nouvel argument en faveur de son opinion.

M. CURIE présente quelques remarques sur les points de transformation du fer pur et des aciers.

M. WEISS propose de conserver le mot d'*hystérésis* pour les phénomènes de retard dépendant d'une autre variable que le temps, et d'employer le mot de *retard* (*Nachwirkung*) pour ceux qui dépendent seulement du temps.

M. DU BOIS expose son Rapport ⁽¹⁾ sur les propriétés magnétiques de la matière pondérable.

M. CURIE demande à M. du Bois si ce qu'il a dit relativement à la température et à une relation possible entre l'aimantation des métaux (fer, nickel, cobalt) et les propriétés magnétiques de leurs sels se rattache à des idées théoriques.

M. DU BOIS croit qu'on devra étendre la loi de Curie (proportionnalité à l'inverse de la température absolue); les données expérimentales manquent pour préciser actuellement.

M. NAGAOKA expose son Rapport ⁽²⁾ sur la magnéto-striction.

M. WEISS résume le Rapport de M. HURMUZESCU ⁽³⁾ sur les mo-

⁽¹⁾ Tome II, p. 460.

⁽²⁾ Tome II, p. 536.

⁽³⁾ Tome II, p. 557.

difications physiques dues à l'aimantation, et celui de M. RIGHI ⁽¹⁾ sur les ondes hertziennes.

M. PILTSCHIKOFF présente quelques épreuves de photogalvanographie ⁽²⁾.

M. L. POINCARÉ expose les idées récentes relatives à la théorie de la pile ⁽³⁾.

M. NERNST donne les formules qu'il a proposées relativement à cette théorie et expose leurs conséquences.

M. MAURAIN résume les Rapports de M. CHRISTIANSEN ⁽⁴⁾ sur l'électricité de contact et de M. E. ARRHÉNUS ⁽⁵⁾ sur la dissociation électrolytique.

La séance est levée à 12^h15^m.

TROISIÈME SÉANCE.

SAMEDI 11 AOÛT.

La séance est ouverte à 10^h, sous la présidence de M. DRUDE, puis de M. CURIE.

M. MAURAIN rend compte du Rapport ⁽⁶⁾ de M. VON LANG sur la force contre-électromotrice de l'arc.

M. le capitaine FROT, à ce sujet, présente des photographies d'un arc à courant alternatif, dont les éclats successifs ont été séparés au moyen d'un miroir tournant.

M. BOSE présente les résultats d'un Travail ⁽⁷⁾ sur la radioconduction.

M. WEISS pose quelques questions à M. Bose, relativement à la place des différents éléments sur la courbe ondulée qu'a figurée

⁽¹⁾ Tome II, p. 301.

⁽²⁾ Tome IV, p. 175.

⁽³⁾ Tome II, p. 403.

⁽⁴⁾ Tome II, p. 390.

⁽⁵⁾ Tome II, p. 365.

⁽⁶⁾ Tome III, p. 183.

⁽⁷⁾ Tome III, p. 561.

M. Bose, et donne un résumé de la Communication de M. Bose, qui a parlé en anglais.

M. WEISS résume le Rapport ⁽¹⁾ de M. POTIER sur les courants polyphasés.

M. TURPAIN expose ses travaux relatifs au champ hertzien ⁽²⁾.

M. L. POINCARÉ présente une Note ⁽³⁾ de M. GOURÉ DE VILLEMONTÉE intitulée : *Résistivité et fluidité*.

Et une Note de M. NEGREANO ⁽⁴⁾ sur les méthodes galvanométriques de mesure des grandes résistances des liquides.

La séance est levée à 11^h 30^m.

CINQUIÈME SECTION.

MAGNÉTO-OPTIQUE. RAYONS CATHODIQUES :
RAYONNEMENT DE L'URANIUM, ETC.

PREMIÈRE SÉANCE.

MARDI 7 AOUT.

La séance est ouverte à 9^h, sous la présidence de M. BECQUEREL, assisté de M. VOIGT.

M. COTTON présente le Rapport de M. A. LORENTZ ⁽⁵⁾ sur la théorie des phénomènes magnéto-optiques récemment découverts. Une partie importante de ce Rapport est consacrée à l'étude des théories de M. Voigt : ce dernier développera lui-même, ultérieurement, quelques points de ces théories.

M. H. BECQUEREL présente aux membres de la section des agran-

⁽¹⁾ Tome III, p. 197.

⁽²⁾ Tome IV, p. 109.

⁽³⁾ Tome IV, p. 84.

⁽⁴⁾ Tome IV, p. 103.

⁽⁵⁾ Tome III, p. 1.

dissements de photographies, qu'il a faites en collaboration avec M. DESLANDRES, des raies du fer modifiées par le champ magnétique. Sur ces photographies, on peut étudier les divers modes de subdivision décrits par MM. Becquerel et Deslandres, le phénomène de l'inversion, le fait que certaines des composantes magnétiques deviennent parfois diffuses sous l'action du champ, les autres composantes restant nettes, etc.

M. BECQUEREL présente également des photographies relatives à la dispersion anormale du sodium en vapeur au voisinage des raies D.

M. BICHAT, qui a fait, en collaboration avec M. SWYNGEDAuw, le Rapport ⁽¹⁾ sur les *Phénomènes actino-électriques*, parle plus spécialement de la *déperdition* électrique produite par les radiations.

DEUXIÈME SÉANCE.

MERCREDI 8 AOUT.

La séance est ouverte à 10^h, sous la présidence de M. BECQUEREL.

M. VOIGT prend la parole au sujet de la théorie des phénomènes magnéto-optiques (à laquelle est consacrée une partie du Rapport de M. Lorentz).

Dans cette théorie, M. Voigt envisage le phénomène *inverse* de Zeeman, c'est-à-dire le phénomène de *Zeeman par absorption*. La loi de Kirchhoff relie d'ailleurs, comme on sait, ce phénomène inverse au phénomène de Zeeman direct (changement des raies d'émission).

1. Le phénomène inverse de Zeeman, *longitudinal*, consiste en l'absorption de deux composantes circulaires, de périodes $\tau + \delta$ et $\tau - \delta$, qu'éprouve une onde de lumière naturelle traversant parallèlement aux lignes de force un corps placé dans un champ magnétique. Ce phénomène présente une analogie frappante avec la double réfraction circulaire qui se manifeste par la polarisation rotatoire magnétique découverte par Faraday. Dans les deux phé-

(¹) Tome III, p. 164.

nomènes, il intervient deux ondes qui se propagent dans la direction des lignes de force, mais, tandis que le phénomène de Faraday est une conséquence de la différence des vitesses de ces deux ondes, celui de Zeeman résulte de la différence de leurs absorptions.

M. Voigt a cherché à faire une théorie de l'*ensemble des deux phénomènes*, en introduisant dans les équations connues de l'absorption des termes exprimant l'action d'un champ magnétique. Pour cela, il n'est pas nécessaire de faire une hypothèse particulière sur le mécanisme de la propagation de la lumière : il suffit de faire usage de certaines règles générales déduites de l'expérience et adoptées dans toutes les théories de l'Optique, et des propriétés de symétrie d'un champ magnétique qui conduisent presque nécessairement à une seule forme des équations définitives.

M. Voigt indique le résultat que donne la théorie dans le cas le plus simple où le système ne possède qu'un seul degré de liberté (le spectre d'absorption ne présente qu'une seule raie).

Il figure les deux courbes représentant alors, en fonction de la période, la vitesse de propagation et l'absorption. Lorsque le corps est placé dans un champ magnétique, l'onde incidente se décompose en deux ondes circulaires dont les vitesses et les absorptions suivent les mêmes lois que précédemment, avec la seule différence que les courbes représentatives sont déplacées, l'une d'un côté, l'autre de l'autre, d'une petite quantité proportionnelle à l'intensité du champ.

Cette théorie fournit non seulement l'explication du phénomène de Zeeman, mais encore des lois sur la dispersion rotatoire magnétique qui concordent avec une formule empirique donnée par M. Becquerel. Elle aurait pu faire prévoir le phénomène que MM. Macaluso et Corbino ont observé sans connaître le résultat de la théorie.

2. M. Voigt passe ensuite au cas du phénomène de Zeeman *transversal* (observé perpendiculairement aux lignes de force) et rappelle que, dans ce cas, la théorie lui a permis de prévoir l'existence d'un *phénomène non observé jusque-là* : une double réfraction rectiligne très notable au voisinage immédiat de la raie

d'absorption. Ce nouvel effet magnéto-optique a pu être observé sans aucune difficulté.

Dans ce cas, comme dans le précédent, si l'on suppose des systèmes doués de *plusieurs* degrés de liberté, on peut former des équations qui gardent le même type que précédemment, mais qui rendent compte des modes de division plus compliqués observés pour les raies.

3. Enfin, M. Voigt dit quelques mots de la dissymétrie que sa théorie fait prévoir lorsque le champ a une faible intensité. Le doublet observé parallèlement aux lignes de force reste toujours complètement symétrique par rapport à la raie primitive, les deux composantes, de même intensité, ayant, par rapport à cette raie, le même écart, proportionnel à l'intensité du champ. Au contraire, pour l'une des composantes latérales du triplet, la loi du déplacement en fonction du champ est plus compliquée, de sorte que les deux composantes ne présentent pas le même écart avec la raie primitive.

De plus, on prévoit de même que leurs intensités ont, au début, des valeurs différentes, c'est-à-dire qu'il y aurait une double dissymétrie qui disparaît lorsque le champ devient plus intense ; la composante située du côté du rouge serait plus intense, mais moins écartée de la raie primitive que la composante située du côté du violet.

M. BECQUEREL signale à ce sujet l'existence de certaines raies du fer devenant dissymétriques par l'action du champ magnétique. Cette dissymétrie, sur laquelle MM. Becquerel et Deslandres reviendront plus tard, diffère de celle dont il vient d'être question : on l'observe dans les champs intenses.

TROISIÈME SÉANCE.

JEUDI 9 AOÛT.

La séance est ouverte à 9^h, sous la présidence de M. BECQUEREL.

Suite du Rapport de MM. BICHAT et SWYNGEDAUF :

M. SWYNGEDAUF résume la partie de ce Rapport dont il s'est

occupé spécialement : celle concernant l'*allongement de la distance explosive*. Il dit en terminant pour quelles raisons il ne peut admettre le *retard à la décharge* admis par M. Warburg.

M. WARBURG maintient son opinion ; il croit toujours que, dans la charge *lente*, il existe, dans l'obscurité, un retard de décharge : ce retard disparaît lorsque les boules de l'excitateur sont exposées à un rayonnement (lumière, rayons X, etc.), et le potentiel ainsi obtenu est bien défini et indépendant du rayonnement appliqué. Le retard de décharge est de même insensible, d'après M. Warburg, lorsque la décharge a lieu dans l'hydrogène.

Dans le cas de la charge brusque, M. Warburg admet avec M. Jaumann qu'une grande vitesse de variation de potentiel favorise la décharge, même à l'obscurité ; mais que, dans ce cas encore, il peut y avoir un retard qui peut masquer cet effet.

M. SWYNGEDAuw insiste sur les très grandes précautions qu'il faut prendre dans toutes ces expériences, particulièrement pour maintenir propres les boules de l'excitateur en les nettoyant après chaque étincelle.

C'est parce que M. Warburg, d'après lui, ne prend pas cette précaution, qu'il n'observe pas les mêmes faits. L'altération des surfaces est probablement une oxydation, et on s'expliquerait ainsi qu'elle n'ait pas la même influence lorsque le gaz est de l'hydrogène.

En second lieu, il faut, d'après M. Swyngedauw, éviter soigneusement les *effluves* qui peuvent aussi altérer complètement les résultats expérimentaux.

M. BICHAT rappelle, à propos de la charge lente, ses mesures sur les distances explosives faites en collaboration avec M. Blondlot. Il ne prenait pas, dans ses expériences, de précautions pour éclairer vivement l'excitateur. S'il y avait eu retard, les courbes auraient-elles été aussi régulières ?

M. WARBURG fait remarquer que les distances explosives étaient, dans ces expériences, bien plus grandes que celles qui sont considérées dans les expériences actuelles, faisant l'objet de la discussion avec M. Swyngedauw.

QUATRIÈME SÉANCE.

10 AOUT.

La séance est ouverte à 9^h, sous la présidence de M. BECQUEREL.

M. PERRIN présente le Rapport ⁽¹⁾ de M. VILLARI sur l'ionisation des gaz.

M. LANGEVIN expose la théorie *cinétique* des métaux d'après J.-J. Thomson, Riecke, et résume le Rapport ⁽²⁾ de M. J.-J. THOMSON.

M. DRUDE, qui se sert, lui aussi, d'une théorie cinétique pour expliquer, entre autres choses, les propriétés optiques des métaux, précise cette théorie et résume son Rapport ⁽³⁾ sur la dispersion métallique.

Le PRÉSIDENT, avant de lever la séance, remercie M. Drude et M. Langevin, et fait ressortir l'importance de ces théories cinétiques qui joueront sans doute un grand rôle dans la Physique de l'avenir.

SIXIÈME SECTION.

PHYSIQUE COSMIQUE.

PREMIÈRE SÉANCE.

7 AOUT.

La séance est ouverte à 9^h 15^m, sous la présidence de M. MAS-CART.

M. SARASIN présente un résumé de son Rapport ⁽⁴⁾, écrit en collaboration avec M. FOREL, sur les oscillations des lacs et montre

⁽¹⁾ Tome III, p. 152.

⁽²⁾ Tome III, p. 138.

⁽³⁾ Tome III, p. 34.

⁽⁴⁾ Tome III, p. 394.

quelques-unes des nombreuses courbes fournies par son enregistreur portatif pour les seiches des lacs de Genève, Zurich, Neuchâtel et des Quatre-Cantons.

A propos de cette Communication, M. LAURIOZ rappelle les observations qu'il avait entreprises, il y a quelques années, sur le même sujet, à Thonon et à Genève, et qui l'avaient conduit à cette conclusion que les seiches n'ont aucune relation avec le vent, mais coïncident généralement avec une variation brusque du baromètre. Une variation brusque égale et simultanée en tous les points d'un lac ne doit avoir aucun effet. Les baromètres enregistreurs dont il s'est servi n'avaient pas une précision suffisante au point de vue de la mesure du temps, pour qu'il fût possible de déterminer toutes les circonstances du phénomène. Dans tous les cas l'oscillation débute par une valeur maxima et s'atténue graduellement, comme l'oscillation d'un pendule qui reçoit un choc initial.

M. MASCART s'excuse d'être obligé de quitter la séance pour une réunion du jury des récompenses dont il est membre, et cède la présidence à M. CROVA, vice-président.

M. HAGENBACH donne lecture de son Mémoire ⁽¹⁾ sur la glace et les glaciers. Il présente quelques photographies mettant en évidence la constitution granuleuse et la structure cristalline qui ont particulièrement fixé son attention et fait l'objet de ses recherches.

M. CROVA insiste sur l'intérêt que présentent des études sur la constitution de la glace très ancienne.

M. HAGENBACH ajoute que des observations sont faites dans ce sens, notamment par M. E. de Toll, en Sibérie.

M. Paul MERCANTON a fait, à diverses reprises, dans les Alpes, des observations sur la grosseur variable des grains suivant la position qu'ils occupent dans le glacier; il demande à M. Hagenbach quelques explications sur la manière de se rendre compte de la rareté relative des petits grains et de leur absorption progressive par les gros. M. Hagenbach développe la façon dont il conçoit le mécanisme de ce phénomène.

(1) Tome III, p. 403.

M. Ch. DUFOUR ne pouvant assister au Congrès, le secrétaire résume son Rapport ⁽¹⁾ sur la comparaison entre la lumière du Soleil et celle de quelques étoiles, en indiquant quelques-uns des résultats curieux de cette étude originale et si simplement conduite.

M. CROVA fait remarquer l'intérêt des recherches de ce genre et aussi les difficultés que présentent les mesures par suite des colorations différentes de lumières comparées et des absorptions variables par l'atmosphère qui en résultent.

La séance est levée à 11^h.

DEUXIÈME SÉANCE.

8 AOUT.

La séance est ouverte à 10^h30, sous la présidence de M. MASCART.

M. CROVA développe les points principaux de son Mémoire ⁽²⁾ sur la constante solaire.

M. DESLANDRES remarque que les conditions estimées favorables sont précisément les mêmes pour les observations astronomiques et calorimétriques. Il serait par suite désirable que ces dernières fussent entreprises là où les observations astronomiques semblent susceptibles d'une assez grande précision. C'est ainsi que des déterminations de la constante solaire pourraient être effectuées dans de bonnes conditions, par la Mission chargée de la mesure d'un arc du méridien à l'équateur, le voisinage de Quito offrant des altitudes considérables et d'un accès relativement facile.

M. CROVA dit que M. Gonnessiat, membre de la Mission, a bien voulu se charger de telles observations.

M. MASCART remercie M. Crova de son intéressante Communication et le félicite des résultats importants que lui a déjà donnés sa belle série de recherches sur la constante solaire.

⁽¹⁾ Tome III, p. 488.

⁽²⁾ Tome III, p. 453.

M. MATHIAS présente à la Section le résultat d'un travail terminé depuis trop peu de temps pour avoir pu être inscrit au programme des séances. C'est une formule très simple, donnant, en fonction des variations de la latitude et de la longitude géographiques, la variation de la composante horizontale du magnétisme terrestre entre deux points, formule qui offre cet intérêt d'avoir pu être étendue à toute la France (en dehors, bien entendu, des régions anormales de la Bretagne et du bassin de Paris), après avoir été établie d'abord uniquement pour le calcul de la variation dans les environs de Toulouse. 54 mesures faites par MM. Moureaux, Fitte et l'auteur ont donné par la méthode des moindres carrés l'expression suivante :

$$\Delta H = -1,26 (\Delta \text{ long.}) - 7,42 (\Delta \text{ lat.}),$$

ΔH , $(\Delta \text{ long.})$ et $(\Delta \text{ lat.})$ étant les différences de la composante horizontale, de la longitude et de la latitude entre la station étudiée et l'observatoire de Toulouse. Cette formule est particulièrement commode pour savoir si, en un endroit donné, la composante horizontale est ou non anormale. M. Mathias montre, par quelques résultats numériques, l'accord frappant de la formule et de l'observation.

M. MASCART constate le grand avantage d'une formule de ce genre pour faire, en quelque sorte, dans l'ensemble des observations, le triage des perturbations locales; au sujet de celles-ci, il croit qu'on ne saurait trop recommander les recherches qui, par un calcul sans doute plus compliqué que difficile, pourraient conduire à la détermination de leurs causes.

La séance est levée à 11^h30.

TROISIÈME SÉANCE.

9 AOÛT.

La séance est ouverte à 9^h30, sous la présidence de M. CROVA.

M. BIRKELAND, dans une première Communication non inscrite au programme général des séances, présente à la Section des

courbes fournies par un enregistrement très précis de la composante horizontale du magnétisme terrestre, réalisé avec un enregistreur à grande vitesse à la station installée près de Bossekop, à une altitude de 1000^m, par l'expédition norvégienne pour l'étude des aurores boréales (1899-1900). M. Birkeland a comparé ces courbes avec celles obtenues simultanément à l'observatoire de Potsdam et signale une remarquable concordance entre les variations de la composante horizontale aux deux stations.

M. SARASIN estime que l'on doit féliciter grandement M. Birkeland, non seulement des résultats obtenus, mais encore du dévouement dont il a fait preuve en collaborant à la rude campagne d'hiver de l'expédition norvégienne.

M. BIRKELAND donne ensuite lecture de son Mémoire (1) sur la constitution physique du Soleil.

M. DESLANDRES remarque que plusieurs auteurs ont noté déjà que les taches paraissent se rassembler sur certains méridiens et ont songé à l'hypothèse d'un noyau solide intérieur présentée autrefois par Herschel. M. Spøerer, dans son dernier Mémoire, a annoncé que souvent un même point du Soleil est pendant plusieurs mois le siège de taches successives, mais il ajoute qu'on ne peut conclure à un noyau solide, car ces points privilégiés ont des latitudes et des vitesses différentes. M. Birkeland, d'autre part, par une méthode précise dont il est l'auteur, place les taches d'une longue période de temps sur une sphère solide de vitesse choisie et résume, par une courbe, la répartition de ces taches sur la sphère. Or, M. Deslandres estime que cette courbe ne peut prouver l'existence d'un noyau solide intérieur, car les taches lui paraissent à peu près également réparties sur tous les méridiens, sauf peut-être un, deux ou trois points d'un hémisphère ; de plus, l'auteur ne tient pas compte de la latitude des taches et ne fait pas entrer toutes les taches de la période dans ses calculs. Le travail eût été, il est vrai, beaucoup plus pénible. Il espère que M. Birkeland pourra appliquer sa belle méthode d'une manière plus complète et éclaircir définitivement le mystère du noyau intérieur solide ou à peu près solide, dont l'existence est assurément admissible.

(1) Tome III, p. 471.

M. CROVA résume la discussion. Il croit que l'on doit considérer comme très ingénieuse la méthode suivie par M. Birkeland et que, si la question n'est pas entièrement résolue par son travail, celui-ci n'en constitue pas moins une très importante contribution à l'un des points les plus délicats de l'Astronomie physique.

La séance est levée à 11^h 30.

QUATRIÈME SÉANCE.

10 AOÛT.

La séance est ouverte à 9^h 15, sous la présidence de M. CROVA.

L'ordre du jour appelle la lecture et la discussion des Mémoires de MM. PAULSEN ⁽¹⁾ et EXNER ⁽²⁾, qui l'un et l'autre n'ont pu assister au Congrès.

M. CROVA se fait l'interprète des regrets de la Section d'être ainsi privée d'entendre les deux éminents physiciens et prie le secrétaire de vouloir bien présenter leurs Communications.

M. CHAUVEAU analyse d'abord le Mémoire de M. Paulsen sur l'aurore polaire, d'après les travaux de la Mission danoise en Islande (1899-1900). Il appelle l'attention sur le nouvel égaliseur de potentiel employé par M. Paulsen dans les recherches sur l'électricité atmosphérique : un simple morceau de papier à filtrer frotté avec une poudre de sels actifs de M. Curie.

Le Rapport de M. Exner sur les recherches récentes, relatives à l'électricité atmosphérique, est ensuite examiné. M. Chauveau en indique le plan général en insistant sur les résultats les plus importants acquis dans ces dernières années et au premier rang desquels il convient de mettre les données fournies sur la variation du champ avec l'altitude par les mesures en ballon de MM. Börnstein, Baschin, Le Cadet et Tuma.

Répondant à diverses questions de M. Crova, M. CHAUVEAU

(¹) Tome III, p. 438.

(²) Tome III, p. 415.

donne quelques détails sur la façon dont sont conduites les observations qu'il poursuit depuis plusieurs années sur l'électricité atmosphérique, soit au Bureau central météorologique, soit au sommet de la tour Eiffel.

L'ordre du jour étant épuisé, le PRÉSIDENT déclare terminés les travaux de la 6^e section.

La séance est levée à 11^h.

SEPTIÈME SECTION.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE.

PREMIÈRE SÉANCE.

7 AOUT.

La séance est ouverte à 9^h, sous la présidence de M. CHARPENTIER.

M. CHARPENTIER exprime ses regrets pour l'absence de M. d'Arsonval, puis indique en quelques mots l'utilité de la création d'une section de Physique biologique dans un Congrès de Physique. Cette science, qui fait partie intégrante de la Physiologie, a, par sa méthode et son but, une autonomie certaine.

L'ordre du jour appelle la discussion du Rapport ⁽¹⁾ de M. BROCA. Celui-ci en lit la deuxième Partie, avec quelques commentaires, laissant la première pour une autre séance.

Il est question dans cette partie de la mesure des périodes propres de retour à l'équilibre des tissus organisés soumis à une excitation brusque. On peut voir que la loi de retour à l'équilibre est la forme générale connue en Physique; mais on ne peut déterminer de loi numérique.

⁽¹⁾ Tome III, p. 495.

M. ST. LÉDUC. Le but de la Physique biologique est d'établir la nature physico-chimique de tous les phénomènes de la Biologie et par conséquent de faire rentrer ces phénomènes dans les lois mathématiques de ces sciences. C'est l'analogie des phénomènes biologiques avec les phénomènes physiques qui nous guide dans la poursuite de ce but. L'énergie, dans son passage à travers l'organisme, se transforme, et le rendement du transformateur animal peut s'élever jusqu'au 0,33 de l'énergie totale; le principe de Carnot établit que, pour un pareil rendement, la chute de température devrait être supérieure à 100°; l'homme n'est donc pas un transformateur thermique. La transformation de l'énergie chez l'homme est analogue à ce qu'elle est dans la pile; à son origine, l'énergie est de nature chimique : elle se transforme en énergie calorifique et mécanique. Le muscle de l'homme se fatigue; la pile se polarise; de même qu'une pile se dépolarise, le muscle retrouve sa puissance par le repos.

Pour les électrolytes, la conductibilité se fait par le double courant des ions, des anions vers l'anode, des cations vers la cathode; le double courant des ions est le courant électrique lui-même. Le corps de l'homme est un électrolyte, tout courant qui y passe provoque le double courant des ions, duquel il résulte qu'à chaque surface séparant deux milieux chimiques différents et traversés par le courant, il se produit un échange ionique entre ces deux milieux. L'excitation nerveuse et musculaire correspond toujours à un changement de vitesse des ions, c'est-à-dire à une certaine quantité d'énergie gagnée ou perdue par le nerf ou le muscle. L'énergie des courants de faible tension et de grande intensité est représentée par une grande masse ionique se déplaçant sous une faible vitesse. Toutes les fois qu'un élément anatomique fonctionne, il se produit un courant d'action, c'est-à-dire un échange ionique entre l'élément et le milieu chimique dans lequel il est plongé; ce phénomène résulte de contacts avec les agents extérieurs, de même que dans une pile les ions sont mis en mouvement par le contact des deux surfaces fermant son circuit.

M. BROCA émet des doutes sur la certitude de la théorie des ions ci-dessus : les phénomènes doivent être bien plus complexes.

M. CHARPENTIER insiste sur la complication des phénomènes

physiologiques et l'impossibilité actuelle de déterminer exactement toutes les conditions expérimentales. Quand on y arrivera, on pourra alors appliquer dans toute leur rigueur les lois de la Physique mathématique.

DEUXIÈME SÉANCE.

8 AOUT.

La séance est ouverte à 10^h, sous la présidence de M. CHARPENTIER.

M. CHARPENTIER expose les résultats de ses recherches sur les ondulations rétinienne qui ont fait l'objet de son Rapport ⁽¹⁾ déposé au Congrès.

1° L'existence du ligament noir visible sur un fond très peu éclairé quand on fait tourner sur ce fond une tache lumineuse vive. Ce ligament noir relie le point lumineux au point de fixation et une autre partie s'éloigne du point lumineux en faisant avec la première un certain angle;

2° L'existence pour une vitesse convenable comprise dans des limites assez étendues d'une traînée lumineuse striée de deux ou trois ondes noires formant comme un sillage au point lumineux mobile;

3° L'existence d'une bande noire mi-intense à une distance angulaire fixe pour une vitesse donnée du bord d'un secteur vivement éclairé qui tourne devant un œil immobile;

4° L'existence de phénomènes de stroboscopie : quand on fait tourner devant l'œil un seul disque à secteurs lumineux, on voit pour une vitesse convenable un mouvement inverse de celui des disques.

⁽¹⁾ Tome III, p. 523.

TROISIÈME SÉANCE.

9 AOÛT.

La séance est ouverte à 9^h, sous la présidence de M. CHARPENTIER.

M. HÉNOQUE fait une conférence ⁽¹⁾ sur les méthodes spectrales de dosage de l'oxyhémoglobine sur un échantillon de sang pris au malade d'abord, puis simplement par l'étude spectrale de la lumière diffusée par l'ongle du pouce.

M. STANOÏEVITCH expose ses idées sur l'identité de forme entre les champs électriques et les lignes de croissance dessinées sur les sections planes des végétaux. Il insiste d'abord sur l'importance des lignes de force et des surfaces équipotentiellles en électricité et en magnétisme.

Le constructeur d'une machine dynamo ne s'occupe dans son travail que du parcours de ces lignes et surfaces dans son appareil. M. Stanoïevitch croit pouvoir prouver que ces mêmes phénomènes se rencontrent aussi dans le règne végétal, de sorte qu'un arbre ou, en général, une plante peut être assimilée à une dynamo, avec cette différence qu'une dynamo produit de l'énergie électrique employée pour l'éclairage, le chauffage, transport mécanique, etc., tandis que l'énergie vitale d'une plante produit des feuilles, des fleurs, des fruits. Il passe ensuite en revue les champs de gravitation, les champs électriques ou magnétiques d'un seul pôle, de deux pôles de même nom et de noms contraires, les champs des courants rectilignes et bifurqués, et expose la perturbation des champs homogènes produits par un ou plusieurs pôles. Après avoir terminé cet exposé, M. Stanoïevitch montre aux membres du Congrès des photographies des différentes coupes longitudinales et transversales des arbres et des plantes, sur lesquelles on retrouve toutes les formes obtenues plus haut, théoriquement dessinées par la nature dans les plantes, et cela non pas instantanément, mais par le phénomène lent de la croissance. En faisant ressortir ensuite devant les membres du Congrès l'identité presque complète des champs électriques (ou magnétiques) et des champs cellulaires, M. Stanoïevitch croit que cette identité ne peut pas être attribuée

⁽¹⁾ Tome III, p. 586.

à un pur hasard, mais qu'au contraire le groupement des cellules dans les plantes se fait par les mêmes lois centrales qui régissent les phénomènes de gravitation, d'électricité et de magnétisme.

De toutes ces considérations, M. Stanoïevitch tire les conclusions suivantes :

a. Pour la matière organisée :

1° Les cellules ⁽¹⁾ agissent l'une sur l'autre proportionnellement à leurs masses et inversement au carré des distances ;

2° Les cellules se déploient et se fixent suivant des lignes de force et des équipotentiellles.

b. Pour la nature tout entière :

1° Les parties de la matière agissent les unes sur les autres proportionnellement à leurs masses et inversement au carré des distances ;

2° Chaque élément particulier de la matière se déplace et se fixe suivant des lignes de force et des surfaces équipotentiellles.

A propos de cette Communication, M. BERGONIÉ rappelle que les lois vues par M. Stanoïevitch dans les végétaux se retrouvent dans le règne animal. L'architecture des os présente des formes analogues.

Le 9 août, à 2^h, M. CHARPENTIER répète les expériences déjà montrées dans la séance de la veille à un grand nombre des membres du Congrès.

M. GUILLAUME montre son appareil pour l'étude de la synchronisation des oscillants.

M. BROCA montre son cylindre enregistreur qui permet de réaliser tous les mouvements réguliers compris entre un tour par seconde et un tour en dix-huit minutes par un système à poids dont la chute dure toujours au moins un quart d'heure.

La grande souplesse de l'instrument est due à un train d'engrenages triples d'une part et à un système d'entraînement (plan et galet). Celui-ci est muni d'une denture pointue, qui a moleté elle-même le plan moteur. On a ainsi un résultat pratiquement excellent. Les cylindres ont 0^m,40 de diamètre et 0^m,40 de haut.

(¹) Pour le moment végétales, mais probablement aussi les cellules animales.

QUATRIÈME SÉANCE.

10 AOÛT.

La séance est ouverte à 9^h, sous la présidence de M. CHARPENTIER.

M. BROCA présente la première partie de son Rapport ⁽¹⁾ sur la *Thermodynamique du muscle*. Il insiste surtout sur ce fait que le muscle qui, habituellement, se réchauffe en fonctionnant, peut au contraire parfois se refroidir par la contraction. Cela arrive toujours quand il est privé d'oxygène par l'anémie ou l'asphyxie. Il n'y a rien là, malgré les apparences, qui soit contraire aux principes de la Thermodynamique. Le muscle ne se comporte pas comme une machine thermique, mais comme une pile électrique. Certaines piles se refroidissent en fonctionnant. Dans le cas des muscles, on peut mettre ce refroidissement en évidence, grâce à un phénomène concomitant : la modification profonde de la fibre musculaire qui devient rigide.

M. TSCHERNING étant absent, M. CHARPENTIER exprime ses regrets de ne pouvoir lui donner la parole pour exposer son Rapport ⁽²⁾ sur l'accommodation et prie M. BROCA de présenter ce travail.

L'accommodation ne se fait pas, comme le voulait Helmholtz, par un retour à la forme sphérique du cristallin quand le muscle ciliaire se contracte. M. Tscherning, en étudiant au moyen de son aberroscope les aberrations de sphéricité de l'œil, d'après un principe indiqué par Young, montre de la façon la plus évidente que, dans l'accommodation, il y a un aplatissement de la partie périphérique du cristallin en même temps qu'un bombement de la partie centrale. L'expérience prouve qu'il en est ainsi quand on tire sur la périphérie d'un cristallin de cheval ou de bœuf. La constitution du cristallin, composé d'un noyau dur à petite courbure noyé dans une masse plus molle, permet de se rendre compte aisément du phénomène au point de vue mécanique.

⁽¹⁾ Tome III, p. 495.

⁽²⁾ Tome III, p. 547.

CONFÉRENCES ET VISITES.

Pendant la durée du Congrès ont eu lieu les conférences ⁽¹⁾ et visites suivantes :

Mardi 7 août, à 3^h de l'après-midi, rue de Rennes, 44.

Conférence de M. H. POINCARÉ sur les *Rapports entre la Physique expérimentale et la Physique mathématique*.

Mercredi 8 août, à 9^h du matin, rue de Rennes, 44.

Conférence de LORD KELVIN sur les *Rapports entre l'éther et la matière*.

Mercredi, à 3^h de l'après-midi, dans l'amphithéâtre de Physique du Muséum d'Histoire naturelle.

Conférences de M. H. BECQUEREL et de M. et M^{me} CURIE sur les *Corps radio-actifs*. (Expériences.)

Jeudi 9 août, à 3^h de l'après-midi, dans le grand amphithéâtre de l'École Polytechnique.

Conférence de M. CORNU sur la *Vitesse de la lumière; appareil original de Fizeau, expériences de Foucault*.

Vendredi 11 août.

Dans la journée : visite à l'Exposition; ascension à la tour Eiffel;
dans la soirée : visite au Palais de l'Optique.

Samedi 11 août, dans la matinée.

Démarrage du trottoir roulant à l'Exposition.

Samedi, dans l'après-midi.

Visite de la Sorbonne.

MM. les professeurs BOUTY, LIPPMANN et PELLAT avaient ouvert leurs laboratoires où de nombreuses expériences étaient installées et expliquées par leurs auteurs.

(¹) Le texte des conférences est publié dans les Volumes des Rapports, t. I, p. 1; t. II, p. 1 et 225; t. III, p. 47 et 79.

Samedi dans la soirée, M. le prince ROLAND BONAPARTE a reçu les membres du Congrès en son hôtel, avenue d'Iéna, 10. Au cours de cette soirée, un grand nombre d'expériences ont été faites et divers appareils présentés.

M. le PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE a fait l'honneur aux membres du Congrès de les inviter tous à la fête artistique qui a lieu au palais de l'Élysée le vendredi 10 août dans l'après-midi.



SÉANCE GÉNÉRALE DE CLOTURE.

DIMANCHE 12 AOUT.

La séance est ouverte à 10^h, rue de Rennes, 44, sous la présidence de M. CORNU.

M. BENOÎT, président de la première section, lit les deux vœux suivants émis par cette section; le Congrès les adopte à l'unanimité :

PREMIER VŒU.

Le Congrès émet le vœu que les expériences sur les anomalies de la pesanteur soient poursuivies d'une façon systématique à l'aide des meilleures méthodes connues, notamment celles de Eötvös et de M. Threlfall et Pollock. Il semble désirable que des expériences soient entreprises comparativement par ces deux méthodes.

SECOND VŒU.

Vu les immenses avantages pour la Science et pour l'industrie que les laboratoires nationaux physico-techniques, analogues à la *Physikalisch-Technische Reichsanstalt* de Charlottenbourg, ont procurés aux pays qui en sont pourvus,

Le Congrès international de Physique de 1900 émet le vœu que les Pouvoirs publics s'occupent d'urgence de la création de semblables laboratoires dans les pays qui, comme la France, n'en possèdent pas encore.

M. SPRING, rapporteur de la Commission des unités, lit les conclusions suivantes de son rapport ⁽¹⁾ :

A la majorité la Commission des unités, où étaient représentées les différentes sections du Congrès, a estimé que :

1° Il est désirable, particulièrement pour l'étude des phénomènes de l'élasticité, qu'il soit fait usage d'une unité mécanique de pression : l'unité C. G. S. que l'on appellera *barye*; la mégabarye valant 10⁶ unités C. G. S. est suffisamment représentée, pour les besoins de la pratique, par la pression exercée par une colonne de mercure de 75^{cm}, à 0°, dans les conditions normales de la pesanteur;

2° Il est désirable que les résultats des expériences calorimétriques soient exprimés finalement en unités mécaniques C. G. S. (erg ou joule); mais que, dans le cas où ces nombres sont obtenus par une transformation d'unités, les résultats immédiats de l'expérience soient indiqués;

3° Pour la division logarithmique du spectre, il est désirable que chaque intervalle compris entre deux longueurs d'onde dont l'une est le double de

(¹) Tome IV, p. 61.

l'autre, soit désigné sous le nom de *région*. La région visible, comprise entre les deux longueurs d'onde $0\mu,4$ et $0\mu,8$, portera l'indice 0; les régions de l'infra-rouge seront numérotées positivement, et les régions ultra-violettes négativement, à partir de la région visible;

4° Il est désirable enfin que l'on réserve le mot *densité* pour désigner le quotient de la masse par le volume.

M. WARBURG, comme vice-président du Congrès et délégué de la Société allemande de Physique, prononce l'allocution suivante :

Comme délégué de la Société de Physique allemande, je demande la permission de vous adresser quelques paroles d'adieu.

Nous quittons le Congrès et cette ville de Paris, vieille et cependant toujours jeune, en emportant des sentiments très vifs de gratitude envers la Société française de Physique et envers tous nos chers Collègues français qui ont tant contribué à rendre notre séjour à Paris aussi instructif qu'agréable.

Je crois que l'idée de réunir ce Congrès fut une idée fort heureuse et fort opportune. Si, en effet, les grandes découvertes scientifiques doivent probablement être faites, aujourd'hui comme autrefois, par ceux qui, dans la solitude, réfléchissent aux secrets de la nature, il y a cependant des questions qui ne peuvent être utilement abordées qu'avec le concours et la coopération de beaucoup de travailleurs. C'est l'idée que cette coopération est nécessaire qui, de nos jours, donne naissance aux expositions, à l'association des Académies européennes, aux Congrès, et cette idée a été bien saisie par la Société française de Physique lorsqu'elle entreprit l'œuvre du Congrès international de Physique.

Mais c'est surtout à votre Bureau qu'il faut adresser nos remerciements, à notre Président M. Cornu, à M. Cailletet, à nos infatigables Secrétaires généraux M. Guillaume et M. L. Poincaré; enfin à M. de la Touanne, pour l'accueil si aimable dont nous avons été l'objet, et dont le souvenir nous restera toujours.

M. WEBSTER, au nom de la Société américaine de Physique, M. le Général RYKATCHEF, au nom de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Petersbourg, dont ils sont les délégués, s'associent aux paroles de M. WARBURG.

M. CORNU clôture la session par le discours suivant :

MESDAMES,
MESSIEURS LES DÉLÉGUÉS,
MESSIEURS LES MEMBRES ET CHERS COLLÈGUES,

Le premier Congrès international de Physique a réalisé, et au delà, les espérances que la séance d'ouverture avait fait présager : le nombre des

adhésions a atteint le chiffre d'un millier; tous les Membres présents, tous les Présidents et Secrétaires ont, malgré la redoutable concurrence de l'Exposition, consacré le temps de leur séjour à suivre les séances de section et les conférences; les savants les plus éminents de France et de l'étranger ont tenu à honneur d'exposer eux-mêmes brièvement les conclusions de leurs rapports et d'assister aux discussions, toujours fort intéressantes, auxquelles ont donné lieu ces communications.

Nous devons, en premier lieu, remercier le Président d'honneur du Congrès, Lord Kelvin, qui a donné l'exemple de l'assiduité en venant présider les diverses sections auxquelles il s'était fait inscrire; en outre, il a bien voulu commenter son Rapport en y ajoutant une véritable conférence, où il a présenté un magnifique tableau des relations tantôt concordantes, tantôt contradictoires, qui existent entre les divers phénomènes que les théories mécaniques modernes cherchent à embrasser.

Le cadre restreint de cette allocution finale ne me permet pas de vous rappeler la liste des travaux de toutes les sections: les Procès-Verbaux qui seront publiés à la suite des Rapports vous en fourniront le détail, ainsi que le résumé des discussions et les conclusions qui en ressortent.

Il me suffira de vous dire que beaucoup de résultats utiles ont été obtenus; que bien des points obscurs ont été éclaircis et que cette entente internationale des savants les plus distingués présage, pour l'avenir, les plus heureux effets.

Je ne dois pas oublier, dans nos remerciements, les conférenciers dont la parole a été écoutée avec tant d'intérêt par de si nombreux auditoires:

M. Henri Poincaré nous a tenus sous le charme en nous exposant ses idées si originales sur les rapports de la Physique mathématique et de la Physique expérimentale;

Au Muséum, M. Henri Becquerel et M. Curie vous ont montré ces phénomènes si curieux et si pleins d'avenir que présentent les corps radio-actifs;

A l'amphithéâtre de l'École Polytechnique, on a cherché à faire revivre sous vos yeux les grands souvenirs des deux illustres physiciens Fizeau et Foucault, qui ont doté la Science de méthodes expérimentales pour mesurer avec précision la vitesse de la lumière;

A la Sorbonne, MM. Lippmann, Bouty et Pellat ont déroulé successivement leurs plus belles ou leurs plus instructives expériences;

Enfin, hier soir, M. le Prince Roland Bonaparte nous a conviés à une soirée magnifique dans laquelle il a su joindre l'éclat et le charme des réceptions mondaines à l'attrait des curiosités scientifiques modernes: dans cette admirable bibliothèque, les savants physiciens et les habiles constructeurs ont rivalisé pour mettre sous nos yeux les appareils les plus nouveaux et les phénomènes les plus brillants; on se serait cru à l'une de ces *Conversazione* que la Société Royale de Londres sait si bien organiser, au grand bénéfice et au grand honneur de la Science. C'était donc la plus belle séance finale que le Congrès pût désirer. Permettez-moi d'exprimer

en votre nom, à notre savant et aimable hôte, l'expression sincère de nos remerciements.

Les distractions en dehors de nos travaux, bien qu'elles fussent autant une instruction qu'un repos, méritent aussi d'être mentionnées : au Palais de l'Optique, à la tour Eiffel, aux installations électriques du trottoir roulant, vous avez reçu le plus cordial accueil.

Enfin, nous adressons l'hommage de notre gratitude à M. le Président de la République, qui avait bien voulu inviter tous les Membres du Congrès à une fête artistique dont nous garderons un gracieux souvenir.

En résumé, le succès de ce premier Congrès international de Physique a été complet : son action utile dépassera même de beaucoup la durée de nos réunions : elle se continuera par le souvenir des discussions très suggestives auxquelles vous avez assisté ; des semences précieuses ont été jetées dans vos esprits et, avec le temps, elles porteront leurs fruits.

Cette action efficace se continuera encore par la méditation de ces Rapports que le Comité d'organisation me chargeait, à la séance d'ouverture, de signaler à votre admiration : ces trois Volumes seront lus, relus et médités ; ils constitueront, pour tous les physiciens, une base d'opérations d'une variété et d'une richesse incomparables.

Enfin, en dehors des résultats inscrits dans ces livres ou dans les procès-verbaux du Congrès, il en est un autre qui n'est peut-être pas le moins précieux : grâce à la cordialité, à l'amabilité de nos hôtes, de véritables relations d'amitié se sont créées entre Collègues, qui avaient appris à s'estimer au point de vue scientifique, mais qui s'ignoraient personnellement.

Ces liens nouveaux, loin de se relâcher, ne feront que se resserrer par la suite, et l'œuvre entreprise par la *Société française de Physique* aura, sur les progrès de la science que vous cultivez, l'influence la plus durable.

Le bénéfice de ces grandes assises scientifiques est si évident que nous devons souhaiter les voir se reproduire périodiquement. Nous espérons donc que d'autres Sociétés prendront, dans quelques années, la même initiative.

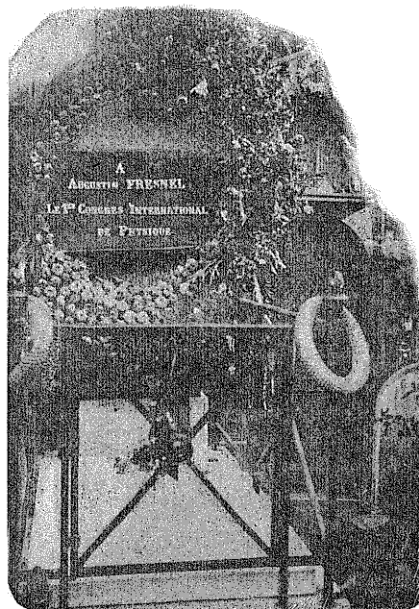
Je déclare clos le premier Congrès international de Physique.

La séance est levée à 11^h.



HOMMAGE A FRESNEL.

Au sortir de la séance de clôture, les Membres du Bureau ont été déposer, au cimetière du Père-Lachaise, sur la tombe de Fresnel, dont la Société française de Physique s'est constituée la gar-



dienne, une couronne offerte par MM. les Membres étrangers du Bureau.

M. Cornu a prononcé l'allocution suivante :

Dans une délicate et pieuse pensée, MM. les Secrétaires étrangers ont désiré associer le souvenir du premier Congrès international de Physique, dont le succès a été si imposant, à l'hommage d'admiration qu'inspire

l'œuvre de Fresnel, en déposant sur la tombe de ce grand physicien une couronne portant ces mots :

A FRESNEL,

LE PREMIER CONGRÈS INTERNATIONAL DE PHYSIQUE.

Parmi les noms illustres que la Science française compte dans les diverses branches de la Philosophie naturelle, celui de Fresnel est particulièrement cher à la Société française de Physique, qui s'est constituée gardienne de sa tombe, et c'est à ce titre que nos Collègues étrangers ont choisi le nom de Fresnel comme un symbole de reconnaissance à l'égard de notre Société, qui a pris l'initiative de ce Congrès.

Au nom de la Société, au nom de la France, au nom des savants de tous les pays, nous adressons nos remerciements à nos Collègues, dont cette manifestation est le touchant et pieux témoignage.

Et nous souhaitons que l'œuvre de concorde et de progrès commencée aujourd'hui se perpétue et s'accroisse à l'avenir par le retour périodique de ces grandes assises dont nous venons de constater le succès et l'efficacité.

M. Warburg, au nom des Membres étrangers, prononce les paroles suivantes :

Les physiciens étrangers ici présents ont l'honneur de déposer une couronne sur la tombe d'un des plus grands génies de la France, Augustin Fresnel.

Il y a deux espèces de génies, les uns qui mûrissent lentement, les autres qui se déploient, au contraire, comme une fleur dans une nuit de printemps; malheureusement, comme la fleur, ces génies ne sont pas d'une longue durée! C'est surtout dans ces derniers, parmi lesquels on doit classer Fresnel, que l'inspiration divine nous frappe. Dans ce moment, en parlant de Fresnel, il est presque impossible de ne pas penser aussi à Heinrich Hertz; tous les deux sont morts après une vie d'une quarantaine d'années seulement, et l'un a développé l'idée des vibrations transversales lumineuses que l'autre avait imaginée. Et je crois que c'est surtout dans cette idée, contredite par les mathématiciens de son temps, que la méthode hardie, mais heureuse, par laquelle Fresnel attaquait les problèmes, apparaît le plus manifestement.

Une telle hardiesse est un trait caractéristique qui rapproche Fresnel de notre temps, si fertile en découvertes. On fait rarement d'aussi grands progrès quand on attend le verdict des mathématiciens.

C'est dans le désir que l'esprit d'Augustin Fresnel reste vivant dans la Physique de notre temps que nous déposons cette couronne sur son tombeau.

M. Ch.-Éd. Guillaume ajoute quelques paroles.



ANNEXES ⁽¹⁾.

RAPPORT

PRÉSENTÉ AU CONGRÈS DE PHYSIQUE SUR LES CONCLUSIONS PRISES
PAR LA COMMISSION CHARGÉE DE L'ÉTUDE DES PROPOSITIONS
RELATIVES AUX UNITÉS PHYSIQUES,

PAR W. SPRING,

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE,
MEMBRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE,
RAPPORTEUR DE LA COMMISSION.

La Commission, sous la présidence de M. le général Rykatcheff, a examiné, en premier lieu, les propositions de M. de Rey-Pailhade sur la décimalisation du temps.

Elle a pensé que la discussion de ces questions sortait pour le moment du cercle dans lequel elle devait se renfermer, et elle a passé aux objets suivants de son ordre du jour :

M. Ch.-Éd. Guillaume a fait remarquer l'inconvénient qui résulte, pour les calculs se rapportant aux phénomènes de l'*élasticité*, du défaut d'homogénéité dans les unités en usage actuellement : l'allongement et la compression d'un corps se trouvant mesurés respectivement par des unités différentes : le kilogramme par millimètre carré d'un côté, et la pression en atmosphères de l'autre. Si l'on admettait une mesure nouvelle, que l'on pourrait nommer la *barye*, et qui répondrait à la pression exercée sur un

(¹) Nous publions sous ce titre le Rapport fait par M. Spring au nom de la Commission chargée de l'étude des propositions relatives aux unités physiques et quelques Communications présentées devant le Congrès et qui n'avaient pas fait l'objet d'un des Rapports publiés dans les trois premiers Volumes.

centimètre carré de surface par une colonne de mercure de 75^{cm} de hauteur, l'application des formules de l'élasticité se trouverait beaucoup simplifiée.

La discussion à laquelle la proposition de M. Guillaume a donné lieu a porté d'abord sur l'opportunité du remplacement de l'unité en usage, l'*atmosphère*, par une unité nouvelle, ensuite sur le nom à donner à cette *unité nouvelle*, dans le cas où elle serait admise.

L'objection capitale formulée contre la proposition de M. Guillaume a visé les changements auxquels se trouvaient exposées les expressions de la *température d'ébullition des liquides sous la pression prise pour unité*, des *tensions de vapeurs*, etc., consignées dans des Tables d'un usage général; mais, sur la remarque de M. Guillaume, qu'il ne s'agissait en réalité que d'introduire une unité nouvelle dans le calcul des phénomènes de l'élasticité, la Commission se rallia, à l'unanimité moins deux voix, à la proposition qui lui était faite. Elle reconnut également l'utilité de l'emploi, aussi étendu que possible, des unités absolues C.G.S. et regarda, par conséquent, la substitution d'une nouvelle unité de pression à l'ancienne, l'*atmosphère*, comme désirable dans les cas possibles.

La Commission a examiné ensuite s'il était utile de donner un nom à cette nouvelle unité. Après une discussion judicieuse à laquelle prirent surtout part M^{me} Curie et MM. Thiessen, Webster, Hospitalier, L. Poincaré, Battelli, Soret et Guillaume, elle reconnut, à l'unanimité, qu'il y avait avantage à donner un nom à cette grandeur, et elle adopta la proposition de M. Guillaume de nommer *barye* l'unité de pression C.G.S., d'une dyne par centimètre carré; la *mégabarye*, qui vaut 10⁶ unités C.G.S. se trouve suffisamment représentée par la pression exercée par une colonne de mercure de 75^{cm} par centimètre carré de surface dans les conditions normales de la pesanteur.

La Commission a passé ensuite à l'examen de la proposition de M. Guillaume relative à l'*unité radiométrique*, proposition qui a surtout pour but de dégager l'expression d'une puissance de radiation de l'unité, ou des unités transitoires qui servent à exprimer l'énergie sous la forme calorifique. Elle s'est ralliée, à l'unanimité, à la formule que voici :

« Les quantités calorimétriques seront exprimées :

» 1° Dans les unités données par les expériences mêmes;

» 2° En unités mécaniques du système C.G.S. »

Les conclusions qui viennent d'être mentionnées ont été prises d'une manière ferme; elles sont l'expression catégorique des vues de la Commission. Mais d'autres questions ont été discutées aussi qui, pour n'avoir pas rallié une forte majorité et être restées plus ou moins à l'état flottant, doivent cependant être signalées.

La première concerne la représentation graphique du spectre, ou, comme il a été dit, son *échelle logarithmique*.

L'utilité de diviser le spectre en espaces distincts depuis l'ultra-violet jusqu'aux oscillations électriques a été unanimement reconnue, ainsi que la division logarithmique telle qu'il en est fait usage, par exemple, dans le Rapport ⁽¹⁾ de M. H. Rubens sur le spectre infra-rouge.

La Commission propose de nommer *régions* les espaces logarithmiques du spectre, de prendre l'origine des mesures dans le spectre visible et de faire les notations de sorte que les indices aillent en croissant avec les longueurs d'ondes.

Les propositions qui se sont fait jour au sujet de l'unité de mesure des longueurs d'ondes, ainsi que la dénomination de cette unité, ont été réservées.

Enfin, à titre de renseignement, il convient de mentionner que les questions soulevées par M. Guillaume au sujet de la définition du *pouvoir émissif*, de l'*unité de lumière*, de l'*utilité de donner un nom à l'unité de vitesse* ainsi qu'à l'*unité d'accélération*, ont été également réservées et qu'il a été exprimé le désir de voir le prochain Congrès les prendre en sérieuse considération.

En résumé, les points fixés au sein de la Commission ont été les suivants :

1° Il est désirable, particulièrement pour l'étude des phénomènes de l'élasticité, qu'il soit fait usage d'une unité mécanique de pression : l'unité C.G.S. que l'on appellera *barye*; la mégabarye valant 10⁶ unités C.G.S. est suffisamment représentée, pour les besoins de la pratique, par la pression ex-

⁽¹⁾ Tome II, p. 141.

cée par une colonne de mercure de 75^{cm}, à 0°, dans les conditions normales de la pesanteur ;

2° Il est désirable que les résultats des expériences calorimétriques soient exprimés finalement en unités mécaniques C.G.S. (erg ou joule) ; mais que, dans le cas où ces nombres sont obtenus par une transformation d'unités, les résultats immédiats de l'expérience soient indiqués ;

3° Pour la division logarithmique du spectre, il est désirable que chaque intervalle compris entre deux longueurs d'onde, dont l'une est le double de l'autre, soit désigné sous le nom de *région*. La région visible, comprise entre les deux longueurs d'onde 0^μ,4 et 0^μ,8, portera l'indice 0 ; les régions de l'infra-rouge seront numérotées positivement, et les régions ultra-violettes négativement à partir de la région visible ;

4° Il est désirable enfin que l'on réserve le mot *densité* pour désigner le quotient de la masse par le volume.



PREMIÈRE SECTION.

SUR LES AVANTAGES
D'ADOPTER DES UNITÉS NOUVELLES

BASÉES SUR UNE UNITÉ PHYSIQUE DE TEMPS
ÉGALE AU CENT-MILLIÈME DE JOUR SOLAIRE MOYEN ,

PAR J. DE REY-PAILHADE ⁽¹⁾,

INGÉNIEUR CIVIL DES MINES.

L'éminent physicien M. A. Cornu, dans sa *Notice sur le système C. G. S.*, publiée dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, 1900, p. 315, dit : « Le système C. G. S. a été proposé par l'Association Britannique dès 1860. Les unités de longueur et de masse sont empruntées au système métrique ; il est regrettable que l'unité de temps n'ait pas été définie dans l'esprit qui a présidé à la réforme générale des unités. La cent-millième partie du jour solaire moyen aurait été une unité de temps très convenable et peu différente de la seconde sexagésimale qui est la $\frac{1}{86400}$ partie de la même durée. Le système ainsi conçu eût été affranchi des complications duodécimales ».

M. André Blondel a montré au Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences, tenu à Boulogne-sur-Mer en août 1899, que les unités du système C. G. S. et que les unités

(¹) Cette Note résume les propositions présentées à la première Section du Congrès par M. de Rey-Pailhade dans la séance du 9 août (*voir* p. 15) ; la Commission des unités a estimé que la discussion de ces questions sortait du cercle dans lequel elle devait se renfermer (*voir* le Rapport de M. Spring, p. 61).

pratiques dérivées indirectement constituaient des complications inutiles.

Si l'on considère d'autre part que, dans la plupart des branches de la Science, on cherche à compléter l'œuvre du système métrique, on arrive à conclure que la Physique a un intérêt majeur à prendre aussi des unités nouvelles dérivant d'une unité physique de temps ayant un rapport décimal avec l'étalon de temps fourni par la nature elle-même, c'est-à-dire le jour solaire moyen.

Le système C. G. S. est, en effet, défectueux à ce point de vue là. Le Congrès international de Chronométrie va étudier la question au point de vue général. Il faut ajouter aussi que la Marine a fait des essais avec des instruments et des tableaux de calculs dressés dans le système décimal.

Dès 1893, nous avons proposé de prendre, pour cette nouvelle unité de temps, celle déjà admise par les créateurs du système métrique décimal⁽¹⁾.

Biot et Mathieu déterminèrent expérimentalement en 1808 la longueur du pendule oscillant 100 000 fois par jour.

L'adoption de la cent-millième partie du jour à la place de la seconde de temps, $\frac{1}{86400}$ partie de la même durée, modifiera peu les coefficients actuellement en usage. On passera des anciens aux nouveaux au moyen des trois facteurs 0,864; $(0,864)^2$ et $(0,864)^3$.

Afin de ne pas être obligé de créer toute une série de noms nouveaux, nous avons proposé de faire précéder les noms actuels du préfixe *no*.

Ainsi l'expression : la *novitesse* de la lumière est égale à 259500^{km} par nouvelle unité de temps, ne pourra prêter à aucune confusion ; cela voudra dire que la distance parcourue par la lumière pendant un cent-millième de jour (*millicé* de notre terminologie) est égale à 259500^{km} . Cette valeur correspond à $300\,347^{km}$ à la seconde, qui est très voisine de la moyenne $300\,400^{km}$ trouvée par M. A. Cornu.

(1) Dans une Note parue dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, le 14 février 1898, nous avons annoncé que nous avons proposé, dès 1893, de prendre pour unité pratique de temps le centième de jour, que nous appelons *cé* par abréviation. Le *cé*, qui vaut $14^m\,24^s$, est subdivisé en *décicés*, *centicés*, *millicés* et *dimicés*. Le *cé* vaut presque un quart d'heure, le *décicé* est à peu près une minute et demie ($1^m\,26^s,4$) et le *millicé* est très voisin de la seconde ($0^s,864$).

En opérant cette réforme progressivement, on n'apportera aucun trouble sérieux dans nos habitudes, et les générations qui nous suivront en retireront d'immenses avantages.

Au moyen d'un simple déplacement de virgule, on obtiendra des valeurs se rapportant au jour et à ses parties décimales. Par exemple, un navire qui marche à raison de 20 nœuds fait 37 040^m à l'heure, soit, en divisant par les 3600 secondes de cette durée de temps, on trouve 10^m, 29 à la seconde.

Il faut des calculs compliqués avec ces nombres pour avoir la distance parcourue en un jour. Si l'on connaît la vitesse du navire au cent-millième de jour, soit dans ce cas 8^m, 70, on voit immédiatement que ce navire parcourt 870^{km} par jour. Il est inutile de multiplier les exemples.

La recherche de cette réforme ne vise bien entendu que les hommes de science; le public ne devant être mis au courant que beaucoup plus tard, après entente internationale définitive.

Passons en revue les principaux cas :

En affectant des indices 1 et 2, les anciennes et les nouvelles valeurs, on obtient aisément les relations suivantes :

1^o *Transformation de la mesure du temps.*

$$T_1 \times \frac{1}{0,864} = T_2.$$

2^o *Vitesse.* — La vitesse se transforme en multipliant par 0,864; on a

$$V_1 \times 0,864 = V_2.$$

3^o *Accélération.* — Le coefficient pour l'accélération est (0,864)², comme il ressort de l'équation $\gamma = LT^{-2}$; on a donc

$$\gamma_1 \times (0,864)^2 = \gamma_2.$$

Si l'on adopte pour l'accélération g_1 de la pesanteur à Paris la valeur de M. le Commandant Defforges, $g_1 = 980^{\circ}, 99$, on trouve

$$988^{\circ}, 99 \times (0,864)^2 = 732^{\circ}, 305 = g_2.$$

On en déduit ensuite la longueur du pendule battant à Paris le cent-millième de jour $l_2 = 74^{\text{cm}}, 196$.

4^o Toutes les unités électriques subiront des modifications.

On trouvera au moyen des formules bien connues du système C. G. S.

$$\begin{aligned}\text{ohms} \times 0,864 &= \text{noohms}, \\ \text{ampères} \times 0,864 &= \text{noampères}, \\ \text{volts} \times (0,864)^2 &= \text{novolts}, \\ \text{watts} \times (0,864)^3 &= \text{nowatts}.\end{aligned}$$

Dans la plupart des cas, ces transformations peuvent se faire à l'aide de la règle à calculs.

Nous avons d'ailleurs déjà publié des tables de transformation dans un Mémoire publié dans le *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, Saint-Étienne, 1899.

A l'Exposition, dans la section de l'Horlogerie, nous avons réuni dans une vitrine toute la collection de nos Mémoires et des instruments de mesure du temps et des angles divisant décimalement le jour et les cercles entiers.

Avant d'adopter d'une manière définitive de nouvelles unités, les physiciens, il nous semble, doivent examiner s'il n'est pas possible de les unir étroitement au temps par un coefficient décimal.

C'est ce qui a précisément fait l'objet de cette Note préliminaire où nous croyons avoir montré que la réforme est facile théoriquement. En l'introduisant progressivement, on portera peu de trouble dans nos habitudes, et nos descendants posséderont un merveilleux instrument de travail pour leurs recherches.



PREMIÈRE SECTION.

REMARQUES

SUR

LE RAPPORT DE M. C.-V. BOYS,

PAR F. RICHARZ ET O. KRIGAR-MENZEL (1).

(Traduit par M. CULMANN.)

M. C.-V. Boys a présenté au Congrès de Physique un très intéressant Rapport (2) sur les diverses déterminations de la constante de la gravitation et de la densité moyenne de la Terre, et nous constatons avec plaisir qu'il est parfaitement d'accord avec nous sur presque tous les points. Les idées émises par M. Boys concordent d'ailleurs absolument avec les remarques que l'un de nous avait publiées précédemment sur les travaux de Jolly, de Wilsing, de Poynting, de Boys et de Braun dans la *Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft* (24^e année, 1889, p. 18-32, 184-186; 33^e année, 1898, p. 33-44).

Renvoyant à ces articles pour quelques questions que M. Boys n'a pas abordées dans sa conférence, nous désirons ajouter ici quelques mots à ce qu'il a dit au sujet de notre propre détermination de la gravitation.

Nous avons déterminé la diminution de la pesanteur en fonction

(1) Note lue à la troisième séance de la première Section (voir p. 16).

(2) Tome III, p. 306.

de la hauteur avant la mise en place et après l'enlèvement de la masse de plomb. M. Boys dit que les deux valeurs ainsi obtenues différaient de 0,7 pour 100. Par suite d'une erreur de calcul, ce nombre est trop grand : en réalité il est égal à 0,56 pour 100 seulement. En outre, il n'entre dans le résultat final que comme part d'une totalité plus grande. Voici, en effet, les moyennes trouvées pour la diminution de poids en fonction de la hauteur :

Avant la mise en place de la masse de plomb..	1 ^{mg} ,2494
Après son enlèvement.....	1 ^{mg} ,2423
Différence.....	0 ^{mg} ,0071

Comme totalité il faut prendre la gravitation entière de la masse de plomb, c'est-à-dire 1^{mg},3664; la différence entre les deux groupes de mesures n'est alors que 0,5 et non 0,7 pour 100 comme l'indique M. Boys.

Nous avons dû relever cette erreur pour que notre estimation de l'erreur probable, $\pm 0,16$ pour 100, ne parût pas illusoire. La remarque de M. Boys montre que la différence entre les deux groupes de pesées suffirait, à elle seule, pour expliquer l'erreur probable de $\pm 0,16$ pour 100.

Nous sommes aussi d'accord avec M. Boys au sujet des modifications qu'il faudrait faire subir à notre méthode au cas où on la reprendrait. La plupart de ces modifications sont absolument identiques à celles que nous avons proposées dans un Mémoire adressé à l'Académie des Sciences de Berlin après avoir terminé notre travail. Quelques-unes ont même déjà été publiées par nous dans une des Notes citées plus haut.

Dans une cave de 15^m à 20^m de profondeur l'humidité se ferait sentir d'une façon fort désagréable. Nous pensons donc qu'il y aurait avantage à travailler dans une salle située au-dessus du sol et maintenue à température constante comme par exemple la salle des comparateurs de la *Normal-Aichungs Commission* à Berlin.

Sans modifier notre méthode, les défauts de la balance, qui proviennent de l'élasticité résiduelle, pourraient être évités en adoptant, pour arrêter les plateaux, le même système que M. Poynting (*voir* notre Mémoire complet, p. 32).

Pour déterminer la valeur définitive de la constante, M. Boys a fait un choix entre les valeurs particulières qui lui semblaient

les meilleures. Nous avons tenu compte de toutes les valeurs, sans exception, en employant un procédé de calcul objectif basé sur la méthode des moindres carrés. On peut se demander lequel de ces deux procédés est préférable. L'exemple de MM. Cornu et Baille montre que la méthode préconisée par M. Boys est sujette à caution. On sait que ces savants donnèrent l'avantage à la valeur $\Delta = 5,56$, tandis qu'aujourd'hui il est certain que la valeur $\Delta = 5,50$ était aussi voisine de la valeur réelle ou s'en rapprochait même davantage.

Quoique nous ne partagions pas la méfiance de M. Boys contre la méthode des moindres carrés, nous lui accorderons volontiers qu'une application non justifiée de cette méthode peut conduire à une erreur probable illusoirement petite. Mais il y a, sous ce rapport, une différence essentielle entre les déterminations de MM. Boys et Braun d'une part et tous les autres procédés de mesures d'autre part. Pour ces derniers les constantes de l'appareil, les masses et leurs distances réciproques sont grandes et peuvent, par conséquent, être déterminées avec une précision qui dépasse beaucoup l'exactitude que la mesure de l'attraction est susceptible d'atteindre. M. Boys lui-même a d'ailleurs, dans son Rapport sur notre méthode, insisté sur l'avantage qu'elle offre à ce point de vue, avantage qui permet de reporter sur le résultat final l'erreur probable de la grandeur spéciale (déviation, changement de la durée d'oscillation) qui mesure l'effet de la gravitation.

On ne saurait agir de même pour les méthodes de MM. Boys et Braun. Ici les masses qui entrent en jeu sont petites et sont placées à petite distance les unes des autres; mais, par une disposition heureuse de l'expérience, l'attraction qu'elles exercent peut se mesurer avec une haute précision.

Il en résulte que les incertitudes dans la détermination des longueurs peuvent intéresser le résultat final : de petites dissymétries ou des défauts d'homogénéité compromettront l'exactitude de la mesure. Cette remarque s'applique à la méthode de M. Braun, comme le fait voir le calcul approximatif donné dans l'*Astronomische Vierteljahrsschrift*, vol. XXXIII, p. 43 et 44; 1898. Il s'applique, *a fortiori*, aux expériences de M. Boys qui employait des masses beaucoup plus petites placées à des distances moins grandes. Nous ne voulons pas dire que les mesures de MM. Boys

et Braun aient réellement été affectées par des défauts de ce genre, mais cela nous semble possible. M. Boys affirme, il est vrai, qu'il peut garantir l'homogénéité parfaite de l'or et du plomb employés et il a pris, en outre, l'excellente précaution de tourner plusieurs fois ses sphères.

Quoi qu'il en soit, nous pensons que les valeurs de la constante de la gravitation et de la densité moyenne de la Terre ne pourront être considérées comme définitivement établies que lorsque les *différentes* méthodes donneront des résultats suffisamment semblables. Voici où nous en sommes pour l'instant : les valeurs déterminées avec la balance ordinaire par I.-H. Poynting et par nous sont comprises entre 5,49 et 5,51; la balance de torsion donne des chiffres voisins de 5,527; M. Wilsing a trouvé avec son pendule des nombres voisins de 5,577. Les écarts qui existent entre ces diverses mesures, toutes bonnes en principe, sont encore beaucoup trop grands; il faut donc chercher à les expliquer et à les diminuer.

Nous pensons que peut-être le magnétisme induit dans les masses gravitantes par le champ terrestre pourrait être mis en cause. Toutes les mesures citées ont été réalisées dans des pays situés sous des latitudes assez élevées pour que la direction du champ magnétique terrestre puisse être considérée comme approximativement verticale. Pour Poynting et pour nous les masses gravitantes étaient placées sur la même verticale. La droite qui reliait leurs centres avait la direction des lignes de force magnétiques. Si les masses étaient paramagnétiques (ou si toutes deux, ce qui n'est pas vraisemblable, étaient diamagnétiques) les magnétismes induits s'attiraient, la gravitation devait paraître augmentée et l'on trouvait pour la densité moyenne de la Terre une valeur trop petite. Pour Boys, Braun et Wilsing les masses gravitantes étaient placées horizontalement les unes à côté des autres. La ligne joignant leurs centres étant presque perpendiculaire aux lignes de force du champ magnétique de la Terre, il y avait répulsion magnétique, la gravitation paraissait diminuée et Δ trop grand. Cette influence devait se faire particulièrement ressentir pour Wilsing parce qu'il faisait agir des cylindres *de fer* sur les sphères de son pendule.

Peut-être pourra-t-on encore arriver après coup à déterminer

la susceptibilité magnétique des substances employées dans quelques-unes des diverses expériences et déterminer ainsi une correction. Les considérations précédentes permettent d'espérer que l'on arriverait par ce moyen à diminuer sensiblement les écarts entre les valeurs obtenues par la balance ordinaire, par la balance de torsion et par le pendule de Wilsing. Il est toutefois possible que les résultats donnés par la balance de torsion soient à peu près exempts d'influence magnétique.

QUATRIÈME SECTION.

SUR

LA PHOTOGALVANOGRAPHIE,

PAR N. PILTSCHIKOFF ⁽¹⁾,

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ D'ODESSA.

Autrefois j'ai démontré par l'expérience que, dans les systèmes électrolytiques dits à *énergie chimique compensée* et composés d'un métal M, d'une dissolution d'un sel de ce métal MA et d'un autre métal M', la force qui produit le phénomène de retard d'électrolyse, découvert par M. Lippmann, peut prendre des valeurs différentes suivant les différences qui peuvent exister dans l'état physique des couches superficielles des électrodes M, M'.

L'explication du phénomène ne présente aucune difficulté si, au lieu de l'énergie chimique de système électrolytique, on considère son énergie libre (Helmholtz) ou son potentiel thermodynamique (Duhem) qui dépend *ceteris paribus* de l'état d'agrégation de la matière. Suivant que l'énergie libre de l'unité de masse du métal M prise dans la couche superficielle d'électrode M est supérieure, égale ou inférieure à l'énergie libre de cette même unité de masse, quand elle est déposée par électrolyse sur la surface de l'électrode M', la force antagoniste à l'électrolyse prend des valeurs positives, nulles ou négatives. J'ai donné antérieurement ⁽²⁾ des

⁽¹⁾ Note présentée à la deuxième séance de la quatrième Section (voir p. 35).

⁽²⁾ *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*; Paris, t. CVIII, p. 614, 890. — *Comptes rendus des travaux du Congrès international des Électriciens*; Paris, 1889, p. 174.

exemples de systèmes électrolytiques correspondants à ces trois cas distincts.

Dans une autre série d'expériences non encore terminées, je me suis proposé d'étudier le phénomène de l'électrolyse en introduisant dans le système électrolytique une source d'énergie extérieure, savoir l'énergie lumineuse. Dans le cours de ces expériences, j'ai rencontré un phénomène intéressant qui peut être considéré comme le germe d'une application nouvelle de la Physique à la Photographie et à la Galvanoplastie, application qui pourrait recevoir le nom de *Photogalvanographie*.

Prenons un système électrolytique composé, par exemple, de zinc, d'une dissolution d'un sel du zinc et de cuivre. Quand l'électrolyse commence sous l'influence d'une force électromotrice convenable, le dépôt du zinc se forme régulièrement sur toute la surface de l'électrode de cuivre. Si l'on éclaire une partie de l'électrode de cuivre au moyen d'un faisceau de rayons lumineux, on ne constate aucune différence appréciable dans la forme, le caractère et l'épaisseur du dépôt de zinc. Il s'ensuit que l'énergie libre qui s'accumule dans le dépôt du zinc ne dépend pas de l'intensité ni de l'existence ou de la non-existence de l'énergie lumineuse traversant le champ électrolytique.

On sait toutefois depuis longtemps que la force électromotrice, et par conséquent l'énergie libre d'un élément Daniel, dont le cuivre a une surface légèrement oxydée, est variable suivant que l'élément est éclairé ou placé, au contraire, dans l'obscurité. M. Pellat, qui a découvert ce curieux phénomène, a aussi indiqué sa cause, qui consiste dans une sorte de sensibilité aux rayons lumineux de la mince couche d'oxyde de cuivre. Cela posé, reprenons notre système électrolytique : zinc, dissolution d'un sel de zinc, cuivre, le dernier en forme d'une plaque bien polie et un peu oxydée. Projetons sur la surface de cette plaque l'image d'un objet quelconque et essayons, en intercalant une force électromotrice convenable, de déposer le zinc sur la surface oxydée du cuivre. Nous verrons le dépôt du zinc se former tout autrement dans les parties éclairées de la plaque que dans les parties sombres et par suite se former l'image en silhouette de l'objet projeté. Si l'on prend comme source de lumière le soleil, en faisant tomber ses rayons à travers quelques ouvertures, on obtient l'image de

ces ouvertures dans une petite fraction de seconde. On fait alors ce qu'on appelle en photographie un *instantané*. Les plaques que j'ai l'honneur de présenter au Congrès sont précisément des *photogalvanographies* instantanées.

Il est évident qu'on peut combiner beaucoup d'autres systèmes électrolytiques propres aux études photogalvanographiques ; tels sont les systèmes dans lesquels entre, comme cathode, l'argent dont la surface est couverte d'une couche de chlorure, iodure, bromure ou sulfure d'argent.

Au point de vue pratique, il est intéressant d'étudier les dépôts de nickel, de fer, de cuivre, qui peut-être présenteront une rigidité suffisante pour que les plaques photogalvanographiques puissent être utilisées comme les clichés phototypiques.



DE LA DISTINCTION QUE L'ON DOIT ÉTABLIR
ENTRE LA
FORCE ÉLECTROMOTRICE DE CONTACT
ET LA
DIFFÉRENCE DE POTENTIEL AU CONTACT.

DES MÉTHODES QUI PERMETTENT DE MESURER CES GRANDEURS,

PAR H. PELLAT ⁽¹⁾,
PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS.

En lisant les Mémoires, d'ailleurs fort remarquables en général, qui ont été consacrés à la théorie de la pile ou à l'Électricité de contact, j'ai constaté que l'on confondait encore parfois les expressions *force électromotrice de contact* et *différence de potentiel au contact*. Dans un Mémoire que j'ai publié en 1890, j'ai établi nettement la profonde différence qui existe entre ces deux grandeurs, si l'on veut rester fidèle aux définitions générales. Je crois utile de rappeler ici cette distinction, d'autant plus que je montrerai par là même que les divers expérimentateurs sont bien plus d'accord au fond qu'on ne le pense généralement sur ce sujet si controversé, la discussion venant souvent de ce que deux auteurs différents désignent par un même terme deux grandeurs qui n'ont entre elles aucune relation simple.

Rappelons d'abord les définitions générales.

La force électromotrice d'un électromoteur est le quotient de la quantité d'énergie qu'il fournit au courant par la quan-

⁽¹⁾ Observations présentées à propos des Communications faites à la deuxième séance de la quatrième Section (voir p. 35).

tité d'électricité qui a traversé celui-ci pendant le temps considéré. Cette définition est applicable, en particulier, à la surface de séparation de deux conducteurs considérée comme un électromoteur.

La différence de potentiel de deux points A et B est le quotient du travail de la force électrique agissant sur un point M allant de A à B par la quantité d'électricité qui charge le point M. Par *force électrique*, il faut entendre la force provenant de la distribution de l'électricité produisant le champ électrique seulement, et non toutes les forces de nature différente qui peuvent agir sur le point électrisé. En particulier, il faut exclure les *forces pondéro-électriques*, c'est-à-dire les actions de la matière pondérable, même non électrisée, sur l'électricité, dont on est forcé d'admettre l'existence, tant qu'on admet celle de forces électriques, pour expliquer qu'il peut exister une différence de potentiel entre deux conducteurs au contact en état d'équilibre. Cette définition s'applique d'elle-même à deux conducteurs au contact.

D'après ces définitions, c'est au principe de la conservation de l'énergie qu'il faut s'adresser pour obtenir la force électromotrice de contact, tandis que ce sont les lois de l'Électrostatique qui nous fourniront la différence de potentiel au contact, car elles nous permettent d'évaluer le travail des forces électriques provenant du champ électrique seul ⁽¹⁾.

Prenons un exemple simple et d'autant plus important que c'est un des cas les plus controversés, celui de deux métaux au contact.

(1) Ce qui a produit la confusion, c'est que la force électromotrice d'une pile, somme des forces électromotrices successives que l'on rencontre en passant d'un pôle à l'autre, est égale à la différence de potentiel des pôles (constitués par des métaux identiques à la même température) en circuit ouvert, somme aussi des différences de potentiels aux contacts successifs. Mais, de ce que deux sommes sont égales, il n'en résulte nullement que les termes correspondants de ces deux sommes soient les mêmes.

Il y a plus; si l'on localise nettement les sauts de potentiel successifs dans une pile en circuit ouvert aux divers contacts, il n'en est pas toujours ainsi pour les forces électromotrices; dans une pile contenant un électrolyte, il n'apparaît pas nettement que l'on puisse localiser les forces électromotrices aux différents contacts. Il n'y a que dans le cas du contact de deux métaux que cette localisation se conçoit bien, précisément parce qu'il n'y a pas d'action chimique. C'est pour cela que dans le texte nous avons choisi cet exemple.

Occupons-nous d'abord de la force électromotrice de contact. Pour cela, considérons deux sections du conducteur prises de part et d'autre de la surface de séparation, assez voisines pour que l'on puisse négliger la résistance du tronçon conducteur compris entre elles et pour que l'on puisse considérer sa température comme constante dans toute son étendue. Faisons passer un courant dans le sens où l'effet Peltier détruit de la chaleur et maintenons la température constante au moyen d'une source de chaleur; celle-ci fournira une certaine quantité de chaleur Q au tronçon pendant que le courant a fait circuler une quantité d'électricité m à travers le contact; d'après la définition du coefficient π de l'effet Peltier, on a $Q = \pi m$. D'autre part, d'après la définition de la force électromotrice de contact E , on a pour l'énergie fournie au courant par le contact la valeur Em . Or, après le passage du courant le tronçon est identique à ce qu'il était avant; par conséquent, son énergie est restée constante: il y a donc égalité entre l'énergie qu'il a fournie Em et celle qu'il a reçue $J\pi m$, en appelant J l'équivalent mécanique de la chaleur. On a donc $Em = J\pi m$ ou $E = J\pi$.

On voit par cette expression que les forces électromotrices de contact des métaux sont de l'ordre des millièmes ou des dix-millièmes de volt ⁽¹⁾.

La différence de potentiel de deux métaux au contact est une grandeur beaucoup plus délicate à obtenir que la force électromotrice.

Supposons d'abord qu'on puisse réaliser le cas idéal suivant: deux plateaux des deux métaux étudiés, formant les armatures d'un condensateur, placés dans le vide absolu et rigoureusement dépouillés des gaz que condensent les métaux à leur surface, sont réunis par un fil métallique; si après cette communication on trouve le condensateur chargé, les deux métaux présentent une différence de potentiel quand ils sont mis directement au contact.

⁽¹⁾ Dans les Mémoires sur l'*Électricité de contact* que j'ai publiés avant 1900, j'employais, ainsi que tout le monde alors, l'expression *force électromotrice* comme synonyme de *différence de potentiel au contact*. Il n'y a donc aucune contradiction entre ce que je dis ici et ce que j'ai dit dans ces Mémoires.

On pourrait, en outre, mesurer aisément cette différence de potentiel, en coupant le fil qui rejoint les deux plateaux, en y intercalant une force électromotrice prise par dérivation sur un courant et en faisant varier celle-ci jusqu'à ce que le condensateur ne fût plus chargé : la valeur de la force électromotrice ainsi introduite serait alors égale à la différence de potentiel cherchée, d'après la méthode que j'ai indiquée dans mon premier Mémoire en 1881.

Il n'est possible, malheureusement, ni de placer les métaux dans un vide absolu, ni surtout de dépouiller leur surface des gaz condensés; aussi cette méthode appliquée dans les conditions ordinaires fournit-elle la somme de la différence de potentiel des deux métaux au contact et de la différence entre les différences de potentiel de ces métaux et du gaz qui les entoure, ainsi que l'a indiqué pour la première fois, je crois, Maxwell; c'est ce que j'ai appelé la *différence de potentiel apparente* de ces métaux. Comme celle-ci est de l'ordre de grandeur du volt et ne varie que très peu quand on change la nature du gaz, si la surface des métaux n'est pas altérée (¹), il y a déjà présomption en faveur de l'idée que la différence de potentiel vraie entre deux métaux au contact est de l'ordre de grandeur du volt, mais non une preuve absolue.

Le seul moyen connu actuellement pour atteindre la différence de potentiel vraie entre deux conducteurs au contact s'appuie sur

(¹) Je rappelle que la moindre altération même invisible de la surface des métaux modifie du tout au tout la grandeur ainsi mesurée, comme on devait s'y attendre. Aussi les expériences faites par divers expérimentateurs en plaçant les métaux dans des gaz qui les attaquent fortement, comme l'acide sulfhydrique, ou l'acide chlorhydrique, par lesquelles ils trouvent que les nombres sont modifiés, ne prouvent qu'une chose, c'est que les surfaces ont été altérées. Ils auraient pu s'en assurer en remplaçant les métaux ainsi traités dans le même gaz inerte que dans la première partie de l'expérience : ils auraient trouvé des nombres tout différents des nombres trouvés d'abord dans ces gaz inertes. La difficulté de ne pas altérer les surfaces d'une manière permanente dans les déterminations des différences de potentiel apparentes ne peut être considérée comme surmontée que si, en se remplaçant dans les conditions primitives, on retrouve les mêmes nombres. J'ai toujours pris cette précaution dans mes expériences, en particulier dans celles où j'ai montré l'influence de la température; mais elle ne paraît pas avoir toujours été prise dans bien des expériences plus récentes, ce qui a amené à formuler des conclusions inexacts.

la considération de la couche électrique double et des phénomènes électrocapillaires. Il ne peut y avoir différence de potentiel entre deux points situés de part et d'autre de la surface de séparation de deux conducteurs que si un point voyageant de l'un à l'autre traverse un champ électrique. Or, dans l'état d'équilibre, comme la surface extérieure des conducteurs forme écran électrique, le champ électrique ne peut exister qu'à la surface de contact quand il y a couche électrique double; si celle-ci est nulle, les deux conducteurs au contact sont au même potentiel. M. Lippmann a montré, par des considérations rigoureuses fondées sur la loi de la conservation de l'électricité et sur les principes de la Thermodynamique, que la couche électrique double entre le mercure et un électrolyte qui le baigne est nulle, quand par polarisation on a amené la constante capillaire à sa valeur maximum ⁽¹⁾. J'ai montré expérimentalement l'exactitude de la théorie de M. Lippmann en établissant que l'on peut alors augmenter ou diminuer l'étendue de la surface de contact sans qu'il y ait mouvement d'électricité dans le circuit fermé comprenant ce contact, tandis qu'il y a toujours mouvement de l'électricité dans un sens ou dans l'autre, à cause de la couche double qui augmente ou diminue par la variation de surface, quand la constante n'a pas sa valeur maximum ⁽²⁾. Il est facile de voir que la force électromotrice qu'il a fallu placer dans le circuit pour obtenir le maximum de la constante capillaire permet de trouver la différence de potentiel du mercure non polarisé et du même électrolyte, ou, comme dans les expériences de MM. Bichat et Blondlot, la différence de potentiel de deux électrolytes au contact ⁽³⁾, ou encore comme dans les miennes, de mesurer la différence de potentiel entre le mercure et un amalgame de zinc en contact avec lui ⁽⁴⁾. Par des procédés un peu plus détournés ⁽⁵⁾, j'ai même pu mesurer la différence de potentiel

⁽¹⁾ *Ann. de Chim. et de Phys.*, 5^e série, t. V, p. 494; 1875.

⁽²⁾ *Journal de Phys.*, 2^e série, t. VI, p. 374; 1887.

⁽³⁾ *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, t. C, p. 791; 1885.

⁽⁴⁾ *Journal de Phys.*, 2^e série, t. VI, p. 374; 1887. — *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, t. CIV, p. 1099; 1887.

⁽⁵⁾ *Ann. de Chim. et de Phys.*, 6^e série, t. XIX; 1890. — *Journal de Phys.*, 2^e série, t. IX, p. 401; 1890.

entre le mercure et quelques autres métaux et retrouver pour le mercure et le zinc le nombre trouvé antérieurement par l'autre méthode (0^{volt}, 5 environ).

Disons quelques mots maintenant de la théorie osmotique de M. Nernst.

La partie qui concerne la variation de force électromotrice d'une pile avec la concentration des électrolytes paraît excellente, fondée sur des raisonnements rigoureux si l'on accepte la théorie des ions; du reste, ses conséquences sont bien vérifiées par l'expérience. Mais la théorie de M. Nernst, d'où il veut déduire la différence de potentiel de deux conducteurs au contact, repose sur quelques hypothèses qui paraissent bien hasardées. En considérant seulement le cas le plus simple, celui de deux électrolytes au contact, il faudrait admettre, comme l'a très bien fait remarquer M. Couette dans un article récent ⁽¹⁾, que les seules forces pondéro-électriques qui peuvent produire du travail sur un ion passant d'un liquide à l'autre sont les forces de pression osmotique. Il peut en être ainsi, mais on n'en est nullement assuré *a priori*; c'est à l'expérience à décider, puisqu'on peut atteindre ces différences de potentiel par la méthode de MM. Bichat et Blondlot.

Malheureusement, la plupart des physiciens qui ont adopté les idées de M. Nernst admettent aussi que la différence de potentiel entre deux métaux au contact est insignifiante, la croyant donnée par l'effet Peltier; nous avons vu que l'effet Peltier donne la force électromotrice de contact dans ce cas, qui est loin d'être la même que la différence de potentiel. Je serais heureux si la lecture de cet article pouvait faire revenir quelques physiciens d'une pareille erreur.

En résumé, il y a lieu de distinguer dans l'étude de l'Électricité de contact, quatre grandeurs différant par leur définition, ainsi que par les méthodes qui en fournissent la valeur :

1^o La *force électromotrice de contact*, qui dans le cas particulier de deux métaux est bien définie et fournie par l'effet Peltier.

2^o La *différence de potentiel vraie*, qui jusqu'à présent n'a pu être obtenue que par les phénomènes électrocapillaires.

⁽¹⁾ *Journal de Phys.*, 3^e série, t. IX, p. 269; 1900.

3° La *différence de potentiel apparente*, qui est fournie par l'étude de condensateurs dont les armatures sont constituées par les deux conducteurs étudiés.

Elle ne serait égale à la différence de potentiel vraie que dans le cas irréalisable où les métaux seraient entourés par le vide absolu et rigoureusement dépourvus de gaz condensés à leur surface.

4° La grandeur donnée par la théorie de M. Nernst sous le nom de *différence de potentiel au contact*, qui est bien définie, mais qui ne peut pas être confondue *a priori* avec la différence de potentiel vraie.



RÉSISTIVITÉ ET FLUIDITÉ,

PAR G. GOURÉ DE VILLEMONTÉE ⁽¹⁾,

DOCTEUR ÈS SCIENCES.

Une relation entre la résistivité et la fluidité, entrevue par Hankel (*Ann. Pogg.*, t. LXIX, p. 263; 1846), était énoncée d'une façon précise par G. Wiedemann, au cours de recherches sur l'endosmose électrique (*Ann. Pogg.*, t. XCIX, p. 229; 1856) : « La résistance électrique d'une solution saline est proportionnelle au coefficient de frottement du liquide, et inversement proportionnelle au poids de sel dissous par litre. » Le rapprochement de deux ordres de phénomènes distincts motiva les premières recherches; l'application récente des méthodes physiques à l'étude des modifications chimiques a provoqué depuis quelques années, en Allemagne d'abord, en Autriche, en Italie plus tard, et récemment en France, de nombreuses expériences. Le but, qui à l'origine avait été la vérification de la loi de G. Wiedemann, est devenu la détermination de l'état d'ionisation des solutions.

Le présent Mémoire a seulement pour objet de réunir les résultats acquis.

Les rapprochements entre la résistivité et la fluidité sont basés sur trois ordres de phénomènes :

- | | | |
|-----------------------------------|---|------------------------------------|
| 1° Changements de concentration. | { | Solutions } concentration moyenne. |
| | | aqueuses } très diluées. |
| 2° Variations de température..... | { | Sels fondus. |
| | | Solutions aqueuses. |
| | { | Eau. |
| 3° Influence du dissolvant..... | { | Solutions alcooliques. |
| | | Solutions glycériques. |
| | | Mercure et amalgames. |

(¹) Note présentée à la troisième séance de la quatrième Section (voir p. 36).

I. — Variations de la résistivité et de la fluidité des solutions aqueuses avec la concentration.

A. — SOLUTIONS DE CONCENTRATION MOYENNE.

1° *Concentration évaluée par la proportion pour 100 de sel dissous.* — Les dissolutions sont prises à la même température, la concentration indiquée par le nombre de grammes de sel dissous dans 100^{gr} d'eau est évaluée directement ou déduite de la mesure des densités.

Expériences de M. G. Wiedemann. — M. G. Wiedemann a mesuré la résistance électrique et les coefficients de frottement des solutions inégalement concentrées de :

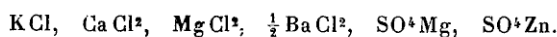
Sulfate de cuivre à.	15 ^{deg}	» ^{deg}
Azotate de cuivre à.....	14,5	14
Azotate d'argent à.....	16,6	16,7

d'acide azotique étendu, de potasse, d'ammoniaque, et calculé les valeurs du rapport $\frac{G\rho}{\eta}$, expression dans laquelle G représente la proportion pour 100 de sel, ρ la résistance électrique, η le coefficient de frottement.

Les valeurs du rapport $\frac{G\rho}{\eta}$ correspondantes aux solutions de sulfate de cuivre, d'azotate de cuivre, d'azotate d'argent, aux températures indiquées pour chacune d'elles, varient peu lorsque la concentration change dans des limites relativement étendues. M. G. Wiedemann conclut à la constance du rapport.

L'approximation avec laquelle la loi est vérifiée n'est pas déterminée.

Expériences de M. Grotrian. — La même étude est reprise par M. Grotrian (*Ann. Pogg.*, t. CLVII, p. 250; 1876) avec des solutions de :



L'ensemble des expériences montre que les valeurs du rapport $\frac{G\rho}{\eta^n}$, dans lequel G, ρ , η ont la même signification que plus haut et n représente une constante particulière pour chaque sel,

varient peu lorsque la concentration change, la température restant la même. Les limites des variations et les groupes de solutions auxquelles les formules sont applicables ne sont pas déterminés.

2° *Concentration évaluée par le nombre de molécules dissoutes par litre.* — M. Kohlrausch a trouvé, en employant ce nouveau mode de mesure plus en harmonie avec les énoncés des lois de l'électrolyse, que la conductibilité électrique de deux solutions, l'une d'acide azotique, l'autre d'acide chlorhydrique, qui contiennent le même nombre de molécules par litre, est la même.

L'étude du frottement intérieur amène à des résultats semblables. La différence entre les coefficients de fluidité des mélanges d'eau et d'acide azotique ou d'acide chlorhydrique, contenant le même nombre de molécules par litre, est au plus trois ou quatre centièmes de leur valeur.

L'égalité des coefficients de frottement de deux solutions n'entraîne cependant pas l'égalité de conductibilité (*Ann. de Pogg.*, t. CLX, p. 273).

B. — SOLUTIONS TRÈS DILUÉES.

Deux faits compliquent les recherches précédentes :

1° L'emploi du gramme dans l'évaluation de la concentration comme le fit M. G. Wiedemann;

2° Le rôle inconnu du dissolvant.

La première difficulté est écartée par l'adoption du gramme équivalent dans les mesures de la résistance électrique des solutions très diluées de MM. Bouty, Kohlrausch, Arrhénius, et dans les déterminations des coefficients de frottement de M. Bender; la seconde difficulté paraît augmentée.

On pourrait craindre, en effet, que le rôle du dissolvant fût particulièrement exagéré et l'influence du sel atténuée dans une proportion infiniment grande. Des expériences de Poiseuille (*Annales de Chimie et de Physique*, 3^e série, t. XXI; 1847) montrent que les coefficients de frottement d'une solution d'iode de potassium contenant 1^{er} et 2^{es} de sel par litre sont respectivement 0,998 et 0,997 du coefficient de frottement de l'eau à la même température. L'action du sel est donc notable, aussi

bien sur les valeurs des coefficients de frottement que sur les résistances électriques.

Le problème conserve encore son sens précis dans le cas des solutions très diluées.

1. RÉSISTANCES ÉLECTRIQUES.

M. Lenz, dans un Mémoire publié en 1878 (*Mémoires de l'Académie des Sciences de Saint-Petersbourg*, 7^e série, t. XXVI, n° 3, p. 51; 1878), mesure, par la méthode des courants alternatifs, la conductibilité de solutions aqueuses de sels alcalins, d'acides et de bases contenant une fraction déterminée d'équivalent par litre, et en déduit la conductibilité moléculaire des différentes substances. Les conclusions de M. Lenz sont : les sels de même base, en solutions très diluées, ont la même conductibilité moléculaire.

Les recherches faites par M. Bouty sur 22 sels anhydres, 12 sels hydratés ou formant avec l'eau des combinaisons définies, 7 sulfates, amènent l'auteur (*Journal de Physique*, 2^e série, t. III, p. 325; 1884, et 2^e série, t. VI, p. 14; 1887) à classer les sels en deux catégories. La première catégorie comprend les sels anhydres et les sels hydratés qui forment avec l'eau des composés définis, dont les solutions s'appauvrissent également aux deux pôles pendant l'électrolyse et ne donnent pas lieu au phénomène désigné sous le nom de *transport des ions*. Les solutions salines dans lesquelles l'appauvrissement n'est pas égal aux deux pôles pendant l'électrolyse, qui donnent lieu au transport des ions, constituent la seconde catégorie. Les sels du premier groupe sont dits *sels normaux*, les autres *sels anormaux*.

Les sels normaux suivent la loi dite *des équivalents*. Les résistances des solutions des différents sels contenant le même poids p de sel par litre, prises à la même température, sont entre elles comme les équivalents.

La conductibilité moléculaire de tous les sels croît à mesure que la quantité d'eau de dissolution augmente. La conductibilité moléculaire des sels anhydres qui suivent la loi des équivalents tend vers une limite commune lorsque la dilution des dissolutions est de plus en plus grande.

Les Tables déduites des expériences de M. Kohlrausch, publiées par M. Arrhénius dans la *Lumière électrique*, t. XXXIII, p. 459, en sont une autre vérification.

On en déduit que

$$G\rho = M$$

est une même constante pour tous les sels neutres anhydres, à la température correspondante aux expériences : 15°.

2. FROTTEMENT.

L'étude correspondante des coefficients de frottement n'est pas aussi complète.

Deux groupes d'expériences peuvent être employés. Le premier est emprunté au Mémoire de Poiseuille (*Annales de Chimie et de Physique*, 3^e série, t. XXI, p. 76; 1847), comme l'a fait M. Lenz (*loc. cit.*).

Le second comprend les expériences de M. Brückner, qui a déterminé (*Annales de Wiedem.*, t. XLII, p. 293; 1891) les coefficients de frottement des solutions NaCl, BaCl², KCl, AzH⁴Cl, contenant de 0^{er} à 4^{er} équivalents par litre à 15° et 20°.

3. RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE ET FROTTEMENT.

Le chlorure, le bromure et l'iodure de potassium, le chlorhydrate d'ammoniaque sont des sels normaux qui satisfont à la loi $G\rho = \text{const.}$ L'azotate de soude est le type des sels anormaux qui s'en écartent (*Journal de Physique*, 2^e série, t. VII, p. 307).

En se reportant aux valeurs numériques des Tables de Poiseuille, on voit que les coefficients de frottement de solutions de KCl, KBr, KI, AzH⁴Cl, contenant 4^{er} de sel par litre, diffèrent extrêmement peu les uns des autres; que les coefficients de frottement des sels normaux, sulfate de potasse, azotate de plomb, sans présenter une anomalie sensible, offrent, comme l'a observé Poiseuille, des différences remarquables avec les autres sels.

D'un autre côté, d'après les expériences de M. Brückner, les valeurs des coefficients de frottement η des chlorures diffèrent d'autant moins les uns des autres que la proportion pour 100 de sel diminue.

Il en résulte que le rapport $\frac{G\rho}{\eta}$ tend vers une limite qui est la même pour tous les sels neutres anhydres dont l'électrolyse est normale, lorsque la dilution augmente.

II. — Variations de la résistivité et de la fluidité avec la température.

Les recherches sur l'effet des variations de température appartiennent à quatre groupes :

- A. Sels fondus ;
- B. Solutions de concentration moyenne ;
- C. Solutions très diluées ;
- D. Eau.

A. — SELS FONDUS.

L'étude des sels fondus est théoriquement la plus simple, par suite de l'élimination du dissolvant.

Expériences de M. Fousereau (*Annales de Chimie et de Physique*, 6^e série, t. V, p. 359; 1885). — M. Fousereau a déterminé le coefficient de frottement et la résistance électrique de l'azotate de potasse, de soude, d'ammoniaque, du chlorate de potasse, du chlorure de zinc, fondus à des températures comprises entre 162° et 360° C.

M. L. Poincaré (*Annales de Chimie et de Physique*, 6^e série, t. XXI, p. 315; 1890) a repris par la méthode électrométrique, avec une disposition expérimentale modifiée, la mesure de la résistance électrique des azotates de potassium, de sodium, d'ammonium fondus, et a divisé les valeurs des résistances ainsi obtenues par les valeurs des coefficients de frottement des mêmes sels déterminées par M. Fousereau aux températures correspondantes.

L'ensemble des résultats montre que le rapport du coefficient de frottement de la résistance électrique des sels fondus précédemment étudiés, entre les limites de température indiquées, varie peu avec la température pour chaque sel en particulier.

B. — SOLUTIONS DE CONCENTRATION MOYENNE.

Expériences de M. Grotrian. — M. Grotrian, dans une série de Mémoires (*Ann. de Pogg.*, t. CLIV, p. 216; t. CLVII, p. 133),

a déterminé, soit avec M. Kohlrausch, soit seul, les variations des deux coefficients

$$\left(\frac{dk}{dt} \frac{1}{k}\right)_{18}, \left(\frac{df}{dt} \frac{1}{f}\right)_{18},$$

dans lesquels k représente la conductibilité d'une solution saline et f la fluidité définie comme l'inverse du coefficient de frottement $f = \frac{1}{\eta}$ à la température de 18°. Ces deux coefficients seront dans la suite désignés sous le nom de *coefficients thermiques de conductibilité et de fluidité*.

Les résultats peuvent être partagés en trois groupes, suivant la nature de la substance dissoute :

Acides — bases — sels.

Nous avons traduit par des graphiques les Tables numériques très nombreuses de l'auteur (*Ann. de Pogg.*, t. CLX, p. 262), les nombres portés en abscisses indiquent les proportions pour 100 d'acide des mélanges, les variations des coefficients thermiques de conductibilité et de fluidité sont comptées en ordonnées. Les nombres inscrits à l'origine des courbes sont les valeurs des coefficients thermiques correspondantes à une température de 18°.

Fig. 1.

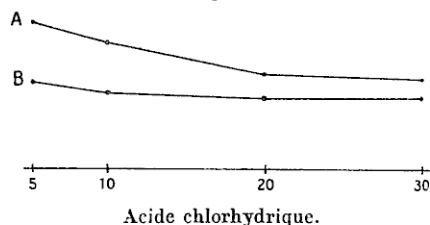
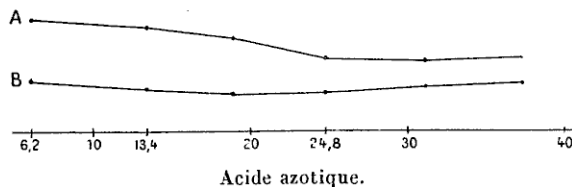
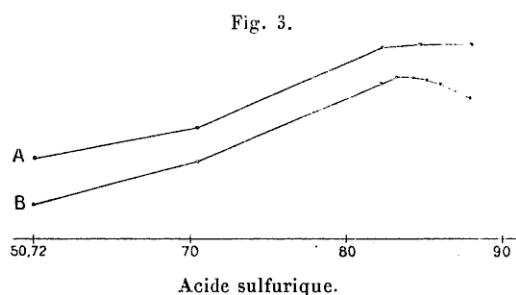


Fig. 2.

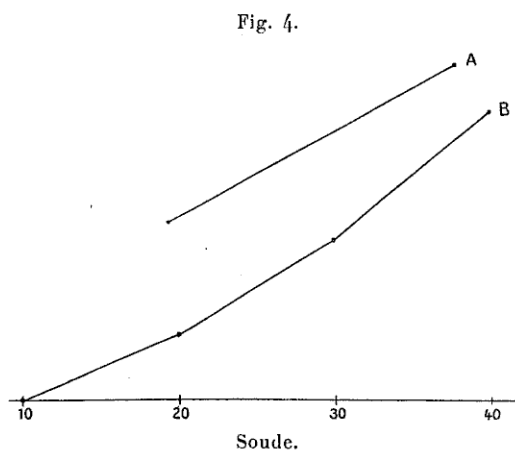


Pour indiquer nettement les résultats de M. Grotrian et éviter toute

interprétation hypothétique, nous indiquons par des astérisques les points correspondants aux expériences et nous réunissons ces points par des droites. La ligne brisée ainsi obtenue montre à première vue la marche du phénomène (*fig. 1, 2, 3, 4*).



Les variations des deux coefficients thermiques de conductibilité et de fluidité sont correspondantes dans le cas des acides chlorhydriques (*fig. 1*), azotique (*fig. 2*) et sulfurique (*fig. 3*). Les valeurs minima ou maxima correspondent aux mêmes concentra-



tions. L'étude de l'acide sulfurique est particulièrement intéressante par la formation de combinaison avec l'eau.

Les recherches ont été poursuivies avec un soin minutieux par M. Kohlrausch et par M. Grotrian [M. Grotrian (*Ann. de Pogg.*, t. LCX; 1877); M. Kohlrausch (*Münch. Ber.*, p. 284; 1875;

Ann. de Pogg., t. CLIX, p. 233; 1876); M. Grotrian (*Ann. de Wied.*, t. VIII, p. 537; 1879)].

Le fait le plus remarquable est l'existence d'un maximum de la valeur des deux coefficients, dans le voisinage du second hydrate $\text{SO}^{\cdot}\text{H}^2 + \text{H}^2\text{O}$ qui correspond à une proportion d'acide de 84,48 pour 100; le coefficient thermique de fluidité atteint alors la valeur maxima 0,0432, le coefficient thermique de conductibilité la valeur maxima 0,0369. Les deux coefficients décroissent ensuite; lorsque la concentration varie de 84 pour 100 à 88 pour 100, le premier s'abaisse à 0,0421, le second à 0,0339.

Soude. — L'accroissement rapide du coefficient thermique de conductibilité avec la concentration était remarquable pour les solutions de soude; M. Grotrian a montré que le coefficient thermique de fluidité présente la même particularité (*fig. 4*).

Sels. — Le rapprochement des coefficients thermiques de fluidité et de conductibilité des sulfates de potasse, de soude, de zinc, d'ammoniaque, des chlorures de baryum, de strontium, de calcium, de sodium, de lithium, de l'iodure de sodium, déduits en partie des recherches de M. Sprung (*Ann. de Pogg.*, t. CLIX, p. 1; 1876), en partie des expériences de M. Grotrian, donne lieu aux mêmes remarques.

Le rapport des deux coefficients thermiques est sensiblement constant lorsque la proportion de sel augmente dans les solutions de chlorhydrate d'ammoniaque, de chlorure, bromure, iodure de potassium.

La valeur du rapport des deux coefficients est d'ailleurs la même pour les chlorures, bromures et iodures de potassium.

Discussion de M. Grossmann. — M. Grossmann, dans deux Mémoires successifs, a cherché à préciser et à généraliser la relation qui existe entre les résistances électriques et les coefficients de frottement intérieur des solutions salines (*Ann. de Wied.*, t. XVI, p. 619; 1882, et t. XVIII, p. 119; 1883). Les conclusions des deux premiers Mémoires ont été infirmées par une Note rectificative de l'Auteur (*Ann. de Wied.*, t. XIX, p. 544; 1883) ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Voir, pour la discussion, *Résistance électrique et Fluidité* de l'*Encyclopédie scientifique* (Gauthier-Villars, édit.).

L'étude de M. Grossmann n'ajoute rien aux conclusions déduites des Mémoires précédents.

C. — SOLUTIONS TRÈS DILUÉES.

1. RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE.

Deux séries de recherches entreprises : la première par M. Bouty (*Journ. de Phys.*, 2^e série, t. III, p. 351; 1884), la seconde par M. Kohlrausch (*Ann. de Wied.*, t. VII, p. 191 et suivantes), amènent à la même conclusion : Les coefficients thermiques de conductibilité des solutions de sels normaux extrêmement étendues tendent vers une limite indépendante de la nature du sel.

L'invariabilité du coefficient thermique de conductibilité entraîne la constance du produit $G\rho = M$ pour les différents sels, dans les limites de température des expériences.

2. FROTTEMENT.

Les coefficients thermiques de frottement des chlorures : NaCl, $\frac{1}{2}$ BaCl², KCl, AzH³Cl, déterminés par M. Brückner (*Ann. de Wied.*, t. XLII, p. 293; 1897), diffèrent très peu les uns des autres.

3. RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE ET FROTTEMENT.

Si les variations de ρ et η avec la température sont assez faibles pour que les changements puissent être représentés par une formule à deux termes :

$$\rho_\theta = \frac{\rho_0}{1 + \alpha\theta}, \quad \eta_\theta = \frac{\eta_0}{1 + \beta\theta},$$

$$\frac{G\rho_\theta}{\eta_\theta} = \frac{G\rho_0}{\eta_0} \times \frac{1 + \beta\theta}{1 + \alpha\theta},$$

$\frac{G\rho_0}{\eta_0}$ est une même fonction de θ pour tous les sels étudiés.

Les expériences de M. Bouty, jointes aux recherches de M. Brückner (*loc. cit.*, p. 294), permettent de calculer les valeurs du rapport $\frac{G\rho_0}{\eta_0}$ correspondantes à des solutions de KCl de plus en plus diluées.

On voit que, pour des solutions contenant de 0^{mol}, 5 à 3 mol/l-

cules par litre, le produit diminue constamment; les variations sont d'autant plus faibles que la dilution est plus grande. Il est à remarquer que, dans le Tableau des coefficients donné par M. Brückner (*loc. cit.*, p. 294), le coefficient de frottement est minimum lorsque la solution contient 1^{mol},5 par litre; malgré ce minimum, le rapport $\frac{G\rho}{\eta}$ diminue progressivement de 1549,128 à 758,1950.

L'égalité du rapport est donc probablement une limite vers laquelle tendent les valeurs qui correspondent aux solutions très diluées des différents sels.

D. — EAU.

L'eau n'est pas, en général, un liquide défini (Gouré de Villemontée, *Journal de Physique*, 3^e série, t. IV, p. 293; 1895). La discussion du problème (*Encyclopédie scientifique*) amène à préciser l'énoncé de la manière suivante : Les variations de résistances et du coefficient de frottement avec la température sont-elles indépendantes de la proportion extrêmement petite de matières étrangères que contient l'eau chimiquement pure? Les variations des deux quantités sont-elles de même ordre de grandeur?

Le coefficient thermique de résistivité de solutions très étendues contenant $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{1000}$, $\frac{1}{4000}$ de sel est indépendant de la nature du sel (M. Bouty, *Journal de Physique*, 5^e série, t. III, p. 352; 1888), et il est le même que le coefficient thermique de frottement de l'eau déterminé par Poiseuille.

Les conclusions de M. Foussereau à la suite d'une série étendue d'expériences sur la résistivité de l'eau entre 0° et 21° sont : Les variations de la résistance électrique et du coefficient de frottement de l'eau pure, chargée d'une quantité de matières étrangères inappréciable aux réactifs chimiques, lorsque la température change, sont les mêmes (*Ann. de Chimie et de Physique*, 6^e série, t. XXI; 1890).

M. Lussana (*Atti del R. Istituto Veneto*, 7^e série, t. IV; 1893. — *Il nuovo Cimento*, 3^e série; 1894) indique une particularité simultanée de la résistivité et de la fluidité qui doit correspondre à la température du maximum de densité de l'eau.

M. Pacher (*Atti del R. Istituto Veneto*, t. LVIII; 1898-1899) a déterminé, par la méthode de Poiseuille, le coefficient de frottement de l'eau distillée, dans trois séries d'expériences, à des températures comprises entre 0°,60 et 25°,09, et confirmé une partie de ces prévisions :

1° Dans le voisinage de 4°, la viscosité de l'eau distillée présente une anomalie indiquée par un point d'inflexion dans la courbe de la viscosité en fonction de la température ;

2° Le coefficient thermique de viscosité de l'eau distillée présente un maximum suivi d'un minimum entre 3° et 6°.

M. Pacher n'a malheureusement pas mesuré la résistance électrique de l'eau aux mêmes températures et se borne à indiquer comme probable une anomalie semblable dans la résistance électrique de l'eau.

Un changement de signe dans les nombres des Tableaux donnés par M. Foussereau (*loc. cit.*) est une confirmation des prévisions de M. Lussana.

III. -- Variations de la résistivité et de la fluidité avec le dissolvant.

Les expériences précédentes ont été faites :

- 1° Avec des sels fondus, c'est-à-dire sans dissolvant ;
- 2° Avec des sels dissous dans l'eau.

L'emploi de liquides moins faciles à décomposer que l'eau et de conductibilités différentes permet :

- 1° De reculer beaucoup la limite des expériences ;
- 2° De voir l'influence du dissolvant sur les résultats.

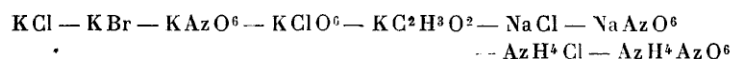
Les recherches ont été faites sur :

- 1° Des mélanges d'eau et de glycérine ;
- 2° Des mélanges d'eau et d'alcool ;
- 3° Du mercure et des amalgames.

1° SOLUTIONS GLYCÉRIQUES.

M. Monti (*Atti R. Ist. Veneto*, 7^e série, t. III, p. 1705-1714 ; 1893. — *Atti R. Accad. Scienze Torino*, t. XXVIII, p. 346 ; 1892-1893) évalue la conductibilité moléculaire des sels sui-

vants :



dans une solution aqueuse étendue contenant des proportions différentes de glycérine, ainsi que le frottement intérieur de mélanges de glycérine et d'eau à 18°. Une corrélation remarquable existe entre les variations de la conductibilité et du frottement interne, comme l'a observé M. Arrhénius avec des solutions de gélatine; mais aucune relation numérique ne peut être assignée entre les deux ordres de phénomènes.

M. Massoulier (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXXX, p. 773; 1900) donne des résultats plus précis. La résistance électrique de solutions de sulfate de cuivre, dans des mélanges d'eau et de glycérine, est mesurée : 1° par la méthode électrométrique; 2° par l'emploi de courants alternatifs (procédé de M. Ostwald). Le coefficient de frottement interne des mêmes solutions est déterminé par la méthode de Poiseuille.

Les variations de la résistance électrique sont peu éloignées d'être proportionnelles aux variations de la fluidité à 15°.

La proportionnalité n'existe pas dans une seconde série d'expériences faites à la température 0, où une molécule de sulfate de cuivre, soit 16^{gr},89, occupait 40^{lit}.

2° SOLUTIONS ALCOOLIQUES.

M. Stefan (*Ann. de Wied.*, t. XVIII, p. 673; 1882) étend aux dissolutions de NaCl, KCl, LiCl, NaI, KI, dans des mélanges d'eau et d'alcool, la loi de M. Wiedemann.

Changements de concentration. — $\frac{G\rho}{\eta}$ est indépendant de la nature du dissolvant, lorsque le dissolvant est l'eau ou un mélange d'alcool et d'eau contenant moins de 50 pour 100 d'alcool.

Variations de température. — L'étude des variations des coefficients de résistance et de frottement avec la température a donné lieu à des remarques correspondantes à celles qui ont été développées plus haut.

1° Les coefficients thermiques de conductibilité et de frottement diffèrent respectivement peu les uns des autres, lorsque le dissol-

vant, la concentration et les limites de température sont les mêmes.

2° La différence entre les coefficients thermiques de conductibilité et de frottement correspondant aux mêmes dissolvants et à la température 20° est très faible.

La corrélation remarquable des variations des coefficients thermiques de conductibilité et de frottement, constatée avec les solutions aqueuses, subsiste avec les solutions alcooliques.

3° MERCURE ET AMALGAMES.

Le mercure et les amalgames étendus présentent des caractères opposés à ceux des solutions précédentes. M. Schweidler (*Wien. Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften*, t. CIV, p. 273; 1895) a déterminé les variations des coefficients de résistivité et de frottement avec la température.

Les coefficients de frottement du mercure, déterminés par la méthode de Poiseuille, sont d'accord avec les résultats des expériences de M. Warburg (*Ann. Pogg.*, p. 140; 1870) et de M. Koch (*Ann. de Wied.*, p. 14; 1881); les résultats diffèrent très peu des valeurs obtenues par M. Schmidt par la méthode des oscillations.

Aucune relation numérique n'existe entre les coefficients thermiques de fluidité et de conductibilité, comme le fait observer M. Schweidler.

IV. — Sels mélangés.

La simultanéité des changements de la résistance électrique et du coefficient de frottement, dans les cas étudiés, amène à attribuer les deux propriétés aux mêmes molécules.

S'il en est ainsi, les deux propriétés sont respectivement et simultanément additives, dans les mélanges, tant que les molécules salines restent invariables; en d'autres termes, aussi longtemps que l'équilibre n'est pas modifié.

L'étude des mélanges a pour objet de résoudre la question; les recherches peuvent être partagées en deux groupes :

1° Les mélanges de sels fondus dans lesquels la suppression du

C. P., IV.

7

dissolvant élimine toutes les modifications d'équilibre dues à son intervention ;

2° Les solutions très diluées.

A. — SELS FONDUS.

M. Foussereau (*loc. cit.*, p. 364), en mesurant les résistances électriques et les coefficients de frottement des mélanges suivants :

1^{er} azotate de potasse + 1^{er} azotate de soude entre 232° et 359°,
2^{es} azotate d'ammoniaque + 1^{er} azotate de potasse + 1^{er} azotate de soude à 138° et 172°,

a trouvé que le rapport du coefficient de frottement à la résistance est un nombre constant.

Les valeurs constantes du rapport pour chaque mélange, lorsque la température varie dans les limites indiquées, ne présentent avec les valeurs du rapport correspondant à chaque sel, pris séparément, aucune relation simple.

B. — SOLUTIONS SALINES.

Le rapprochement des recherches de M. Bouty et de M. Bender sur les résistances électriques, et les expériences de M. Brückner sur le frottement donnent lieu à des remarques intéressantes.

1° RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE.

Expériences de M. Bouty. — M. Bouty (*Journal de Physique*, 2^e série, t. VI, p. 17; 1887) précise l'énoncé de la manière suivante : « Est-il permis d'assimiler un mélange salin à un conducteur métallique hétérogène, c'est-à-dire de calculer la résistance spécifique R des mélanges par la formule

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{\rho'} + \frac{1}{\rho''} + \frac{1}{\rho'''} + \dots ?$$

» Si cette assimilation est légitime en principe, à quelle restriction est-elle pratiquement soumise? »

Dans tous les cas, l'expérience doit être disposée de telle façon que les dissolutions contiennent, sous le même volume de 1^{lit}, le même nombre de molécules salines, afin que la concentration, évaluée par le nombre de molécules par litre, ne change pas par le fait du mélange.

Les lois suivant lesquelles la conductibilité du mélange peut être calculée en fonction des conductibilités et des proportions des sels constituants, ont été établies expérimentalement par M. Bouty. Ces lois sont partagées en deux groupes : I Sels normaux, II Sels anormaux.

Expériences de M. Bender. — M. Bender (*Ann. de Wied.*, t. XXII; 1884, et t. XXXI; 1887) étudie les chlorures



Les doubles décompositions sont évitées. Les résultats, d'accord avec ceux de M. Bouty, ne sont que des cas particuliers des conclusions plus générales énoncées par M. Bouty.

2° FROTTEMENT.

Les solutions composantes devraient être préparées comme pour l'étude des résistances, de manière que les dissolutions contiennent, sous le même volume de 1 litre, le même nombre de molécules salines, afin que la concentration évaluée par le nombre de molécules par litre ne change pas par le fait du mélange.

Ces conditions qui paraissent primordiales n'ont pas été observées par M. Brückner (*Ann. de Wied.*, t. XLII, p. 287; 1891). L'auteur détermine le coefficient de frottement de solutions contenant de 0,5 à 5 molécules par litre des chlorures KCl, AzH⁴Cl, NaCl, $\frac{1}{2}\text{BaCl}_2$, prises séparément, et de mélanges à volumes égaux des mêmes solutions également ou inégalement concentrées. On voit de plus que ces solutions sont beaucoup plus concentrées que celles étudiées par M. Bouty. M. Brückner cherche dans quels cas le coefficient de frottement du mélange est la moyenne arithmétique des coefficients de frottement des solutions prises séparément.

3° RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE ET FROTTEMENT.

L'étude la plus intéressante est celle des solutions suivantes qui a déterminé des remarques importantes de M. Bouty :

Mélanges de KCl	et	AzH ⁴ Cl,
» KCl	et	NaCl,
» AzH ⁴ Cl	et	NaCl,
» $\frac{1}{2}\text{BaCl}_2$	et	NaCl.

1° D'après M. Bouty, les sels KCl et AzH^4Cl sont des sels normaux, la résistance est la moyenne arithmétique des résistances dans le cas où le rapport des nombres de molécules est un.

D'après M. Brückner, le coefficient de frottement du mélange des solutions KCl , AzH^4Cl est la moyenne arithmétique des coefficients de frottement des solutions séparées, lorsque le nombre des molécules par litre de AzH^4Cl est les $\frac{3}{2}$ du nombre n de molécules par litre de KCl , quel que soit d'ailleurs le nombre n .

2° Mélanges des solutions :

KCl et NaCl ,
 AzH^4Cl et NaCl .

Le mélange est formé d'un sel normal et d'un sel anomal. La résistance du mélange n'est pas la moyenne des résistances séparées, lorsque le mélange est formé de volumes égaux de solutions contenant des nombres égaux de molécules.

En particulier, la conductibilité d'un mélange de solutions, l'une de KCl , l'autre de NaCl , prises à volume égal, d'après M. Bouty et d'après M. Bender, est la moyenne arithmétique des résistances des solutions composantes, lorsque les nombres d'équivalents par litre sont :

1^{er} par litre NaCl ,
 0^{er},75 » KCl ;

D'après M. Brückner, le coefficient de frottement des solutions séparées, lorsque le rapport des nombres de molécules par litre est un.

3° La résistance du mélange de deux solutions, l'une de NaCl , l'autre de $\frac{1}{2}\text{BaCl}^2$, est, d'après M. Bender, la moyenne arithmétique des résistances des solutions composantes, prises à volume égal, lorsque les deux solutions ont la même concentration moléculaire.

Le coefficient de frottement des mélanges de solutions de NaCl avec $\frac{1}{2}\text{BaCl}^2$ est, d'après M. Brückner, la moyenne des coefficients de frottement des solutions prises à volume égal, lorsque les concentrations sont :

n molécules NaCl par litre,
 $\frac{3}{2}n$ » $\frac{1}{2}\text{BaCl}^2$ »

quel que soit n .

On voit par l'ensemble des résultats que les conditions de concentration pour lesquelles la résistance électrique d'un mélange de deux solutions salines différentes est la moyenne des résistances des solutions séparées, ne sont pas les conditions dans lesquelles le coefficient de frottement du mélange est la moyenne arithmétique des coefficients de frottement des solutions prises séparément.

Il serait cependant imprudent d'admettre sans réserves les différences signalées. Les concentrations moléculaires des solutions pour lesquelles le coefficient de frottement est la moyenne arithmétique des solutions composantes sont déduites de la position du point de contact des courbes représentant les coefficients calculés et observés. Or, les courbes sont en général tangentes sur une assez grande étendue. M. Brückner prend, avec raison, comme point de contact, le milieu de la partie commune aux deux courbes, mais les points correspondants aux limites de la région de contact mettraient d'accord les résultats obtenus avec les résistances électriques et les résultats des expériences sur le frottement.

Conclusions.

1° CHANGEMENT DE CONCENTRATION. — A une même température, la résistance électrique de solutions aqueuses étendues de chlorure, bromure, iodure de potassium, de chlorhydrate d'ammoniaque et généralement des sels dont l'électrolyse ne donne pas lieu au phénomène connu sous le nom de *transport des ions*, est proportionnelle au coefficient de frottement de la solution, et inversement proportionnelle au poids de sel dissous par litre.

L'approximation avec laquelle la loi est vérifiée est d'autant plus grande que les solutions sont plus diluées. La loi énoncée par M. G. Wiedemann est une loi limite vers laquelle tendent les solutions indiquées, lorsque la dilution augmente.

2° VARIATIONS DE TEMPÉRATURE : A. *Sels fondus*. — Le produit du coefficient de frottement η par la conductibilité K varie peu avec la température, pour chaque sel en particulier.

B. *Solutions salines aqueuses de concentration moyenne*. — Les coefficients thermiques de conductibilité et de fluidité de solutions aqueuses d'un même acide ou d'un même sel de la chimie

minérale, pris à partir d'une même température, éprouvent des variations de même ordre de grandeur, lorsque la proportion d'acide ou de sel augmente.

Le rapport des deux coefficients est constant lorsque la proportion de sel augmente, dans le cas des solutions de chlorhydrate d'ammoniaque. Le rapport des deux coefficients est constant et indépendant de la nature du métalloïde, dans les solutions de chlorure, bromure, iodure de potassium.

C. *Solutions très diluées.* — Les coefficients thermiques de résistivité et de fluidité des différents sels, entre les mêmes limites de température, sont indépendants de la nature du sel, lorsque le dissolvant et la concentration restent les mêmes.

D. *Eau.* — Les coefficients thermiques de résistivité et de fluidité de l'eau sont égaux.

3° MODIFICATIONS DU DISSOLVANT. — Lorsque la proportion d'alcool ne dépasse pas 50 pour 100 dans les solutions alcooliques de chlorures différemment concentrées, et lorsque la proportion de sel n'est pas inférieure à $\frac{1}{18}$ de molécule dans le cas de solutions glycériques de sulfate de cuivre contenant de $\frac{1}{48}$ à $\frac{1}{6}$ de glycérine, la résistivité est proportionnelle à la fluidité.

Le coefficient de proportionnalité est le même que celui de l'eau lorsque, dans les mélanges d'eau et d'alcool, la proportion d'alcool est inférieure à 50 pour 100, et varie avec le dissolvant lorsque la proportion d'alcool dépasse 50 pour 100.

La loi simple de proportionnalité cesse d'être vérifiée lorsque la proportion d'alcool dépasse 50 pour 100, ou lorsque la proportion de sel est inférieure, ou la proportion de glycérine supérieure aux proportions indiquées.

Les coefficients thermiques de conductibilité des solutions alcooliques des chlorures, et les coefficients thermiques de fluidité du dissolvant sont sensiblement les mêmes entre les mêmes limites de température.

4° MÉLANGES. — L'étude des mélanges n'apporte pas le contrôle que l'on pouvait espérer, mais précise les conditions du problème et soulève des questions intéressantes.

En résumé, des résultats importants dégagés de toute conception théorique sont acquis.

MÉTHODES GALVANOMÉTRIQUES

DE

MESURE DES GRANDES RÉSISTANCES LIQUIDES,

PAR D. NEGREANO ⁽¹⁾,
PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE BUCAREST.

1. Les résistances des liquides ont donné lieu à de nombreuses recherches.

Une méthode très précise pour la mesure des résistances liquides est celle indiquée par M. Lippmann ⁽²⁾. Elle consiste à comparer la résistance du liquide à une résistance connue, en mesurant les forces électromotrices, prises aux bouts de la résistance liquide et de la résistance connue, intercalées dans le même circuit.

Les forces électromotrices sont mesurées par l'électromètre capillaire de M. Lippmann.

Des méthodes électrométriques ont également servi à MM. Bouty ⁽³⁾, Foussereau ⁽⁴⁾, L. Poincaré ⁽⁵⁾, pour d'intéressantes recherches sur les électrolytes.

Moi-même, par un dispositif expérimental convenable, j'ai déterminé de grandes résistances liquides ⁽⁶⁾, pour étudier, entre autres questions, la vitesse de l'éthérification.

⁽¹⁾ Note présentée à la troisième séance de la quatrième Section (voir p. 36).

⁽²⁾ LIPPMANN, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. LXXXIII, p. 192; 1876.

⁽³⁾ BOUTY, *Journal de Physique*, 2^e série, t. III, p. 325; t. VI, p. 5; 1887.

⁽⁴⁾ FOUSSEREAU, *Journal de Physique*, 2^e série, t. IV, p. 189; 1885.

⁽⁵⁾ L. POINCARÉ, *Recherches sur les électrolytes fondus*. Thèse de Doctorat; 1889.

⁽⁶⁾ D. NEGREANO, Thèse de Doctorat; 1889.

2. M. Kohlrausch ⁽¹⁾ détermine les résistances des électrolytes, en se servant du pont de Wheatstone. Il introduit dans l'un des bras du pont le liquide électrolytique dont il veut déterminer la résistance. Le courant est produit par le circuit secondaire d'une bobine d'induction, et le galvanomètre est remplacé par un électrodynamomètre ou un téléphone. Les électrodes employées sont des lames de platine platiné.

Comme l'ont montré MM. Bouty et Foussereau ⁽²⁾, cette méthode conduit à de bons résultats dans le cas où les résistances à mesurer ne sont pas considérables.

3. M. Wildermann ⁽³⁾ a indiqué une méthode de mesure des résistances liquides, où il utilise des courants continus.

Le principe de cette méthode est le suivant :

Considérons un circuit formé par n éléments de force électromotrice e et de résistance ρ , par un galvanomètre de résistance g et par le liquide dont on veut déterminer la résistance x .

L'intensité du courant sera

$$(1) \quad i = \frac{ne - e'}{n\rho + g + x},$$

où e' est la force électromotrice de polarisation.

Si le nombre des éléments est assez considérable, la force électromotrice e' est négligeable par rapport à ne , surtout si la résistance x est grande et l'intensité i du courant petite.

La relation (1) devient

$$2) \quad i = \frac{ne}{n\rho + g + x}.$$

Si l'on fait une seconde expérience, dans laquelle on remplace la résistance électrolytique x par une résistance métallique R , nous aurons

$$(3) \quad i' = \frac{ne}{n\rho + g + R}.$$

⁽¹⁾ J. KOHLRAUSCH et GROTRIAN, *Pogg.*, t. CLIV, 1875. De même, J. KOHLRAUSCH, *Wied. Ann.*, t. VI, 1879; t. XI, 1880.

⁽²⁾ BOUTY et FOUSSEREAU, *Journal de Physique*, t. IV, p. 419; 1885.

⁽³⁾ *Zeitschrift für physikalische Chemie*, t. XIV, p. 231; 1891.

De (2) et (3) on déduit

$$(4) \quad \frac{i}{i'} = \frac{n\rho + g + R}{n\rho + g + x}.$$

Si les résistances x et R sont considérables par rapport aux résistances des éléments et du galvanomètre, la relation (4) devient

$$(5) \quad \frac{i}{i'} = \frac{R}{x}.$$

Enfin, supposons que les déviations δ et δ' du galvanomètre correspondant aux intensités i et i' sont petites; dans ce cas, les déviations sont proportionnelles aux intensités, et l'on aura

$$\frac{\delta}{\delta'} = \frac{R}{x},$$

d'où l'on déduira la résistance inconnue x .

La solution liquide est introduite dans un tube capillaire; le courant électrique est celui d'une pile formée d'au moins 100 éléments Clark; dans ce cas, la force électromotrice de polarisation est négligeable par rapport à la force électromotrice de la pile.

4. R. Mallstrom ⁽¹⁾ mesure les résistances des électrolytes au moyen de courants continus, en se servant du pont de Wheatstone et en introduisant dans l'un des bras du pont l'électrolyte dont on cherche la résistance. Le pont est traversé par le courant produit par plusieurs éléments disposés en série, de façon que la force électromotrice de polarisation soit négligeable par rapport à celle de la pile.

Pour mesurer les résistances, il est indispensable, pour les résistances supérieures à 1000 ohms, d'employer des électrodes de platine platiné d'une grande surface; pour des résistances supérieures à 100 000 ohms, on peut employer des électrodes en platine.

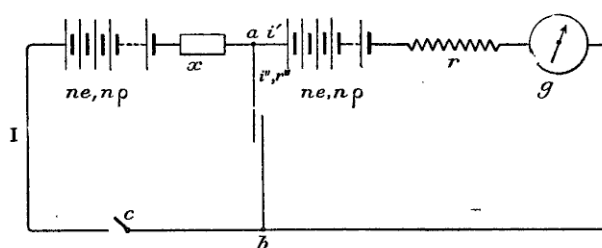
5. On peut déterminer de grandes résistances liquides de la façon suivante ⁽²⁾:

⁽¹⁾ *Zeitschrift für physikalische Chemie*, t. XXII; 1897.

⁽²⁾ D. NEGREANO, *Anal. Accad. Rom.*, série II, t. XIX; 1897.

On forme un circuit d'un nombre n d'éléments identiques, de la résistance inconnue x , d'une résistance r , de n éléments identiques aux premiers, enfin du galvanomètre de résistance g (fig. 1). Les points a et b peuvent être mis en communication métallique; en c on place un interrupteur de courant.

Fig. 1.



Les électrodes introduites dans le liquide sont formées par des lames de platine à grandes surfaces. La résistance r peut être une résistance métallique prise sur une boîte de résistances ou un trait de graphite tracé sur une plaque d'ébonite, et dont on a déterminé préalablement la résistance.

La force électromotrice ne des n éléments est considérable par rapport à la force électromotrice de polarisation. En outre, les grandes résistances introduites dans le circuit diminuent l'intensité du courant et font que la force électromotrice de polarisation e' est négligeable par rapport à la force électromotrice $2ne$ de la pile.

Le circuit étant disposé comme il a été indiqué ci-dessus, on ferme en c le circuit et l'on met en communication métallique les points a et b .

Quand la résistance r est telle que la déviation du cadre mobile du galvanomètre reste la même, que les points a et b soient ou non en communication métallique, la résistance x de l'électrolyte est égale à la résistance r .

Grâce à un commutateur, le courant peut traverser l'électrolyte dans les deux sens; quand la déviation du galvanomètre est la même dans les deux cas, la force électromotrice de polarisation de l'électrolyte est négligeable.

Appliquant les lois de Kirchhoff, on trouve

$$\begin{aligned} I &= i' + i'', \\ ne - e' &= I(n\rho + x) + i''r'', \\ ne &= i'(r + n\rho + g) - i''r''; \end{aligned}$$

comme $i'' = 0$, e' négligeable par rapport à ne , et la résistance g du galvanomètre négligeable par rapport aux résistances x et r ,

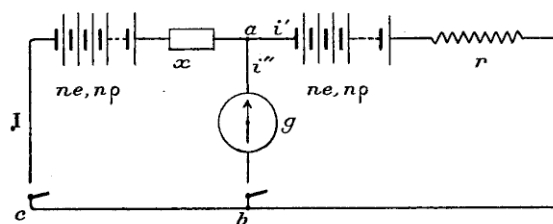
$$\begin{aligned} I &= i', \\ ne &= I(n\rho + x), \\ ne &= I(r + n\rho), \end{aligned}$$

d'où

$$x = r.$$

6. On peut mesurer les mêmes résistances, en disposant le circuit de la façon suivante :

Fig. 2.



Le circuit est formé par n éléments identiques ($ne, n\rho$), en nombre assez considérable, de manière que la force électromotrice e' de polarisation de l'électrolyte soit négligeable par rapport à ne , par le liquide dont la résistance x est à déterminer par d'autres éléments identiques aux premiers ($ne, n\rho$), et enfin par la résistance r , qui peut être une boîte à résistances ou bien la résistance connue d'un trait de graphite. Entre a et b on place le galvanomètre. En c est un interrupteur de courant ; en b un autre.

Quand les communications sont établies, comme on le voit sur la figure, et les résistances x et r telles que le cadre mobile du galvanomètre ne dévie pas par le passage du courant, l'intensité i'' est nulle.

Les lois connues de Kirchhoff donnent alors

$$\begin{aligned} I &= i', \\ ne - e' &= I(n\rho + x), \\ ne &= I(n\rho + r). \end{aligned}$$

Comme e' est négligeable par rapport à ne , on déduit :

$$x = r.$$

Les expériences ont été réalisées à l'aide de 100 éléments $\text{Cu}|\text{Zn}$,
eau acidulée, et du galvanomètre Deprez-d'Arsonval.



SUR L'ÉTAT ÉLECTRIQUE
D'UN
RÉSONATEUR DE HERTZ EN ACTIVITÉ,

PAR M. ALBERT TURPAIN ⁽¹⁾,

DOCTEUR ÈS SCIENCES.

Les diverses théories de la résonance électrique s'accordent pour assigner aux oscillations électriques qui excitent un résonateur filiforme de Hertz une longueur d'onde égale au double de la longueur du résonateur.

Si cette loi ne semble que grossièrement vérifiée par l'observation des longueurs d'onde que décèle un résonateur donné, il est possible, ainsi que nous l'avons montré, d'en obtenir une confirmation expérimentale assez approchée en comparant, d'une part, les longueurs d'onde des oscillations qui excitent deux résonateurs de longueurs différentes, d'autre part, les longueurs de ces résonateurs. On constate que la différence des longueurs d'onde se trouve, à très peu près, égale à la différence des longueurs des résonateurs, si bien que l'inégalité qui existe entre la longueur du résonateur et la demi-longueur d'onde des oscillations qui l'excitent doit être attribuée à une perturbation aux extrémités du conducteur formant résonateur.

De cette loi, il suit que le résonateur en activité doit présenter dans sa longueur deux concamérations consécutives seulement. Les deux extrémités sont donc des ventres de vibration électrique, et le milieu correspond à un nœud, ou bien les deux extrémités sont des nœuds de vibration, le milieu correspondant à un ventre. Les diverses théories de la résonance électrique ont indiqué la seconde distribution.

⁽¹⁾ Communication faite à la troisième séance de la quatrième Section (voir p. 36).

Certaines observations confirment ce résultat; d'autres observations semblent ne pas s'accorder avec l'hypothèse d'une distribution électrique partageant le résonateur en deux concamérations successives seulement.

I. Supposons que l'on maintienne le plan d'un résonateur fili-forme circulaire de Hertz perpendiculaire à la direction des fils de concentration du champ et qu'on déplace le résonateur dans son plan, de manière que le micromètre décrive la circonférence du résonateur. On constate que la longueur d'étincelle qui éclate au micromètre est maximum lorsque le rayon du résonateur qui passe par le micromètre est perpendiculaire au plan des fils, que le micromètre soit au-dessus ou au-dessous de ce plan. La longueur d'étincelle est, au contraire, sensiblement nulle lorsque le rayon du micromètre est dans le plan des fils et rencontre soit l'un, soit l'autre des fils.

Si l'on se sert d'un résonateur possédant quatre micromètres disposés aux extrémités de deux diamètres rectangulaires, on constate que les deux micromètres disposés à l'extrémité du diamètre perpendiculaire au plan des fils vibrent alors que les deux micromètres qui limitent le diamètre situé dans le plan des fils sont éteints. Vient-on à faire tourner de 90° le résonateur dans son plan, substituant ainsi aux micromètres qui étincellent les micromètres éteints, on détermine par là même l'extinction des premiers et l'on rend actifs les seconds.

Si l'on déduit l'état électrique des divers points d'un résonateur de la mesure des étincelles au micromètre, on est donc conduit à considérer le résonateur comme présentant *deux ventres de vibration situés aux extrémités du diamètre perpendiculaire au plan des fils de concentration du champ et deux nœuds situés aux extrémités d'un diamètre perpendiculaire au premier.*

L'étude expérimentale d'un résonateur à coupures, faite soit en rendant la coupure mobile par rapport au micromètre, soit en remplaçant le long du résonateur une petite bobine de fil attelée à un téléphone, conduit à la conclusion suivante : *Le résonateur présente deux nœuds de vibration électrique situés aux extrémités de la coupure et un ventre situé au milieu du résonateur.*

Afin de nous rendre compte de l'apparente contradiction que présentent ces observations et de déterminer d'une manière précise la distribution électrique le long d'un résonateur de Hertz, qu'il soit complet ou qu'il soit à coupure, nous avons réalisé les expériences qui font l'objet de cette Communication.

II. La méthode d'observation qui a été employée est la suivante : Le résonateur est enfermé à l'intérieur d'un tube de verre qui en épouse la forme. Le micromètre seul est hors du tube. On raréfie suffisamment l'air du tube pour permettre au conducteur du résonateur de produire la luminescence de cet air raréfié. Si la raréfaction est convenable, le résonateur décèle les états électriques qui se succèdent le long de l'arc conducteur qu'il forme par la luminescence que ce conducteur produit aux diverses régions du tube. La luminescence ainsi produite peint aux yeux, par son éclat plus ou moins vif, plus ou moins estompé, l'état électrique des divers points du résonateur en activité qui la produit.

Il était à craindre, dans l'emploi de ce dispositif, que la luminescence de la gaine gazeuse qui enserme le résonateur ne fût produite par les fils mêmes qui concentrent le champ, au lieu de provenir de la seule action du conducteur qui forme le résonateur.

Les expériences suivantes montrent que la luminescence est produite seulement par le résonateur :

1° Si l'on déplace un pont le long des fils, la luminescence disparaît ou réapparaît suivant que le pont atteint une position nodale ou ventrale pour les oscillations qui excitent le résonateur. Pour qu'il y ait influence des fils, il faudrait supposer que la gaine gazeuse admet exactement la même longueur d'onde que le résonateur.

2° La luminescence cesse complètement lorsqu'on ferme le micromètre du résonateur.

3° La luminescence accompagne le résonateur déplacé dans son plan.

4° Le tube de verre circulaire privé du conducteur formant résonateur et disposé dans les mêmes conditions ne devient pas lumineux, bien que l'air y soit raréfié au même degré qu'avant l'enlèvement du cerceau métallique.

Les expériences ont porté sur le résonateur complet à une et à deux spires, sur le résonateur à coupure dont la coupure était placée soit à l'intérieur du tube à air raréfié, soit à l'extérieur, sur le résonateur rectiligne, sur le résonateur à deux micromètres diamétralement opposés.

Résonateur complet. — Le micromètre est situé dans l'un des deux azimuts de maximum d'étincelle. La luminescence ne se produit pas tant que le micromètre est fermé. Dès qu'il est ouvert, elle se produit très faiblement aux environs immédiats des pôles du micromètre; elle est nulle dans toute autre région. Elle intéresse de part et d'autre du micromètre des arcs égaux de plus en plus grands à mesure qu'augmente la distance explosive du micromètre, et qui atteignent de 120° à 150° . La seule région qui demeure obscure est celle diamétralement opposée au micromètre.

La luminescence décroît d'ailleurs et s'estompe depuis le voisinage du micromètre, où elle est le plus intense, jusqu'à la région obscure.

Si l'on déplace le résonateur dans son plan, la luminescence accompagne le mouvement du résonateur, les deux arcs lumineux diminuent de grandeur lorsqu'on se rapproche de l'azimut d'extinction. La luminescence cesse complètement dès que le micromètre atteint cet azimut.

Résonateur à deux spires. — Un résonateur à deux spires ainsi étudié donne naissance aux mêmes phénomènes : les deux arcs lumineux dépassent un peu 180° ; le reste de la double spire demeure obscur.

Résonateur à coupure. — Que la coupure soit ou non dans l'air raréfié, l'aspect général du phénomène est le même.

Les azimuts d'extinction et de maximum d'effet sont les mêmes pour un résonateur à coupure dans l'air raréfié que pour un résonateur à coupure dans l'air.

Le milieu de la coupure étant disposé sur le rayon du résonateur perpendiculaire au plan des fils, et le micromètre étant fermé, on observe une luminescence assez intense le long de chaque conducteur à partir de la coupure, sur un arc de 40° à 50° . Tout le reste du résonateur est obscur. Dès qu'on ouvre le

micromètre, une étincelle s'y produit, les arcs lumineux deviennent moins longs et moins intenses. Dès que le micromètre cesse de donner des étincelles, on observe plus de luminescence. Si l'on déplace le résonateur dans son plan, la luminescence accompagne le résonateur et cesse dès que la coupure atteint un azimut d'extinction.

Si la coupure est dans l'air raréfié, une effluve qui se produit entre les extrémités de la coupure accompagne la luminescence et cesse avec elle.

Résonateur rectiligne. — Un résonateur rectiligne constitué par deux fils métalliques placés à l'intérieur de tubes à air raréfié et aboutissant aux deux pôles d'un micromètre devient luminescent vers les extrémités des fils quand le micromètre est fermé ou qu'il vibre. Il reste obscur si le micromètre est ouvert. Le résonateur se comporte donc comme un résonateur à coupure.

Résonateur à deux micromètres. — Ce résonateur est formé par deux tiges métalliques semi-circulaires placées à l'intérieur de tubes de verre en forme de demi-circonférences. L'air que contiennent les tubes a été convenablement raréfié. Chaque tige porte à l'une de ses extrémités une vis micrométrique qui vient buter contre l'extrémité libre de l'autre tige. Le résonateur se trouve ainsi muni de deux micromètres diamétralement opposés. La course des vis micrométriques est suffisante pour permettre de produire une coupure dans la région occupée par le micromètre. On dispose le plan du résonateur perpendiculairement à la direction des fils de concentration du champ et de telle sorte que le diamètre qui passe par les micromètres soit normal au plan des fils.

Appelons m celui des deux micromètres situé au-dessus du plan des fils de concentration, μ celui placé au-dessous du même plan.

On constate les phénomènes suivants :

m et μ sont fermés : on n'observe aucune luminescence.

m est un peu ouvert, μ est fermé : l'étincelle qui se produit au micromètre m est accompagnée d'une faible luminescence de la partie des arcs avoisinant m .

m est très ouvert, μ est fermé : l'étincelle n'éclate plus en m .

La luminescence devient très vive et intéresse une portion notable (120° environ) des arcs se terminant en m .

m est très ouvert, on ouvre graduellement μ : la luminescence diminue quand on fait croître l'ouverture du micromètre μ . Elle cesse dès qu'aucune étincelle ne se manifeste plus entre les pôles du micromètre.

m et μ sont peu ouverts : si les micromètres sont ouverts de manière qu'il éclate des étincelles à l'un et à l'autre, la luminescence se manifeste tantôt le long de portions d'arcs avoisinant m , tantôt le long de portions d'arcs avoisinant μ .

m et μ sont très ouverts : les deux micromètres constituent alors deux coupures. Aucune luminescence ne s'observe.

III. On peut interpréter ces expériences en admettant qu'un résonateur en activité est le siège d'un courant électrique oscillatoire cheminant alternativement d'une des extrémités vers l'autre. Désignons les extrémités de la coupure par A et B; le courant chemine de A vers B pendant une demi-période et de B vers A pendant la demi-période suivante. Les valeurs successives de la densité en A et B sont les suivantes :

Temps.	Densité en A.	Densité en B.
0	$+\sigma$	$-\sigma$
$\frac{T}{4}$	0	0
$\frac{T}{2}$	0	$+\sigma$
$\frac{3T}{4}$	0	0
T	$+\sigma$	$-\sigma$

Au point M, également distant de A et de B, la densité électrique reste constamment nulle.

Si la coupure est assez grande pour qu'aucune étincelle ne puisse la traverser, la densité électrique acquiert en A et en B, à la fin de chaque demi-période, la plus grande valeur possible (valeur absolue). La luminescence est la plus vive.

Si l'on diminue la grandeur de la coupure, de telle sorte qu'une étincelle puisse éclater entre les deux extrémités, la valeur maxi-

mum de la densité électrique en A et B est $\sigma' < \sigma$, et la luminescence devient moins vive.

Si l'on ferme complètement la coupure, aucun courant ne circule plus dans le circuit fermé que présente le résonateur, la densité électrique est nulle en tout point de ce circuit à chaque instant. Aucune luminescence ne se manifeste.

Supposons que, une coupure AB existant dans le résonateur, on ouvre progressivement un micromètre situé en M. L'étincelle qui se manifeste en M et qu'aucune luminescence voisine de M n'accompagne doit être attribuée au passage du courant cheminant alternativement de A vers B et de B vers A. On conçoit que la présence du micromètre abaisse la valeur maximum qui limite la variation de densité en A et en B. La luminescence au voisinage de A et de B doit donc diminuer par l'ouverture d'un micromètre situé en M. Tant qu'une étincelle peut jaillir en M, le courant peut circuler entre A et B, la luminescence s'observe au voisinage de A et de B et présente une intensité plus ou moins grande. Dès que l'ouverture du micromètre en M est telle qu'aucune étincelle ne s'y produit plus, aucun courant ne peut plus s'établir. La présence de cette seconde coupure fait cesser tout phénomène de luminescence.

Si la coupure AB et l'ouverture du micromètre en M sont égales et susceptibles l'une et l'autre de permettre la production d'une étincelle, il pourra arriver que l'étincelle éprouve une plus grande difficulté à se produire à l'une des interruptions qu'à l'autre, et cela peut se manifester tantôt à l'une tantôt à l'autre des interruptions. La plus résistante des interruptions jouera le rôle de coupure. Les portions voisines des conducteurs qui y aboutissent seront entourées de luminescence alors que l'autre interruption (la moins résistante) sera seulement le siège d'une étincelle produite par le courant circulant dans le résonateur.

On voit que l'aspect présenté par un résonateur complet dont le micromètre est aussi ouvert que possible concorde avec l'aspect présenté par un résonateur à coupure dont le micromètre est fermé. Le premier présente une luminescence maximum au voisinage du micromètre, le second au voisinage de la coupure. Les deux appareils sont, en effet, les mêmes : ce sont deux résonateurs à coupure sans micromètre. La présence du tube à air raréfié

permet, en effet, de se rendre compte du fonctionnement des appareils sans avoir à consulter les micromètres. Ces expériences expliquent que les lois du résonateur à coupure soient celles qui régissent le résonateur complet, à condition de faire jouer à la coupure le rôle dévolu au micromètre du résonateur complet.

En résumé, si l'on assimile le mouvement électrique hypothétique le long d'un résonateur filiforme en activité à la manière dont se produit le mouvement de l'air dans un tuyau sonore, le résonateur peut être comparé à un tuyau sonore fermé à ses deux extrémités.

Le résonateur doit donc être considéré comme ayant un ventre de vibration au milieu de sa longueur et deux nœuds de signes contraires à ses deux extrémités, si l'on admet que la luminescence produite réside aux points où la variation de densité électrique est la plus grande, c'est-à-dire décèle les nœuds de vibration.

Nous ferons remarquer que, dans toutes ces expériences, même dans celles relatives à des résonateurs à plusieurs spires, on n'a pu déceler que la vibration électrique la plus grave d'un résonateur de Hertz, celle qui le divise en deux concamérations successives seulement.



CINQUIÈME SECTION.

REMARQUE

AU SUJET DU

RAPPORT DE MM. BICHAT ET SWYNGEDAUF ⁽¹⁾,

PAR E. WARBURG,

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE BERLIN.

MM. Bichat et Swyngedauf m'ont fait l'honneur de rappeler dans leur Rapport ⁽²⁾ mes recherches sur le retard de décharge. Qu'il me soit permis d'exposer brièvement mes vues sur le sujet, qui diffèrent en quelques points de celles de ces deux physiciens. Je distingue deux cas :

I. *La différence de potentiel des électrodes est augmentée lentement.*

1° L'excitateur étant à l'abri de rayons actifs, le retard de décharge, c'est-à-dire le temps qui s'écoule entre l'application de la différence de potentiel et l'apparition de l'aigrette, s'il est grand comme pour la plupart des gaz secs et pour les faibles distances explosives, a pour effet que la détermination exacte du potentiel explosif devient très difficile ou impossible.

2° Au contraire, l'excitateur étant éclairé suffisamment par des rayons ultra-violets, des rayons de Röntgen ou de Becquerel, il n'y a pas de retard; c'est-à-dire une certaine différence de poten-

⁽¹⁾ Observations présentées à la troisième séance de la 5^e section (voir p. 40).

⁽²⁾ Tome III, p. 164.

tiel, qu'on peut déterminer avec beaucoup de précision, étant appliquée, l'aigrette paraît aussitôt, et cette différence de potentiel est indépendante de la nature du rayonnement.

3° Dans quelques cas on trouve que le potentiel explosif est plus petit avec que sans rayons, par exemple, dans l'air pour de petites distances explosives; dans d'autres cas, cette différence s'évanouit entièrement, comme l'a trouvé M. Orgler dans l'hydrogène sous 660^{mm} de pression et avec 6^{mm} de distance explosive.

Je conclus de ces remarques que cette différence n'a pas une importance plus grande que la différence qui existe entre le point de fusion et le point de solidification pour les liquides surfondants; et je considère les valeurs du potentiel explosif trouvé pour l'excitateur éclairé comme les vraies valeurs de cette quantité légèrement altérée, dans le cas où il n'y a pas éclairement, par des résistances passives. Le rayonnement, selon moi, n'a pour effet que d'écarter ces résistances, et j'insiste sur ce fait, bien établi par de nombreuses expériences dans mon laboratoire, qu'il n'y a pas une quantité qui dépende de la conductibilité électrique des gaz qu'on puisse déterminer avec plus de précision que le potentiel explosif d'un excitateur bien éclairé.

La question, si l'on peut réduire les données expérimentales à une quantité de gaz définissable par des nombres, a été abordée par M. Orgler (*Wied. Ann.*, 1900), non sans succès, comme il me semble.

II. *La différence de potentiel est appliquée brusquement.*

Dans ce cas il se produit un phénomène, signalé dans le Rapport de MM. Bichat et Swyngedauw, et qui n'est pas encore complètement éclairci; je réserve la discussion de ce cas pour une autre Communication.



SEPTIÈME SECTION.

SUR LA

CAPACITÉ ÉLECTRIQUE DU CORPS HUMAIN,

PAR G. DE METZ,

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE KIEV.

1. Les grands progrès accomplis en ces dernières années en Électricité ont répandu dans la vie quotidienne l'usage des courants continus et alternatifs à haut voltage, 2000-5000 volts, qui sont très dangereux et souvent même mortels pour ceux qui s'en approchent par hasard ou par mégarde. Il n'y a qu'à consulter les beaux travaux du Dr Biraud ⁽¹⁾ et du Dr Kratter ⁽²⁾ et la chronique des journaux spéciaux pour voir que ces cas sont plus nombreux qu'on ne le pense généralement et qu'ils augmentent avec le développement des réseaux urbains et avec l'élévation ininterrompue du voltage, poussée déjà, à Telluride, jusqu'à 40000-60000 volts ⁽³⁾.

Les courants électriques dont nous venons de parler ont une longue période, à peu près $0^s,02$. Mais on en a produit d'autres, de haute fréquence, dont la période est à peu près $0^s,000001$. Ces courants sont connus sous le nom de *courants de MM. Tesla-d'Arsonval*, et ils offrent une particularité remarquable pour le corps humain : c'est qu'ils n'exercent sur lui aucune action, quel

(1) Dr F. BIRAUD, *La mort et les accidents causés par les courants électriques de haute tension*. Lyon-Paris, p. 209; 1892.

(2) Dr J. KRATTER, *Der Tod durch Electricität*, Leipzig-Wien, p. 159; 1896.

(3) *Electrotechnische Zeitschrift*, p. 118, 154, 189; 1899.

que soit d'ailleurs le voltage employé, fût-il même de 100 000 volts et au delà. Dès lors une question intéressante se pose : déterminer pourquoi l'énergie des courants alternatifs à basse fréquence détruit l'organisme humain, tandis que celle des courants à haute fréquence est inoffensive.

Cette question a déjà préoccupé plusieurs personnes, et l'on a cherché à y répondre en invoquant tantôt des spéculations d'ordre physique, tantôt des considérations physiologiques. Les physiiciens s'appuyaient sur les propriétés des circuits et envisageaient le nombre d'alternances du courant par seconde, la capacité électrique du corps introduit dans ce circuit, et la quantité d'énergie qui traverse le corps en question. Avec des calculs convenables, M. Korthals ⁽¹⁾ a montré le rôle probable joué par la capacité du corps humain; en lui assignant une valeur de 0,018 microfarad il arriva même ainsi à expliquer les résultats surprenants de M. Tesla. Le Professeur Steinmetz ⁽²⁾ évaluait la quantité de l'électricité qui passe à travers le corps, et, la trouvant fort petite dans les expériences de M. Tesla, tirait de cette faiblesse une explication probable de l'innocuité de ces courants.

On se trouvait à la merci des hypothèses, vu que les mesures exactes et variées n'existaient pas alors; on ne savait pas au juste la valeur des quantités mises en jeu dans ces phénomènes. Il fallait donc refaire les expériences de M. Tesla dans de nouvelles conditions, qui se prêteraient mieux aux mesures possibles. C'est à M. d'Arsonval que revient l'honneur d'avoir le premier entrepris des études variées et approfondies sur ce sujet. Grâce à ses expériences, plusieurs points ont été élucidés, et il lui a été possible d'établir une élégante théorie du phénomène, une théorie entièrement physiologique, basée sur la résonance ou la non-résonance des vibrations électriques du courant appliqué au corps humain et des vibrations nerveuses de ce dernier. Une résonance plus ou moins parfaite a lieu depuis 20 à 5000 vibrations par seconde; à partir de ce nombre l'effet irritant du courant s'affaiblit et devient à peu près nul pour 10000 vibrations par seconde et au delà.

⁽¹⁾ KORTHALS, *Electrotechnische Zeitschrift*, p. 428; 1892.

⁽²⁾ STEINMETZ, *Electrotechnische Zeitschrift*, p. 513; 1892.

Voilà donc l'explication du fait. Les stations centrales de villes nous débitent des courants à basse fréquence; ils influencent, par conséquent, au plus haut degré notre système nerveux, amènent vite l'arrêt de la respiration et très souvent la mort. Au contraire, les courants à haute fréquence n'impressionnent presque pas ou pas du tout notre corps, et il les supporte aisément, même quand ces courants atteignent une valeur de 3 ampères, comme l'a démontré M. d'Arsonval ⁽¹⁾.

Malgré cet accord incontestable entre la théorie et les faits, il y a des points qui ne nous paraissent pas entièrement éclaircis. Pour n'en citer qu'un, signalons que, si le courant à haute fréquence dépasse la valeur de 3 ampères, le sujet sur lequel on expérimente, selon M. d'Arsonval lui-même, commence à sentir la douleur. Supposons maintenant que le courant croisse indéfiniment; qu'éprouvera ce sujet? Ne serait-il pas gravement, peut-être mortellement, atteint? Nous ne savons rien de positif sur ce point, mais les expériences directes n'excluent pas cette conclusion, et dans ce cas l'explication du Professeur Steinmetz paraît fort plausible. C'est bien pourquoi les Mémoires de M. Steinmetz et de M. Korthals gardent encore un réel intérêt.

La théorie et les calculs de M. Korthals, fondés sur les équations et les interprétations géométriques de M. Blakesley relatives aux courants alternatifs, me parurent assez intéressants pour que j'en entrepris le contrôle expérimental; le nombre 0,118 de microfarad, assigné provisoirement à la capacité électrique du corps humain, n'avait en effet aucune base expérimentale à son appui; M. Korthals avait choisi ce nombre uniquement parce qu'il concordait avec sa théorie et expliquait bien l'expérience de M. Tesla par une chute énorme de potentiel.

2. Or, en 1895, M. Bordier ⁽²⁾ a trouvé par une méthode physiologique que la capacité du corps humain pour un courant alternatif d'une bobine d'induction était égale à 0,0025 de microfarad. Ce nombre aurait fait rejeter complètement la théorie de M. Korthals, s'il était exact. Mais en examinant de plus près les

⁽¹⁾ D'ARSONVAL, *Annales d'Electrobiologie, d'Electrothérapie et d'Electro-diagnostic*. Paris, p. 1-28; 1898.

⁽²⁾ BORDIER, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXXI, p. 56; 1895.

nombres relatés par M. Bordier, on voyait tout de suite que sa méthode manquait de sensibilité et n'atteignait pas la précision nécessaire, car ses mesures de capacité paraissent ne pas atteindre le millièrne de microfarad, comme on peut facilement s'en convaincre par les nombres suivants, que nous empruntons à son Mémoire :

Capacités en microfarad.	Procédé	
	balistique.	de M. Bordier.
<i>a</i>	0,912	0,915
<i>b</i>	0,915	0,910

Donc, les différences entre les mesures sont de 0,003 à 0,005 de microfarad, et, par conséquent, le nombre 0,0025 obtenu pour la capacité électrique du corps humain semble être dans les limites des erreurs d'observation.

Trois ans plus tard, M. Dubois ⁽¹⁾ (de Berne) faisant des recherches sur la résistance électrique du corps humain par une méthode particulière, a été conduit à admettre l'existence d'une capacité électrique chez l'homme et a calculé que sa valeur devait être égale à 0,165 de microfarad. Il semble que M. Dubois ne savait rien des mesures de M. Bordier, car il ne fait aucune allusion à la divergence des résultats obtenus. Je dois encore ajouter que les deux auteurs ne rattachent pas du tout leurs mesures à la théorie de M. Korthals et n'en font aucune mention. C'est dans ces conditions que j'ai jugé utile de reprendre à nouveau cette étude, par des méthodes purement physiques et beaucoup plus sensibles que celles de mes prédécesseurs.

3. Connaissant les diverses théories, d'ailleurs à peine ébauchées, sur la propriété quasi condensante du corps humain; connaissant également le rôle important que peut jouer dans cet ordre d'idées la capacité électrique de polarisation des électrodes appliquées au corps humain, je me proposais tout d'abord de déterminer la capacité électrique du corps humain par la méthode balistique, en le chargeant par un pôle d'une batterie à haut po-

(¹) DUBOIS, *Comptes rendus de l'Académie*, t. CXXIX, p. 1790; 1898, et *Archives de Physiologie*, 5^e série, t. X, p. 650; 1898.

tentiel, jusqu'à 1100 volts, et en le déchargeant à travers un galvanomètre très sensible, l'autre pôle étant toujours relié au sol. Les personnes en expérience ont été soigneusement isolées sur un haut tabouret à pieds en verre, couvert d'une plaque de caoutchouc épais et bien poli; elles s'y tenaient debout, éloignées des objets environnants de la chambre.

La méthode a donc été une méthode électrostatique; je l'ai jugée la plus simple et la plus sûre, pourvu que le mode opératoire fût bien arrêté. A cet effet, le circuit a été installé de sorte que la décharge pouvait être envoyée à l'aide d'un commutateur à travers le galvanomètre dans les deux directions, de manière qu'on observait toujours les déviations à gauche et les déviations à droite du galvanomètre, pour en prendre la moyenne. Le galvanomètre a été shunté de façon à laisser passer le courant de décharge en entier ou par fraction : 0,1, 0,01, 0,001, 0,0001, suivant ce que l'on désirait. Le courant de décharge, ayant traversé le galvanomètre, se dirigeait vers le sol par le commutateur signalé plus haut.

Avant de donner d'autres détails, je dirai quelques mots à propos des instruments dont je disposais pendant ces recherches; ces détails ont d'ailleurs été en partie publiés en russe, en 1899⁽¹⁾. Je me servais au commencement du galvanomètre de lord Kelvin, fourni par la maison Carpentier de Paris; je l'ai remplacé plus tard par un excellent galvanomètre du type Deprez-d'Arsonval, construit par MM. Siemens-Halske de Berlin, comme plus simple à manier et suffisamment sensible.

J'avais ensuite à ma disposition deux condensateurs étalons : un à 4 fiches, divisé en 0,5 + 0,2 + 0,2 + 0,1 de microfarad; l'autre à 12 fiches, divisé de la même manière et contenant non seulement les dixièmes, mais aussi les centièmes et les millièmes de microfarad. Le premier condensateur sortait des ateliers de M. Carpentier, le second de ceux de MM. Siemens-Halske. Ce dernier m'était très utile à cause de ses petites capacités, vérifiées à la Physikalisch-technische-Reichsanstalt de Berlin.

(¹) G. DE METZ, *Le rôle de la capacité électrique du corps humain placé dans un circuit à courant alternatif* (Mémoires de l'Université Saint-Wladimir à Kiev, p. 34; août 1899).

Pour charger à haut potentiel les personnes qui me servaient dans ces études, je disposais d'abord d'une batterie de 300 éléments de Volta, remplie d'une dissolution de sulfate de zinc. Cette batterie fonctionnait très bien, mais exigeait des soins particuliers. C'est pourquoi je cherchai plus tard à la remplacer par les accumulateurs de petite dimension, du type de la Reichsanstalt, au nombre de 500. Cette substitution a été très avantageuse au point de vue de la constance du potentiel et de la simplicité du maniement.

Si l'on pouvait charger le corps humain et le condensateur étalon au même potentiel, sans risquer de percer ce dernier, on aurait alors des manipulations et des observations fort simples, en ne comparant entre elles que les déviations balistiques relatives. Mais ce n'était pas le cas. On n'ose pas charger un condensateur étalon au delà de 50 volts; donc, pour parvenir au résultat définitif, il faut toujours mesurer les potentiels respectifs, avec lesquels on charge le condensateur et le corps humain. A cet effet, j'ai eu recours à l'excellente méthode de compensation, due à M. du Bois-Reymond, avec le dispositif expérimental que lui a naguère donné le Professeur Feussner ⁽¹⁾. L'instrument même sortait des ateliers de Wolff de Berlin. Comme pile étalon, j'avais deux piles de Latimer-Clark, modèle de la Reichsanstalt, et deux piles de Weston de l'European-Weston C^{ie} de Berlin; ces quatre piles ont été vérifiées et approuvées par la Reichsanstalt. Avec ces instruments il m'était facile de comparer entre eux les potentiels donnés avec la plus grande précision.

4. Je passerai maintenant aux observations, qui ont été faites sur une vingtaine de personnes de différents âges, de différentes tailles, de différentes positions sociales, en vue d'obtenir une moyenne de la capacité électrique du corps humain.

Ces personnes étaient habillées comme d'ordinaire et seulement quelques-unes d'entre elles ont été déshabillées ou vêtues d'un costume d'étain flexible, collé sur la toile, pour compléter cette étude. La charge de ces personnes à un potentiel donné s'effec-

⁽¹⁾ FEUSSNER, *Zeitschrift für Instrumentenkunde*, t. X, p. 116; 1890.

tuait à travers le bras et ne durait que quelques instants, pendant lesquels le galvanomètre revenait au zéro de l'échelle.

Quant à la décharge, elle a été rapide et s'effectuait à l'aide d'une clef spéciale. On faisait plusieurs observations, toujours très concordantes entre elles, et l'on formait la moyenne.

Avant d'exposer les résultats acquis, il me reste encore à indiquer la précision et la sensibilité de la méthode utilisée. Je m'en rapporterai aux chiffres.

1° Avec le galvanomètre de lord Kelvin et la batterie de 300 éléments de Volta, j'avais des déviations balistiques de 13,9 à 17,1 divisions de l'échelle par personne.

2° Avec le galvanomètre de Siemens-Halske et la batterie des 500 accumulateurs de la Reichsanstalt, j'avais des déviations balistiques de 24,3 à 28,1 divisions de l'échelle par personne.

Dans toutes les observations relatives la capacité, due à la clef de charge et aux fils de jonction, environ de 3 divisions, est retranchée du résultat final. Ces chiffres montrent que, si l'effet balistique n'est pas trop grand, du moins il l'est assez pour permettre d'obtenir des résultats sûrs. D'ailleurs, voici une des observations, extraite du registre d'expériences :

En divisions de l'échelle.	
Déviations gauches.	Déviations droites.
27,3	27,6
27,4	27,6
27,2	27,2
Moyenne.....	27,38
Capacité de la clef, etc., à retrancher...	3,08
Valeur finale.....	24,30

Pour traduire ces nombres relatifs en nombres absolus il suffisait de charger avec une vingtaine d'accumulateurs le condensateur étalon de 0,002 ou de 0,003 de microfarad, de faire ensuite la décharge à travers le même circuit et d'observer la déviation balistique respective.

Connaissant ces deux déviations balistiques et sachant en outre, par les mesures auxiliaires, le rapport des potentiels des batteries chargeant la personne et le condensateur étalon, on arrivait facilement aux nombres absolus représentant la capacité cherchée en

microfarads : à savoir, en moyenne, 0,0001 de microfarad par personne.

5. Examinons maintenant les conséquences de ces expériences relativement aux conclusions admises par M. Korthals et par M. Bordier.

Nous voyons tout d'abord que le nombre 0,118 de microfarad, admis par M. Korthals et conforme à sa théorie, est trop grand pour tous les cas où la polarisation des électrodes n'a pas lieu. Donc, cette théorie n'est pas confirmée par l'expérience.

D'autre part, M. Bordier croit pouvoir attribuer au corps humain une certaine faculté condensante qu'il évalue même par un coefficient égal à 58: Cela veut dire que le corps aurait une capacité électrique 58 fois plus grande qu'un conducteur métallique de la même forme et des mêmes dimensions.

Nous ne savons pas sur quelles bases repose ce calcul; nous dirons seulement que nous avons trouvé que la capacité électrique de l'homme est égale à celle d'un mannequin métallique et que cette capacité ne change pas si l'on recouvre l'homme d'un costume métallique, fermé partout. Donc, avec des charges électrostatiques, nous n'avons pas rencontré cette faculté condensante du corps humain.

On pourrait nous objecter que M. Bordier expérimentait avec un courant alternatif et que la différence observée est la conséquence de la différence des méthodes. Les recherches que j'ai entreprises dans cette direction, et qui ne sont pas encore achevées, me font pourtant croire que le résultat final reste le même, tant que la capacité de polarisation électrique des électrodes n'intervient pas dans le phénomène.

Mais, alors même que l'expérience définitive aurait confirmé le nombre de M. Bordier, 0,0025 de microfarad pour la capacité du corps humain chargé par un courant alternatif, on peut considérer comme certain que le coefficient qu'il a déterminé a une valeur trop forte : il pourrait atteindre tout au plus la valeur 25 et non 58. On ne peut pas assimiler le corps humain à un ellipsoïde de révolution pour calculer sa capacité électrique par les formules connues. Ce calcul nous a donné une valeur qui est presque deux fois et demie plus petite que la valeur réelle.

Conclusions.

Ne pouvant pas entrer ici dans plus de détails, nous renvoyons à notre Mémoire cité plus haut ceux que ces questions intéressent et nous résumons comme il suit les résultats obtenus :

1° Le corps humain se charge comme un conducteur métallique;

2° Sa capacité électrique reste constante pour une personne donnée et ne dépend pas du voltage appliqué;

3° Elle est exactement égale à la capacité électrique d'un conducteur métallique de la même forme et des mêmes dimensions;

4° Elle est caractéristique pour chaque personne et ne subit pas de variations appréciables dans un temps fini;

5° Elle atteint une valeur moyenne, prise sur une vingtaine de personnes, de 0,0001 de microfarad, soit de 90^{em} en unités électrostatiques;

6° La valeur de la capacité varie de 5 à 10 pour 100, suivant l'ampleur des vêtements dont la personne est couverte.

NOTE RELATIVE AU RAPPORT
SUR
L'ÉCHELLE NORMALE DES TEMPÉRATURES,
PAR P. CHAPPUIS.

De nouveaux calculs ont conduit à modifier légèrement quelques-uns des résultats donnés dans ce Rapport (t. I, p. 136 et 137), résultats qui devraient être remplacés par les suivants :

Si l'on admet, conformément aux conclusions énoncées dans le Rapport, que sous une pression initiale de 1^m le coefficient vrai de dilatation de l'azote atteint, à partir de 70°, la valeur constante $\beta = 0,0036738$, on en conclura nécessairement qu'à partir de cette température la courbe représentant la différence de marche du thermomètre à azote par rapport à l'échelle normale sera une droite. La différence de marche à 100° étant nulle par définition, la droite coupera l'axe des températures à 100° et s'en écartera graduellement, au delà, de — 0,023 degré pour chaque intervalle de 100 degrés.

Pour la mesure des températures supérieures à 100° on pourrait donc substituer au thermomètre à gaz réel, dont les constantes sont

$$P_0 = 1,000000, \quad P_{100} = 1,367466$$

et dont le coefficient β prend, à partir de 70°, la valeur fixe $\beta = 0,0036738$, un thermomètre fictif à coefficient constant, dont la pression initiale serait, non point la valeur directement mesurée, mais celle qu'on aurait dû observer si l'azote avait conservé jusqu'à 0° les propriétés d'un gaz parfait. Les constantes de ce thermomètre parfait seraient

$$P_0 = 1,000086, \quad P_{100} = 1,367466, \quad \beta = 0,0036735.$$

LISTE DES MEMBRES

DU

CONGRÈS INTERNATIONAL DE PHYSIQUE.



MM.

ABBE (Cleveland), Senior Professor of Meteorology, United States Weather Bureau, Washington (Délégué du Gouvernement des États-Unis). — Américain.

ABEGG (Richard), Docteur en Philosophie, Professeur à l'Université de Breslau, Kaiser Wilhelm-Strasse, 70¹, à Breslau. — Allemand.

ABRAHAM (Henri), Professeur au Lycée Louis-le-Grand, Maître de Conférences à l'École Normale Supérieure, 45, rue d'Ulm, à Paris. — Français.

ADAM (Étienne), Professeur de Physique au Lycée de Nancy, 32, rue du Téméraire, à Nancy (Meurthe-et-Moselle). — Français.

ADAM (Jules-Théophile), Professeur de Physique au Collège de Calais, 9, rue Descartes, à Calais. — Français.

ALLARD (Félix), Licencié ès Sciences physiques, Pharmacien, Docteur en Médecine, 46, rue de Châteaudun, à Paris. — Français.

ALMY (John-E.), Docteur ès Sciences, Instructor in Physics, University of Nebraska, à Lincoln, Nebraska (U. S. A.). — Américain.

ALQUIÉ (Paul-Joseph-Charles), Professeur de Physique au Collège, à Montélimar (Drôme). — Français.

AMAGAT (E.-H.), Correspondant de l'Institut, 19, avenue d'Orléans, à Paris. — Français.

AMES (Joseph), Professor of Physics, Johns Hopkins University, à Baltimore, Md. (U. S. A.) (Délégué du Gouvernement des États-Unis). — Américain.

ANCELLE (Paul-Victor), 130, rue de Baurepaire, à Boulogne-sur-Mer. — Français.

ANDRAULT (Louis-Gustave-Adolphe), Professeur de Physique au Collège de Lunéville, 2, rue des Capucins, à Lunéville. — Français.

ANGOT (Charles-Alfred), Chef de Service au Bureau Central météorologique, Professeur à l'Institut national agronomique, 12, avenue de l'Alma, à Paris. — Français.

C. P., IV.

9

MM.

- ANTHONISSEN (Joseph)**, 21, rue d'Hauteville, à Paris. — Français.
- APOIL (Charles)**, Professeur à l'École de la Manufacture, 14, rue de Brancas, à Sèvres (Seine-et-Oise). — Français.
- ARGYROPOULOS (Timoléon)**, Professeur de Physique à l'Université d'Athènes, 15, rue Agésilas, à Athènes. — Grec.
- ARMAGNAT (Henri)**, Chef du Bureau des Mesures électriques des Ateliers Carpentier, 20, rue Delambre, à Paris. — Français.
- ARMENGAUD jeune (Jules)**, Ancien Élève de l'École Polytechnique, Ingénieur-Conseil, 23, boulevard de Strasbourg, à Paris. — Français.
- ARNOUX (René)**, Ingénieur, 45, rue du Ranelagh, à Paris. — Français.
- ARON (Professeur Dr Hermann)**, Geheimer Regierungsrath, Lichtenstein-allee, à Berlin W. — Allemand.
- ARONS (Léo)**, Dr phil., 46, Königsrätzerstrasse, à Berlin S.W. — Allemand.
- ARRHENIUS (Sv.)**, Recteur de l'Université, à Stockholm (Suède). — Suédois.
- ARTOM (Alexandre)**, Ingénieur, 3, via Venti Settembre, Torino. — Italien.
- ASCHKINASS (Dr Emil)**, Privat-docent an der Universität, 22, Kurfürstendamm, à Berlin W. — Allemand.
- ASCOLI (Marcel)**, 45, rue d'Ulm, à Paris. — Français.
- ASCOLI (Moïse)**, Professeur à l'École des Ingénieurs, Vice-Président de l'Association électrotechnique italienne, École des Ingénieurs, à Rome (Délégué de la Société italienne de Physique). — Italien.
- AUBEL (Edmond van)**, Professeur à l'Université, 136, chaussée de Courtrai, à Gand (Délégué du Gouvernement belge). — Belge.
- AUBERT**, Professeur au Lycée Condorcet, 13, rue Bernoulli, à Paris. — Français.
- AUBRY (Alfred-Joseph)**, Professeur de Physique au Lycée de Saint-Étienne, à Saint-Étienne. — Français.
- AUZELLE**, Professeur de Physique au Lycée de Limoges, 7, boulevard de la Corderie, à Limoges. — Français.
- BABINET (Jacques-André)**, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées au Service municipal de Paris, 5, rue Washington, à Paris. — Français.
- BABINSKI (Henri)**, Ingénieur civil des Mines, 170 bis, boulevard Haussmann, à Paris. — Français.
- BACLÉ (Louis)**, Ingénieur, 57, rue de Châteaudun, à Paris. — Français.
- BAGARD (Henri)**, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences, 8, boulevard Thiers, à Dijon. — Français.
- BAILLE (Jean-Baptiste)**, Professeur à l'École de Physique et de Chimie, 26, rue Oberkampf, à Paris. — Français.

MM.

- BAINVILLE (A.)**, Licencié ès Sciences, Ingénieur-Conseil, 6, avenue Rochegude, à Nanterre (Seine). — Français.
- BARBASTE (Antoine)**, Licencié ès Sciences physiques, à Antrain (Ille-et-Vilaine). — Français.
- BARBILLION (Louis)**, Ingénieur-Électricien, Docteur ès Sciences, 19, rue Alphonse-Daudet, Paris. — Français.
- BARDOT (Henri)**, Produits chimiques, 274, rue Lecourbe, 19, passage Duranton, à Paris. — Français.
- BARNES (Howard-T.)**, Lecturer in Physics Mc Gill University, Montréal. — Anglais.
- BARUS (Carl)**, Professor of Physics, Brown University, Providence (U. S. A.). — Américain.
- BARY (Paul)**, Chef des Travaux pratiques à l'École de Physique et de Chimie industrielles, 5, rue Gay-Lussac, à Paris. — Français.
- BASSET (Alphonse)**, Professeur au Lycée, à Bourges. — Français.
- BASSOT (Général)**, Membre de l'Institut, Directeur du Service géographique de l'Armée, 138, rue de Grenelle, à Paris. — Français.
- BATTELLI (Angelo)**, Professeur de Physique à l'Université de Pise, Député au Parlement italien (Délégué de la Société italienne de Physique). — Italien.
- BAUDEUF-BAYARD (M^{me} Henriette)**, Professeur au Lycée de jeunes filles, 97, rue de Bègles, à Bordeaux. — Française.
- BAUME-PLUVINEL (Comte A. de la)**, Astronome, 17, rue de Constantine, à Paris. — Français.
- BAYRAC (Pierre)**, Professeur au Val-de-Grâce, 66, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris. — Français.
- BAZILLE (Albert)**, Ingénieur des Télégraphes, 17, rue de Turenne, à Lille. — Français.
- BEAULARD (F.)**, Professeur adjoint à la Faculté des Sciences, 1, rue du Président-Carnot, à Grenoble. — Français.
- BÉCLÈRE (Antoine)**, Docteur en Médecine, Médecin de l'Hôpital Saint-Antoine, 5, rue Scribe, à Paris. — Français.
- BECQUEREL (Antoine-Henri)**, Membre de l'Institut, Professeur à l'École Polytechnique et au Muséum d'Histoire naturelle, 6, rue Dumont-d'Urville, à Paris. — Français.
- BEGHIN (Auguste)**, Professeur à l'École nationale des Arts industriels, 50, rue du Tilleul, à Roubaix. — Français.
- BEHN (Dr Ulrich)**, Privatdocent à l'Université, 8, Reichstagsufer, à Berlin N. W. — Allemand.
- BELL (Professeur Alexandre-Graham)**, à Washington (Délégué du Gouvernement des États-Unis). — Américain.

MM.

BELLATI (Manfredo), Professeur de Physique technique à l'École royale des Ingénieurs, à Padoue. — Italien.

BELLENS (Charles), Ingénieur, 39, rue de Constantinople, à Paris. — Français.

BÉNARD (Henri), Agrégé, Préparateur de Physique au Collège de France, 5, Rond-point Bugeaud, Paris. — Français.

BENOIST (Louis), Professeur au Lycée Henri IV, 26, rue des Écoles, à Paris. — Français.

BENOIT (René), Directeur du Bureau international des Poids et Mesures, Pavillon de Breteuil, à Sèvres (Seine-et-Oise). — Français.

BERGE (René), 12, rue Pierre-Charron, à Paris. — Français.

BERGÉ (Eugène), 10, avenue Voltaire, à Lunéville. — Français.

BERGIN (William), Professor of Natural Philosophy, Queen's College, Cork, Irlande. — Irlandais.

BERGONIÉ (Jean), Professeur de Physique à la Faculté de Médecine, 6 bis, rue du Temple, à Bordeaux. — Français.

BERSON (G.), Professeur au Lycée Condorcet, 15, rue Guy-de-la-Brosse, à Paris. — Français.

BERTHELOT (Daniel), Professeur à l'École de Pharmacie, 3, rue Mazarine, à Paris. — Français.

BERTHON (L.-A.), 51, rue de la Chaussée-d'Antin, à Paris. — Français.

BERTIN-SANS (Henri), Professeur agrégé à la Faculté de Médecine, 3, rue de la Merci, à Montpellier. — Français.

BERTRAND, Chef de bataillon du Génie, Attaché à la Section technique du Génie (Délégué du Ministère de la Guerre). — Français.

BIARD (Eugène), Ingénieur principal au Chemin de fer de l'Est, 14, rue Monsieur-le-Prince, à Paris. — Français.

LE BIBLIOTHÉCAIRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES D'AMSTERDAM, à Amsterdam.

LE BIBLIOTHÉCAIRE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES, 1, place de la Sorbonne, à Paris.

LE BIBLIOTHÉCAIRE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE, à Zurich (Suisse).

BICHAT (Ernest-Adolphe), Doyen de la Faculté des Sciences de Nancy, Correspondant de l'Institut, 6, rue des Jardiniers, à Nancy. — Français.

BIENAYMÉ (Arthur-François-Alphonse), Inspecteur général du Génie maritime en retraite, Correspondant de l'Académie des Sciences, 14, rue Revel, à Toulon. — Français.

BIERNACKI (Hector), Professeur de Physique à l'École Polytechnique, Varsovie. — Russe.

BIRKELAND (Kr.), Professeur à l'Université de Christiania. — Norvégien.

MM.

- BJERKNES (Vilhem)**, Professeur à l'Université, à Stockholm (Suède). — Norvégien.
- BLANC (Auguste)**, Élève à l'École Normale supérieure, 45, rue d'Ulm, à Paris. — Français.
- BLASERNA (Pietro)**, Professeur à l'Université royale de Rome, Sénateur, Secrétaire du Comité international des Poids et Mesures, R. Istituto fisico, via Panisperna, Rome. — Italien.
- BLEIN (Jean)**, Élève à l'École Normale supérieure, 45, rue d'Ulm, à Paris. — Français.
- BLEEKRODE (Louis)**, Docteur ès Sciences, Professeur de Physique au Lycée de la Haye, Membre honoraire de l'Institution Royale de la Grande-Bretagne, à La Haye (Hollande). — Hollandais.
- BLOCH (Eugène)**, 18, rue de l'Odéon, à Paris. — Français.
- BLOCH (René-Salvador)**, Professeur au Lycée Carnot, 40, rue de Tocqueville, à Paris. — Français.
- BLONDEL (André)**, Professeur d'Électricité appliquée à l'École des Ponts et Chaussées, 41, avenue de la Bourdonnais, à Paris. — Français.
- BLONDIN (Joseph)**, Professeur au Collège Rollin, 171, Faubourg-Poissonnière, à Paris. — Français.
- BLONDLOT (Prosper-René)**, Professeur à l'Université, 16, quai Claude-le-Lorrain, à Nancy. — Français.
- BLUMBACH (Théodor)**, Membre de la Chambre centrale des Poids et Mesures de l'Empire de Russie, Perspective de Zabalkansky, à Saint-Petersbourg. — Russe.
- BODOLA (Louis DE)**, Membre du Comité international des Poids et Mesures, Professeur à l'École Polytechnique, Budapest. — Hongrois.
- BOIS (Henri DU)**, Professeur à l'Université, 21^a, Schiffbauerdamm, à Berlin, N. W. (Délégué de la Société allemande de Physique). — Hollandais.
- BOISARD (Louis)**, Professeur de Physique au Lycée Carnot, 129, avenue Wagram, à Paris. — Français.
- BOISSERAND**, 52, rue Saint-Georges, à Paris. — Français.
- BOITEL (Louis-Albert)**, Professeur au Lycée Lakanal, 4, rue Houdan, à Sceaux. — Français.
- BOLEY (Pierre)**, Professeur au Lycée, à Quimper. — Français.
- BONAPARTE (Prince Roland)**, 10, avenue d'Iéna, à Paris. — Français.
- BONETTI (Louis)**, Constructeur-Électricien, 69, avenue d'Orléans, à Paris. — Français.
- BONGIOVANNI (Joseph)**, Professeur de Physique à l'Université, à Ferrara (Italie) (Délégué de la Société italienne de Physique). — Italien.
- BORDE (Edmond)**, 54, rue de Prony, à Paris. — Français.

MM.

- BORDÉ (Paul-Alphonse)**, Ingénieur-Opticien, 29, boulevard Haussmann, à Paris. — Français.
- BORDET (Lucien)**, Administrateur des forges de Châtillon-Commentry, 181, boulevard Saint-Germain, à Paris. — Français.
- BORDIER (Henri)**, Docteur en médecine, Professeur agrégé à la Faculté de Médecine, 39, rue Thomassin, à Lyon. — Français.
- BORGMAN (J.-J.)**, Professeur de Physique à l'Université, à Saint-Petersbourg. — Russe.
- BORNS (Dr H.)**, 19, Alexandra Road, Wimbledon, Surrey (Angleterre). — Allemand.
- BORREL (Georges-Arsène)**, 47, rue des Petits-Champs, à Paris. — Français.
- BOSE (J.-C.)**, Professeur de Physique, Presidency College, à Calcutta (Indes anglaises) (Délégué du Gouvernement des Indes). — Anglais.
- BOSSCHA (Johannes)**, Secrétaire perpétuel de la Société Hollandaise des Sciences, 17, Spaarne, à Haarlem. — Hollandais.
- BOUCHARD (H.)**, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté de Médecine, 174, rue de Rivoli, à Paris. — Français.
- BOUCHEROT (Paul)**, Ingénieur électricien, 14, rue Daumier, à Paris. — Français.
- BOUDOUARD**, Président de l'Association des anciens élèves de l'École de Physique et de Chimie, 84, rue Monge, à Paris. — Français.
- BOUDRÉAUX**, Conservateur des collections de Physique, École Polytechnique, 4, rue Clovis, à Paris. — Français.
- BOUDRET (Eugène)**, Professeur au Lycée d'Agen, villa Floro, Coteau de l'Ermitage, à Agen. — Français.
- BOUÉ (M^{lle} Marie)**, Professeur au Lycée de jeunes filles, 13, rue Madame-Lafayette, au Havre. — Française.
- BOULÉ (Aug.)**, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, en retraite, 7, rue Washington, à Paris. — Français.
- BOULENGER (H^{te}) et C^{ie}**, Faïencerie de Choisy-le-Roi, à Choisy-le-Roi. — Français. (Représenté par M^{lle} Dydynska.)
- BOURGAREL (Paul)**, Agrégé des Sciences physiques, Professeur au Lycée de Grenoble, à Grenoble (Isère). — Français.
- BOURGEOIS (Joseph-Émile)**, Chef d'Escadron d'Artillerie, Chef de la section de Géodésie au Service géographique, 140, rue de Grenelle, à Paris. — Français.
- BOURION**, Agrégé des Sciences physiques, Préparateur à la Sorbonne, à Paris. — Français.
- BOUTAN (E.)**, Ingénieur en chef des Mines, 64 bis, rue de Monceau, à Paris. — Français.

MM.

- BOUTY (Edmond)** Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université, 9, rue du Val-de-Grâce, à Paris. — Français.
- BOVET (Armand DE)**, 3, avenue du Coq, à Paris. — Français.
- BOYS (Charles-Vernon)**, F. R. S., Metropolitan Gas Referee, 66, Victoria Street, à Londres S. W. — Anglais.
- BRANLY (Édouard)**, Professeur à l'École libre des Hautes Études, 21, avenue de Tourville, à Paris. — Français.
- BRÉHAM**, 5 bis, rue des Sablons, à Neuilly-sur-Seine. — Français.
- BRILLOUIN (Marcel)**, Maître de Conférences à l'École Normale supérieure, Professeur au Collège de France, 31, boulevard du Port-Royal, à Paris. — Français.
- BROCA (André)**, Professeur agrégé à la Faculté de Médecine, 7, cité Vaneau, à Paris. — Français.
- BROCARD (Pierre-J.-B.-Henri)**, Chef de Bataillon du Génie en retraite, 75, rue des Ducs-de-Bar, à Bar-le-Duc. — Français.
- BROCHET (André)**, Docteur ès Sciences, Chef des Travaux pratiques d'Électrochimie à l'École de Physique et de Chimie industrielles, 70, rue Claude-Bernard, à Paris. — Français.
- BROCKMANN Y ABARZUZA**, 21, Paseo de Recoletos, à Madrid (Délégué du Gouvernement espagnol). — Espagnol.
- BROCQ (François)**, Ingénieur à la Compagnie des Compteurs, 18, boulevard de Vaugirard, à Paris. — Français.
- BRÜHL (Paul)**, Professor of Physical Sciences, Engineering College, Sibfur near Calcutta, Bengal (East India). — Anglais.
- BRUNHES (Bernard)**, Directeur de l'Observatoire du Puy-de-Dôme, à Clermont-Ferrand. — Français.
- BRUNSTLEIN (Henri-Aimé)**, Ingénieur-Directeur des Aciéries d'Unieux, à Unieux (Loire). — Français.
- BRYLINSKI (Émile)**, Ingénieur des Télégraphes, 5, avenue Teissonnières, à Asnières. — Français.
- BUGUET (Abel)**, Professeur au Lycée, à l'École des Sciences et à l'École de Médecine, 14, rue des Carmes, à Rouen. — Français.
- BUISSON (H.)**, Préparateur à l'École Normale, 45, rue d'Ulm, à Paris. — Français.
- BURGESS (Léo-B.)**, Professeur à l'Université, 802, Oakland Avenue, Ann Arbor, Michigan (U. S. A.). — Américain.
- BUZZOLINI (Giuliano)**, Professeur, Docteur ès Sciences physiques, Pl. de Laurentus, Chieti, Abruzzes (Italie). — Italien.
- CADOT (Albert-Auguste-Léon)**, Professeur agrégé de Physique au Lycée Carnot, à Paris, 1, rue Pierre-Wolf, à Chambly (Oise). — Français.

MM.

- CAILLETET (Louis)**, Membre de l'Institut, 75, boulevard Saint-Michel, à Paris. — Français.
- CAMPANILE (Filipo)**, Libero docente di Fisica nella R. Università Napoli. — Italien.
- CAMPETTI (D^r Adolfo)**, professore nella R. Accademia militare, Torino (Italie). — Italien.
- CANCE (Alexis)**, Ingénieur-Électricien, 5, rue Saint-Vincent-de-Paul, à Paris. — Français.
- CAPELLE (l'abbé)**, École Sainte-Geneviève, 18, rue Lhomond, à Paris. — Français.
- CARDANI (D^r Pietro)**, Professore di Fisica sperimentale, Direttore dell' Istituto fisico e dell' Osservatorio meteorologico della Università, Parma. — Italien.
- CARIMEY**, Professeur au Lycée Saint-Louis, 44, boulevard Saint-Michel, à Paris. — Français.
- CARPENTIER (J.)**, Ingénieur, 20, rue Delambre, à Paris. — Français.
- CARRÉ (Félix)**, Professeur au Lycée de Caen, 9, rue des Croisiers, à Caen. — Français.
- CARVALLO (Emmanuel)**, Examinateur à l'École Polytechnique, 1, rue Clovis, à Paris. — Français.
- CASALONGA**, Ingénieur, 15, rue des Halles, à Paris. — Français.
- CASPARI (E.)**, Ingénieur-hydrographe en chef de la Marine, 30, rue Gay-Lussac, à Paris. — Français.
- CASSAN (Antony)**, Docteur-Médecin, 5, rue des Pénitentes, à Nantes. — Français.
- CASSIE (William)**, Professor of Physics in the Royal Holloway College, Egham, Surrey (Angleterre). — Anglais.
- CAVALLIER (Camille)**, Administrateur-Directeur de la Société anonyme des Hauts Fourneaux et Fonderies de Pont-à-Mousson. — Français.
- CHABAUD (Victor)**, Constructeur d'instruments de précision, 58, rue Monsieur-le-Prince, à Paris. — Français.
- CHABRIER (Gaston)**, Professeur de Physique au Lycée, à Nice (Alpes-Maritimes). — Français.
- CHAIR (Paul-Lucien)**, Professeur agrégé de Physique au Lycée, 62, faubourg de Montbéliard, à Belfort. — Français.
- CHANCEL (Alphonse)**, Ancien Ingénieur des Ponts et Chaussées, à Bône (Algérie). — Français.
- CHAPPUIS (Pierre)**, Docteur ès Sciences, attaché au Bureau international des Poids et Mesures, Pavillon de Breteuil, Sèvres (Seine-et-Oise). — Suisse.
- CHARPENTIER (D^r A.)**, Professeur à la Faculté de Médecine, 31, rue Claudot, à Nancy. — Français.

MM.

CHATEAU (Cyprien), Ancien élève de l'École Polytechnique, Constructeur d'instruments de précision, de la maison Château père et fils, 118, rue Montmartre, à Paris. — Français.

CHATELAIN (DE), Professeur à l'École supérieure des Mines et à l'Institut Électrotechnique, à Saint-Petersbourg. — Russe.

CHAUVEAU (B.), Météorologiste au Bureau central météorologique, 5, rue de Lille, à Paris. — Français.

CHAUMAT (Henri), Chef de travaux à l'École supérieure d'Électricité, 26, rue Ernest-Renan, à Paris. — Français.

CHAUVIN (R.), Constructeur-Électricien, 186, rue Championnet, à Paris. — Français.

CHARDONNET (Comte DE), Ancien élève de l'École Polytechnique, 43, rue Cambon, à Paris. — Français.

CHEVASSUS (Germain-Olivier), Professeur agrégé de Physique au Lycée, 15, rue Victor-Hugo, à la Roche-sur-Yon. — Français.

CHENEVEAU (Charles), Préparateur à la Faculté des Sciences, 229, Faubourg-Saint-Honoré, à Paris. — Français.

CHOQUETTE (l'abbé G.-P.), Licencié ès Sciences, Collège de Saint-Hyacinthe, Canada (Délégué du Gouvernement canadien). — Canadien.

CHRISTIANSEN (C.), Professeur de Physique à l'École Polytechnique, à Copenhague (Danemark). — Danois.

CHWOLSON (Oreste), Professeur à l'Université Impériale, Institut de Physique, à Saint-Petersbourg. — Russe.

CLARK UNIVERSITY LIBRARY, Worcester, Mass. (U. S. A.).

CLEIREN (Charles), Ingénieur, 30, rue George-Sand, à Paris. — Français.

CLÉMENT (Louis), 18, rue Louis-le-Grand, à Paris. — Français.

CLIFTON (Robert-Bellamy), F. R. S., Professor of experimental Philosophy in the University of Oxford, 3, Bardwell Road, à Oxford. — Anglais.

CLOUGH (Albert), L. S. B., Electrical Engineer, President Manchester Institute of Arts and Sciences, Post Office box, 114, à Manchester, New-Hampshire (U. S. A.). — Américain.

COLARDEAU (E.), Professeur au Collège Rollin, 29, avenue Trudaine, à Paris. — Français.

COLIN, Professeur au Lycée, à Alger. — Français.

COLLANGETTES (Maurice), Professeur à la Faculté de Médecine, à Beyrouth (Syrie). — Français.

COLLÉATTE (Edmond), Professeur au Lycée de Besançon, 12, rue Morand, à Besançon. — Français.

COMBES (Charles), Chimiste, ancien élève de l'École Polytechnique, 15, rue Bara, à Paris. — Français.

MM.

COMBET (Candide), Professeur au Lycée, quartier Sans-Soucis, à Tunis. — Français.

COMPAGNIE GÉNÉRALE DES OMNIBUS, rue Saint-Honoré, à Paris. — Français.

COPPET (Louis-Casimir DE), Chimiste, villa de Coppet, rue Magnan, à Nice. — Suisse.

CORNAVIN, Élève de l'École d'Agriculture, à Montpellier. — Français.

CORNU (A.), Membre de l'Institut, Professeur à l'École Polytechnique, 9, rue de Grenelle, à Paris. — Français.

CORVISY (Arthur), Professeur de Physique, 1, place Sainte-Marguerite, à Saint-Omer. — Français.

COTTON (A.), Professeur adjoint de Physique à la Faculté des Sciences de Toulouse. — Français.

COUETTE (Maurice-Marie), Professeur de Physique aux Facultés Catholiques d'Angers, 26, rue La Fontaine, à Angers. — Français.

COULIER (Sylvain), 13, rue Laurent-de-Konink, à Liège. — Belge.

COURQUIN (l'abbé A.-J.), Professeur de filature à l'École industrielle, 70, rue du Casino, à Tourcoing. — Français.

CREMIÈRE (L.), 3, rue du Champ-de-Mars, à Bordeaux. — Français.

CREW (Henry), Northwestern University, à Evanston, Illinois (U. S. A.). — Américain.

CROS (Médéric), 16, avenue de Moissac, à Castelsarrasin. — Français.

CROVA (André-Prosper-Paul), Correspondant de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Montpellier, 14, rue du Carré-du-Roi, à Montpellier. — Français.

CROZY (Étienne), Capitaine d'Artillerie, Membre de la Commission d'expériences de Versailles, 2, impasse des Cheval-Légers, à Versailles. — Français.

CUAU (Charles-Ernest), Élève de l'École Supérieure des Mines, 137, boulevard Magenta, à Paris. — Français.

CULMANN (Paul), Docteur ès Sciences, 145, boulevard Montparnasse, à Paris. — Suisse.

CURIE (Pierre), Chargé de Cours à la Faculté des Sciences, 108, boulevard Kellermann, à Paris. — Français.

CURIE (M^{me}), 108, boulevard Kellermann, à Paris. — Française.

CYBULSKI (Dr Napoléon), Professeur à l'Université, à Cracovie (Autriche). — Autrichien.

DAGUENET (Paul-Charles), Professeur de Physique au Lycée Hoche, 4, rue Sainte-Victoire, à Versailles. — Français.

MM.

DAMIEN (Benoît), Professeur à la Faculté des Sciences, 74, rue Brûle-Maison, à Lille. — Français.

DANILEWSKY (Alexandre), Ingénieur-Chimiste, Assistant à l'Institut Polytechnique, à Riga. — Russe.

DAUPHIN, 211, boulevard Raspail, à Paris. — Français.

DECHEVRENS (le P. Marc), Directeur de l'Observatoire Saint-Louis, à Jersey. — Suisse.

DÉCOMBE (Louis), Docteur ès Sciences, impasse Reille, à Paris. — Français.

DEHESDIN (Gaston), ancien Élève de l'École Polytechnique, Directeur des Établissements Henry Lepaute, 15, rue Desnouettes, à Paris. — Français.

DEMERLIAC, Professeur au Lycée, 33, rue Bosnières, à Caen. — Français.

DEMANET, Professeur de Physique à l'Université de Louvain, au Collège du Saint-Esprit, à Louvain (Belgique). — Belge.

DENTI (Amilcare), Professeur, à Merate (Prov. Como, Italie). — Italien.

DESCHAMPS (Jules), 4, avenue des Ternes, à Paris. — Français.

DESLANDRES (H.), Astronome à l'Observatoire d'Astronomie physique de Moudon, 43, rue de Rennes, à Paris. — Français.

DESPLANS (Maurice), Professeur de Physique au Collège de Carpentras, à Carpentras (Vaucluse). — Français.

DESROZIERS, Ingénieur, 10, avenue Frochot, à Paris. — Français.

DETAILLE (Charles), Professeur au Lycée, 81, rue De Gouëdic, à Saint-Brieuc. — Français.

DÉMICHEL, Constructeur d'instruments pour les Sciences, 24, rue Pavée-au-Marais, à Paris. — Français.

DEVOUGES (Octave), Professeur de Physique au Collège de Remiremont, Directeur du Laboratoire municipal, 2, rue de la Xavée, à Remiremont (Vosges). — Français.

DEWAR (James), F. R. S., Professeur à la Royal Institution, Albemarle Street, à Londres. — Anglais.

D'HENRY (Louis), Ingénieur, 6, boulevard Port-Royal, à Paris. — Français.

DIOT (Émile), Professeur au Lycée Condorcet, 72, rue Nollet, à Paris. — Français.

DITISHEIM (Paul), Fabricant d'Horlogerie, 11, rue de la Paix, à la Chaux-de-Fonds. — Suisse.

DOLINSKI (Myron), Professeur de Physique à l'Académie de Commerce de Vienne, 19, Schleifmühlgasse, Wien IV. — Autrichien.

DONGIER (Raphaël-Roger), Sous-Directeur du Laboratoire de Physique (Enseignement) à la Sorbonne, 82, rue Claude-Bernard, à Paris. — Français.

MM.

DONNAMETTE, 30, rue des Saints-Pères, à Paris. — Français.

DORN (Dr **Ernest**), Professor der Physik an der Universität, Direktor des physikalischen Instituts, Paradeplatz, Halle-an-der-Saale, Provinz Sachsen. — Allemand.

DOUBT (**Thomas-E.**), B. Sc., M. A., Professor of Physics and Electrical Engineering, University of Washington, Seattle, Washington (U. S. A.) — Américain.

DOUVILLÉ, Professeur à l'École des Mines, 207, boulevard Saint-Germain, à Paris. — Français.

DRAGO (**Ernest**), Docteur ès Sciences physiques, préparateur au Laboratoire de Physique de l'Université royale de Catane, 18, Via Decima, Catania (Sicile, Italie). — Italien.

DROUIN (**Félix-Honoré**), Ingénieur, 100, rue de Courcelles, à Levallois-Perret. — Français.

DRUDE (**Paul**), Dr phil. Professeur, Directeur des *Annalen der Physik*, Nahrungsberg, 8, Giessen. — Allemand.

DUBOIS (**R.**), Professeur à l'École Turgot, 13, rue de Cluny, à Paris. — Français.

DUCRETET (**E.**), Constructeur, 75, rue Claude-Bernard, à Paris. — Français.

DUFOUR (**Alexandre**), Préparateur à l'École Normale, 45, rue d'Ulm, à Paris. — Français.

DUFOUR (**Charles**), Professeur d'Astronomie à l'Université de Lausanne, à Morges (Suisse). — Suisse.

DUFOUR (**Henri**), Professeur de Physique à l'Université de Lausanne, Mousquines, Lausanne. — Suisse.

DUHEM (**P.**), Correspondant de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences, 18, rue de la Teste, à Bordeaux. — Français.

DUMAS (**Louis**), Ingénieur-Conseil de la Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville, 24, rue de Turin, à Paris. — Français.

DUMON (**Georges**), Capitaine du Génie, Professeur-adjoint du cours de Sciences appliquées à l'École d'Application de Fontainebleau, à Fontainebleau. — Français.

DUPESAN (M^{lle} **Madeleine**), Professeur de Sciences au Lycée de jeunes filles de Nantes, 26, rue Félibien, à Nantes. — Française.

DUPLAND (M^{lle} **Clémence**), Professeur à l'École Normale, à Privas (Ardèche). — Française.

DUSSAUD (**F.**), Docteur ès Sciences, 160, boulevard Pereire, à Paris (Délégué par la ville de Genève). — Suisse.

DUTOIT (**Constant**), Professeur, Docteur ès Sciences, 3, avenue de Georgette, à Lausanne. — Suisse.

MM.

DVOŘÁK (D^r **Vincent**), Professeur à l'Université Croate, à Agram (Autriche). — Autrichien.

ÉLIE (**Benjamin**), Docteur ès Sciences, Professeur au Collège d'Abbeville, 90, rue de la Pointe, à Abbeville. — Français.

EICHENWALD (**Alex.**), Professeur de Physique à l'École impériale des Ingénieurs de Moscou, rue Bachmetiewskaja, à Moscou. — Russe.

ÉFIMOF (**Alexandre**), Professeur adjoint de Physique à l'Institut technologique de Tomsk (Sibérie occidentale). — Russe.

EGOROF (**N.**), Sous-Directeur de la Chambre Centrale des Poids et Mesures, Zabalkansky, 19, à Saint-Petersbourg. — Russe.

ELECTRICAL WORLD AND ENGINEER, 120, Liberty St., New-York. (Président : M. Wakeman, Ingénieur, représenté par M. Weaver).

ÉÖTVÖS (Baron **Roland**), Professeur à l'Université de Budapest, Président de l'Académie hongroise des Sciences, 3, Esterhazy-uteza, à Budapest. — Hongrois.

ERNST (**L.-J.-M.**), Capitaine d'Artillerie, Professeur de Physique à l'École Supérieure de Guerre, à Copenhague (Délégué du Ministre de la Guerre de Danemark). — Danois.

ESCOFFIER (**Honoré**), Professeur de sciences au Collège, à Antibes (Alpes-Maritimes). — Français.

ESPANET (**Georges**), Ingénieur, 2, rue Berthollet, à Paris. — Français.

EXNER (**Franz**), Professeur à l'Université de Vienne, Türkenstrasse, 3, Wien IX. — Autrichien.

FABRY (**Charles**), Professeur à la Faculté des Sciences, 4, rue Clapier, à Marseille. — Français.

FAIVRE-DUPAIGRE (**Jules**), Professeur de Physique au Lycée Saint-Louis, 95, boulevard Saint-Michel, à Paris. — Français.

FAURE (**H.**), Ingénieur des Constructions navales, à Toulon. — Français.

FAVÉ (**Louis**), Ingénieur-hydrographe en chef de la Marine, 1, rue de Lille, à Paris. — Français.

FAYOL (**Henri**), Directeur général de la Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville, 16, place Vendôme, à Paris. — Français.

FERNET (**Émile**), Inspecteur général de l'Instruction publique, 23, avenue de l'Observatoire, à Paris. — Français.

FERRIÉ (**Gustave**), Capitaine du Génie, 51 *bis*, boulevard Latour-Maubourg, à Paris. — Français.

FERRIOT (**Ludovic**), Professeur au Collège, 22, rue de la République, à Saint-Germain-en-Laye. — Français.

MM.

FESTING (Édouard-Robert), C. B., F. R. S., Major général, 30, Queen's Gate Terrace, à Londres. — Anglais.

FIGUIER (Albin), Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie, 17, place des Quinconces, à Bordeaux. — Français.

FINNEGAN (John), B. Sc., B. A., Kelvin House, à Belfast. — Anglais.

† **FITZGERALD (Georges-Francis)**, M. A., D. Sc., F. R. S., Hon. F. R. S. E., F. J. L. D., Professor of experimental Physics in the University of Dublin, Trinity College, à Dublin (Délégué de la Société royale de Londres). — Irlandais.

FONTAINE (Hippolyte), Ingénieur, 52, rue Saint-Georges, à Paris. — Français.

FONTAINE, Chimiste, 203, boulevard Saint-Germain, à Paris. — Français.

FONTENAY (Guillaume de), Château de Mont-en-Genevrey, par Moulins-Engilbert (Nièvre). — Français.

FOREL (F.-A.), Professeur honoraire à l'Université de Lausanne, à Morges (Suisse). — Suisse.

FORTIN (Charles), Élève de l'École Normale supérieure, 120, boulevard de la Chapelle, à Paris. — Français.

FORTIN-HERRMANN (Louis-Adolphe), Ingénieur, 138, boulevard Montparnasse, à Paris. — Français.

FORTIN, 40, rue de l'Échiquier, à Paris. — Français.

FOSTER (G. Carey), F. R. S., Ancien professeur de Physique à l'University College, Ladywalk, Rickmansworth, Hertfordshire. — Anglais.

FOUSSEREAU (G.), Secrétaire de la Faculté des Sciences, 5, place de Jussieu, à Paris. — Français.

FRANKLIN INSTITUTE (LIBRARY OF THE), Philadelphie.

FRÉCAUT (J.), Professeur à J.-B. Say, 35, rue Friant, à Paris. — Français.

FREUND-DESCHAMPS (Charles), Industriel, Membre de la Chambre syndicale de la Grande Industrie chimique, à Vieux-Jeand'heurs (Meuse), et 23, avenue Niel, à Paris. — Français.

FROT, Capitaine d'Artillerie, 12, rue Carnot, à Versailles. — Français.

F. T. N. (Julien), Répétiteur au Lycée, à Lille. — Français.

GADOT (Ad.), Ex-Répétiteur de Mécanique et de Physique à l'École des Mécaniciens de la Flotte, 10, rue Leboutoux, à Paris. — Français.

GAIFFE (Georges), Constructeur d'instruments de Physique, 40, rue Saint-André-des-Arts, à Paris. — Français.

GAILLIARD (Pierre), Professeur de Physique au Lycée de Roanne, 1, rue de la Côte, à Roanne. — Français.

MM.

GAL (Jules), Professeur au Lycée, 7, boulevard Gambetta, à Nîmes. — Français.

GALITZINE (Prince Boris), Membre de l'Académie Impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg, 144, Fontanka, à Saint-Pétersbourg (Délégué de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg). — Russe.

GALLINI (Aristide), Capitaine de vaisseau en retraite, rue Clément-des-Maisons, à Granville. — Français.

GALLOTTI, Professeur au Lycée, à Orléans. — Français.

GAMARD (Gustave), Professeur honoraire à l'Association philotechnique, 24, rue Sainte-Croix-de-la-Bretonnerie, à Paris. — Français.

GARIEL, Professeur à la Faculté de médecine, Délégué principal pour les Congrès de 1900, 6, rue Édouard-Detaille, à Paris. — Français.

GASCARD (Albert-Louis), Professeur à l'École de Médecine et de Pharmacie, 33, boulevard Saint-Hilaire, à Rouen. — Français.

GAULTIER (Georges), Ingénieur, 14, rue Dumont-d'Urville, à Paris. — Français.

GAUMONT (L.), Directeur du Comptoir général de Photographie, 57, rue Saint-Roch, à Paris. — Français.

GAUTHIER-VILLARS, Imprimeur-Éditeur, 55, quai des Grands-Augustins, à Paris. — Français.

GAUTIER (Raoul), Membre du Comité international des Poids et Mesures, Directeur de l'Observatoire, à Genève. — Suisse.

GAY (Claude-Jules), Professeur honoraire au Lycée Louis-le-Grand, Examinateur à l'École de Saint-Cyr, 16, rue Cassette, à Paris. — Français.

GAYON (Ulysse), Professeur à la Faculté des Sciences, 7, rue Duffour-Dubergier, à Bordeaux. — Français.

GENSSE (Adrien), Ingénieur de la Compagnie parisienne du Gaz, 146, rue Lafayette, à Paris. — Français.

GERARD (Eric), Directeur de l'Institut électrotechnique Montefiore, 43, rue Saint-Gilles, à Liège. — Belge.

GERNEZ (D.), Professeur à l'École Centrale des Arts et Manufactures, 18, rue Saint-Sulpice, à Paris. — Français.

GERSCHUN (Alexandre), au Laboratoire de Physique de l'Université impériale de Saint-Pétersbourg. — Russe.

GHEURY, Lieutenant au long cours, 4, rue de Cuiller, à Bruxelles. — Belge.

GIBERT (Henri), Professeur de Physique à l'École Colbert, 146, boulevard Magenta, à Paris. — Français.

GILL (Sir David), K. C. B., F. R. S., Directeur de l'Observatoire royal, Capetown, Colonie du Cap. — Anglais.

GINDRE, Professeur, 34, rue Saint-Symphorien, à Reims. — Français.

MM.

- GIRARDET (Fernand)**, Pharmacien de première classe, ex-Préparateur et Lauréat de l'Université, 4, rue Kléber, à Nancy. — Français.
- GIRARDIN**, Professeur de Physique à l'Institut Saint-François-de-Sales, à Gien (Loiret). — Français.
- GIRAUD (Henri)**, Chef du Laboratoire des Chemins de fer de l'Est, 168, rue Lafayette, à Paris. — Français.
- GIRAULT (Paul-Gabriel)**, Ingénieur à la Compagnie des Accumulateurs électriques Blot, 71, rue Damrémont, à Paris. — Français.
- GIVERT (Arthur)**, Agrégé de l'Université, Professeur de Physique au Lycée de Rennes, 3 bis, rue de Nemours, à Rennes. — Français.
- GLADSTONE (John)**, D. Sc., F. R. S. 17, Pembroke-Square, à Londres (Délégué de la Société Royale de Londres.) — Anglais.
- GLAZE BROOK (Richard)**, F. R. S., Director of the national Physical Laboratory, Budhy House, Teddington (Middlesex), Angleterre (Délégué de la Société Royale de Londres.) — Anglais.
- GOCKEL (A.)**, Professeur de Physique à l'Université de Fribourg (Suisse). — Allemand.
- GODLEWSKI (Th.)**, Démonstrateur à la Chaire de Physique expérimentale, 22, rue Straszewskiego, à Cracovie (Autriche). — Polonais.
- GOISOT**, 10, rue Belidor, à Paris. — Français.
- GOLDHAMMER (D.-A.)**, Professeur de Physique expérimentale à l'Université impériale de Kasan (Russie). — Russe.
- GOSSART (Émile)**, Professeur de Physique expérimentale à la Faculté des Sciences, 68, rue Eugène-Ténot, à Bordeaux. — Français.
- GOURE DE VILLEMONTÉE (Gustave)**, Docteur ès Sciences, 31, rue de Poissy, à Paris. — Français.
- GOUY (Georges)**, Professeur à l'Université, 68, rue de la Charité, à Lyon. — Français.
- GRAETZ**, Dr phil., Professeur à l'Université de Munich, 8, Arcisstrasse, à Munich. — Allemand.
- GRAMONT (Comte Arnaud de)**, Docteur ès Sciences physiques, 81, rue de Lille, à Paris. — Français.
- GRIFFITHS (E.-H.)**, F. R. S., 12, Park Side, à Cambridge (Angleterre). — Anglais.
- GRIMALDI (Giovanni-Pietro)**, Docteur ès Sciences physiques, Directeur du Laboratoire de Physique et Professeur de Physique à l'Université royale de Catania, 29, via Androne, à Catania (Sicile) (Délégué de la Société italienne de Physique). — Italien.
- GRIVEAUX (François-Claude)**, Professeur au Lycée Ampère, à Lyon, à Villeurbanne (Rhône). — Français.

MM.

GROOT (Louis-Théodore DE), Professeur de Physique, à Oudenbosch (Hollande). — Hollandais.

GRUNMACH (Léo), Dr phil. Professeur de Physique à l'École technique supérieure de Charlottenburg, 33, Bayreutherstrasse, à Berlin. — Allemand.

GUEBHARD (Dr Adrien), Agrégé de Physique des Facultés de Médecine, à Saint-Vallier-de-Thiery (Alpes-Maritimes). — Français.

GUEORGUEWSKY (Nicolas), Institut technologique, à Saint-Petersbourg. — Russe.

GUERBY (Auguste), Professeur en retraite, boulevard Fragonard, à Grasse (Alpes-Maritimes). — Français.

GUERBY (M.), 2, rue Pasquier, à Annecy (Savoie). — Français.

GUÉROULT (Georges), Trésorier-payeur général honoraire, 17, avenue de Breteuil, à Paris. — Français.

GUGGENHEIMER (Siegfried), Docteur ès Sciences, à Nuremberg. — Allemand.

GUILLAUME (Charles-Édouard), Physicien au Bureau International des Poids et Mesures, Pavillon de Breteuil, à Sèvres. — Suisse.

GUILLET (Amédée), Préparateur au Laboratoire des Recherches physiques à la Sorbonne, 158, rue Saint-Jacques, à Paris. — Français.

GUNTZ, Professeur à la Faculté des Sciences, 9, rue de l'Hospice, à Nancy. — Français.

GUTHE (Karl), Dr phil. Assistant-Professor of Physics, University of Michigan, Ann Arbor (U. S. A.). — Américain.

GUTTON (Camille), Chef des travaux de Physique à l'Université de Nancy, 40 bis, rue Gambetta, à Nancy. — Français.

GUYE (Charles-Eugène), Professeur de Physique à l'Université de Genève, 83, route de Chêne, à Genève. — Suisse.

GUYE (Philippe-A.), Professeur de Physique à l'Université de Genève, 3, chemin des Cottages, à Genève. — Suisse.

HAAS (Dr M. DE), Professeur à l'École Polytechnique, Delft (Hollande). — Hollandais.

HAGA (H.), Professeur de Physique à l'Université de Groningen (Hollande). — Hollandais.

HAGENBACH (Auguste), Dr phil. Privatdocent, 28, Breitestrasse, Bonn-sur-Rhin (Allemagne). — Suisse.

HAGENBACH-BISCHOFF (Ed.), Professeur de Physique à l'Université de Bâle, 20, Missionsstrasse, à Bâle (Suisse). — Suisse.

HALE (Georges-E.), Director of the Yerkes Observatory, Williams Bay, Wisconsin (U. S. A.). — Américain.

C. P., IV.

10

MM.

- HALLER**, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences, 1, rue Le Goff, à Paris. — Français.
- HALLOCK (William)**, Professor of Physics, Columbia University, New-York. — Américain.
- HAMM (Lucien-Auguste)**, Ingénieur au Bureau de contrôle des Installations électriques, 12, rue Hippolyte-Lebas, à Paris. — Français.
- HAMMERL (Dr Hermann)**, Professeur à l'École Supérieure, Innsbruck (Tyrol). — Autrichien.
- HAMY (Maurice)**, Astronome-Adjoint à l'Observatoire, 16, rue de Bagneux, à Paris. — Français.
- HARKER (John-Allen)**, Ph.-D., The national Physical Laboratory, Budhy House, Teddington (Middlesex) (Angleterre). — Anglais.
- HAUDIÉ (Edgar)**, Professeur à l'École Navale, 88 bis, rue de Paris, à Brest. — Français.
- HEEN (Pierre DE)**, Professeur à l'Université, rue Monulphe, 9, à Liège (Délégué de l'Académie royale de Belgique). — Belge.
- HEITCHEN (Paul)**, Physiker, 77, Bismarckstrasse, Charlottenburg. — Allemand.
- HEMARDINQUER (Ch.)**, Préparateur à la Faculté des Sciences de Paris, 7, rue de la Corisaie, à Paris. — Français.
- HEMSALECH (G.-A.)**, Laboratoire de Recherches physiques à la Sorbonne, à Paris. — Anglais.
- HÉNOCQUE (Albert)**, Docteur en Médecine, Directeur-adjoint du Laboratoire de Physique biologique du Collège de France, 11, avenue Matignon, à Paris. — Français.
- HENRY (Aimé)**, Professeur de Physique au Lycée, 23, rue Marlot, à Reims. — Français.
- HENRY (Édouard)**, Professeur au Lycée, 47, rue de la Comédie, à Lorient. — Français.
- HENRY (Victor)**, Docteur en Philosophie, Secrétaire de la rédaction de *l'Année psychologique*, 13, rue du Val-de-Grâce, à Paris. — Français.
- HEPITES (Stefan-C.)**, Docteur ès Sciences, Ingénieur, Directeur de l'Institut météorologique et du Service central des Poids et Mesures de Roumanie, Membre du Comité international des Poids et Mesures, à Bucarest. — Roumain.
- HERING (Carl)**, Président de la Société des Ingénieurs-électriciens des États-Unis, 929, Chestnut St. Philadelphie (Délégué du Franklin Institute). — Américain.
- HERMANN (E.)**, Libraire-Éditeur, 8, rue de la Sorbonne, à Paris. — Français.

MM.

- HERMANN (Jules)**, Libraire-Éditeur, 8, rue de la Sorbonne, à Paris. — Français.
- HERRAN (Adolphe)**, Ingénieur civil des Mines, 36, avenue Henri-Martin, à Paris. — Français.
- HERRENSCHMIDT**, 10, boulevard Magenta, à Paris. — Français.
- HERSE**, 12, rue du Beffroi, à Soissons. — Français.
- HESEHUS (Nicolas)**, Professeur de Physique à l'Institut technologique de l'empereur Nicolas I^{er}, à Saint-Petersbourg. — Russe.
- HILLAIRET (A.)**, Ingénieur, 22, rue Vicq-d'Azir, Paris. — Français.
- HIRSCH (Baron Rudolf de)**, 93, Amalienstrasse, à Munich. — Allemand.
- HOËN (M^{lle} Marguerite)**, Professeur à l'École Normale d'Institutrices de Beauvais. — Française.
- HOFF (Jacobus Henricus van't)**, Membre de l'Académie de Berlin, Professeur à l'Université, 2, Uhlandstrasse, à Charlottenbourg. — Hollandais.
- HOSPITALIER (Édouard)**, Professeur, Directeur de l'*Industrie électrique*, 87, boulevard Saint-Michel, à Paris. — Français.
- HOSTELET (G.)**, Professeur à l'Institut géographique de Bruxelles, rue de Virelles, à Chimay (Belgique). — Belge.
- HOWE (Henry-M.)**, Professeur de Métallurgie, Columbia University, à New-York City. — Américain.
- HUBERT (Herman)**, Ingénieur en chef, Directeur des Minés, Chargé de Cours à l'Université de Liège, 68, rue Fabry, à Liège. — Belge.
- HUDELOT (A.)**, Répétiteur à l'École Centrale des Arts et Manufactures, 10, rue Saint-Louis-en-l'Île, à Paris. — Français.
- HUGGINS (Sir William)**, K. C. B., D. C. L., F. R. S., Correspondant de l'Institut (Académie des Sciences), 90, Upper Tulse-hill, à Londres S. W. — Anglais.
- HUGON**, Ingénieur, 77, rue de Rennes. — Français.
- HURION**, Professeur à la Faculté des Sciences, 5, boulevard des Brosses, à Dijon. — Français.
- HURMUZESCU (Drag.)**, Professeur à la Faculté des Sciences, à Iassy (Roumanie). — Roumain.
- HUSSON (Léon)**, à Saïgon. — Français.
- HYNDMANN (H.-H.-F.)**, B. Sc., Laboratoire de Physique, à Leiden (Hollande). — Anglais.
- IGNATOWSKY (Woldemar)**, Institut de Physique, à Saint-Petersbourg. — Russe.
- IKLÉ (Max)**, Stud. rer. nat., 27^{III}, Genthinerstrasse, W. 35, à Berlin. — Allemand.

MM.

- JACQUIN (Louis-Paul)**, Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef du service des canalisations au secteur électrique des Champs-Élysées, 62, rue Cortambert, à Paris. — Français.
- JANET (Paul)**, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, Directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité, 8, rue du Four, à Paris. — Français.
- JARRE (Léon)**, Ingénieur civil, 3, rue de l'Échelle, à Paris. — Français.
- JAUDEL (M^{lle})**, Professeur au Collège de jeunes filles, 8, rue d'Abbeville, à La Fère (Aisne). — Française.
- JAVAL (Félix-Jean)**, Ingénieur, 5, boulevard de La Tour-Maubourg, à Paris. — Français.
- JAVAUX (Émile)**, Administrateur-Directeur de la Société Gramme, 20, rue d'Hautpoul, à Paris. — Français.
- JOANNIS (l'abbé Joseph DE)**, 15, rue Monsieur, à Paris. — Français.
- JOBIN (Amédée)**, ancien Élève de l'École Polytechnique, Constructeur d'instruments de précision, 21, rue de l'Odéon, à Paris. — Français.
- JOLY (Auguste-Jules)**, Professeur agrégé de Physique au Lycée, 28, rue du Parc, à Agen. — Français.
- JOLY (Louis)**, ancien Élève de l'École Polytechnique, 20, rue Delambre, à Paris. — Français.
- JOSEPH (P.-H.)**, 26, avenue de Montsouris, à Paris. — Français.
- JOUBERT (J.)**, Inspecteur général de l'Instruction publique, 67, rue Violet, à Paris. — Français.
- JOURDAN (le Capitaine)**, 66, boulevard Émile-Augier, à Paris. — Français.
- JULIUS (Willem-Henri)**, Professeur de Physique à l'Université, 18, Wittevrouwensingel, à Utrecht. — Hollandais.
- JUNGFLEISCH (Émile)**, Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers et à l'École supérieure de Pharmacie, Membre de l'Académie de Médecine, 74, rue du Cherche-Midi, à Paris. — Français.
- JUPPONT (P.)**, Ingénieur des Arts et Manufactures, 55, allées Lafayette, à Toulouse. — Français.
- KAPOUSTINE (Theodor)**, Professeur de Physique à l'Université de Toms (Sibérie). — Russe.
- KAYSER (Heinrich)**, Professeur de Physique à l'Université, 2, Humboldtstrasse, Bonn-sur-Rhin. — Allemand.
- KELVIN (The Right Honourable Lord)**, G. C. V. O., D. L. C, F. R. S., 15, Eaton Place, Londres S.-W. — Anglais.
- KENDRICK (Arthur)**, Associate-Prof. of Physics in Rose Polytechnic Institute, Terre-Haute, Ind. (U. S. A.). — Américain.

MM.

- KERNTLER (François)**, II Bezirk, Budapest (Hongrie). — Hongrois.
- KINSLEY (Carl)**, A. M., M. E. Electrical expert for Signal Corps, East End, Virginia (U. S. A.). — Américain.
- KLOTZ (Victor)**, 18, place Vendôme, à Paris. — Français.
- KLOTZ (Henry)**, 12, rue de Tilsitt, à Paris. — Français.
- † **KÖENIG (Rudolf)**, Docteur en Philosophie, Constructeur d'instruments d'acoustique, 27, quai d'Anjou, à Paris. — Allemand.
- KOHLRAUSCH (F.)**, Professeur, Président de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, à Charlottenbourg. — Allemand.
- KOROLKOV**, Académie impériale d'Artillerie, à Saint-Pétérsbourg. — Russe.
- KORDA (Désiré)**, Ingénieur, 64, rue Caumartin, à Paris. — Hongrois.
- KOUPRIANOFF (Dimitri)**, Capitaine répétiteur à l'Académie d'Artillerie Saint-Michel, à Saint-Pétérsbourg (Russie). — Russe.
- KOURTCHINSKY (Wassily)**, Professeur à l'Université, 20, rue Melnitchnaja, à Jurief (Russie). — Russe.
- KOWALSKI (E.)**, Ingénieur, Professeur à l'École supérieure de Commerce, 1, rue de Grassi, à Bordeaux. — Français.
- KOWALSKI (Joseph DE)**, Docteur ès Sciences, Professeur de Physique à l'Université de Fribourg (Suisse). — Suisse.
- KREISS (Adolphe)**, Ingénieur, 44, Grande-Rue, à Sèvres (Seine-et-Oise). — Français.
- KROUCHKOLL**, Chef des travaux pratiques de Physique à la Faculté des Sciences, 77, rue de Prony, à Paris. — Français.
- KRÜSS (Dr Hugo)**, Adolfsbrücke, Hambourg. — Allemand.
- LABALLE**, aux Ombries, par le Poujol (Hérault). — Français.
- LABBÉ**, Chef d'escadron d'artillerie, Secrétaire adjoint de la Commission d'examen des inventions intéressant l'Armée, aux Invalides. (Délégué du Ministre de la Guerre.) — Français.
- LABORATOIRE d'Enseignement physique (Directeur du)**, à la Sorbonne.
- LABORATOIRE de Physique P. C. N. (Directeur du)**, 12, rue Cuvier, à Paris.
- LABROUSTE (Henri)**, Licencié ès Sciences, 26, rue Censier, à Paris. — Français.
- LACOUR (Alfred)**, ancien Élève de l'École Polytechnique, 60, rue Ampère, à Paris. — Français.
- LACRETELLE (Gaston)**, Administrateur délégué de la Société de force et de lumière électriques, 9, rue de Roeroy, à Paris. — Français.
- LAFAY**, Capitaine, détaché à la Section technique de l'Artillerie, 1, place Saint-Thomas-d'Aquin. — Français.

MM.

- LAFLAMME** (Mgr **J.-C.-K.**), Professeur à l'Université de Laval, à Québec (Canada). — Canadien.
- LAFONT** (R. P. **Eugène**), Professeur de Physique expérimentale au Collège Saint-François-Xavier, Compagnon de l'Ordre de l'Empire Indien, Chevalier de l'Ordre de Léopold, Officier d'Académie, 10, Park St., à Calcutta. — Belge.
- LAGRANGE** (**Eugène**), Professeur de Physique à l'École militaire à Bruxelles, 60, Champs-Élysées, à Bruxelles. — Belge.
- LALA** (**Ulysse**), Docteur ès Sciences, Professeur de Mécanique et Physique à l'École des Beaux-Arts et des Sciences industrielles, Chef des travaux de Physique à la Faculté des Sciences de Toulouse, 40, allée Saint-Étienne, à Toulouse. — Français.
- LALANNE** (**Paulin**), Professeur de Physique au Lycée de Bordeaux, 46, rue de la Teste, à Bordeaux. — Français.
- LAMBERT** (**Pierre**), Ingénieur des Arts et Manufactures, 4, rue de la Tour-des-Dames, à Paris. — Français.
- LAMBERT** (**Dominique-Henri**), Professeur de Physique au Collège, à Tournus (Saône-et-Loire). — Français.
- LAMOTTE** (**Marcel**), Maître de Conférences à l'Université, 9, rue Montlosier, à Clermont-Ferrand. — Français.
- LAMPE** (**Emil**), Geheimer Regierungsrath, Professeur à l'École Polytechnique, 139, Kurfürstenstrasse, Berlin W. — Allemand.
- LANCIAL**, Agrégé des Sciences physiques, Professeur au Lycée, à Moulins (Allier). — Français.
- LANG** (**Victor von**), Professeur à l'Université, 3, Türkenstrasse, à Vienne. — Autrichien.
- LANG** (Les fils d'**Emmanuel**), à Bon-Secours, à Nancy. — Français.
- LANGARD** (M^{me} **Marie**), Professeur au Lycée de jeunes filles de Brest. — Française.
- LANGEVIN**, Docteur ès Sciences, 50, boulevard de Port-Royal, à Paris. — Français.
- LANGLEY** (**S.-P.**), Secrétaire perpétuel de l'Institut Smithsonian des États-Unis, à Washington. — Américain.
- LANIÈS**, Professeur de Physique au Lycée, à Vendôme. — Français.
- LANNOY** (**Stéphane de**), Conservateur du Bureau des étalons des Poids et Mesures de Belgique, 14, rue du Cornet, à Bruxelles. — Belge.
- LAPORTE** (**Frédéric**), Chef des travaux au Laboratoire central d'Électricité, 2, rue Saint-Simon, à Paris. — Français.
- LARMOR** (**Joseph**), F. R. S., St. John's College, à Cambridge. — Anglais.
- LAROUSSE** (**Auguste-Philéas**), Professeur agrégé de Physique au Lycée, 36, avenue Bertrand-de-Borne, à Périgueux. — Français.

MM.

LAURIOL (P.), Ingénieur des Ponts et Chaussées, 83, boulevard Saint-Michel.
— Français.

LÉAUTÉ (H.), Membre de l'Institut, Professeur à l'École Polytechnique, 20, boulevard de Courcelles. — Français.

LEBEDEF (J.), Inspecteur en chef de la Chambre centrale des Poids et Mesures de l'Empire de Russie, Perspective de Zabalkansky, 19, Saint-Petersbourg. — Russe.

LEBEDEW (P.), Professeur de Physique à l'Université, à Moscou. — Russe.

LEBEDINSKY (W.), Préparateur à l'Université, à Saint-Petersbourg. — Russe.

LE BON (Gustave), 29, rue Vignon, à Paris. — Français.

LECERF (Félix-Achille), Ingénieur des Arts et Manufactures, 47 bis, rue Boileau, à Paris. — Français.

LE CHATELIER (H.), Professeur au Collège de France, 83, rue Notre-Dame des Champs, à Paris. — Français.

LEGOIN, Licencié ès Sciences, 5, rue du Sommerard, à Paris. — Français.

LEDUC (A.), Professeur adjoint à la Faculté des Sciences, 84, boulevard Saint-Michel, à Paris. — Français.

LEDUC (Dr Stéphane), Professeur à l'École de Médecine, 5, quai de la Fosse, à Nantes. — Français.

LEENHARDT (C.), 13, rue d'Arcole, à Paris. — Français.

LEFÈVRE (Z.), Préparateur au Lycée, 10, rue Frédéric-Petit, à Amiens. — Français.

LEFÈVRE, Ingénieur électricien au Secteur de la Rive gauche, 96, boulevard de Port-Royal, à Paris. — Français.

LEFÈVRE (Julien), Professeur de Physique au Lycée, 20, avenue de Gigant, à Nantes. — Français.

LEFEBVRE (Pierre), Professeur de Physique au Lycée, 67, boulevard Faïdherbe, à Douai. — Français.

LEFRANC (Abel), Secrétaire du Collège de France, à Paris. — Français.

LEHMANN (Otto), Professeur de Physique à l'École Polytechnique, 63, Kaiserstrasse, à Karlsruhe (Bade). — Allemand.

LELIEUVRE (Maurice), Docteur ès Sciences, Professeur au Lycée, à Caen (Calvados). — Français.

LEMASSON (Constant-Nicolas), Principal du Collège et Professeur de Physique, à Bruyères (Vosges). — Français.

LÉMERAY, Licencié ès Sciences mathématiques et ès Sciences physiques, Ingénieur civil du Génie maritime, 109 bis, rue Ville-ès-Martin, à Saint-Nazaire. — Français.

LEMOINE (Georges), Membre de l'Institut, Professeur à l'École Polytechnique, 76, rue Notre-Dame-des Champs, à Paris. — Français.

MM.

LENOIR (Léon-Alfred), Préparateur de Physique au Lycée, 58, rue Victor-Hugo, à Brest. — Français.

LEQUEUX (P.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 64, rue Gay-Lussac, à Paris. — Français.

LERAY (le Père), Eudiste, 12, rue du Quinconce, à Angers, et 75, rue Denfert-Rochereau, à Paris. — Français.

LE ROY (Ed.), 8, rue de l'Abbé-de-l'Épée, à Paris. — Français.

LERY (Georges), 43, rue Saint-Jean, à Pontoise. — Français.

LEVI-CIVITA (Tullio), R. Università, à Padoue. — Italien.

LEVY (Leopold), Dr phil., 17, Blumenthalstrasse, à Berlin, W. — Allemand.

LEYST (Ernest), Conseiller d'État, Professeur de Physique terrestre et de Météorologie à l'Université impériale, Observatoire, Presnja, à Moscou. — Russe.

LHULLIER, Professeur au Lycée, à Lorient. — Français.

LIENARD (Alfred-Marie), Ingénieur des Mines, Professeur à l'École des Mines de Saint-Étienne, 7, avenue Denfert-Rochereau, à Saint-Étienne. — Français.

LIMB (Claudius), Docteur ès Sciences, Préparateur à la Sorbonne, Ingénieur électricien, 58, rue Coste, à Caluire-et-Cuire (Rhône). — Français.

LINDECK (Dr Stephan), Professeur, Physikalisch-technische Reichsanstalt, 77^{II} Goethestrasse, à Charlottenbourg. — Allemand.

LIPPMANN, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences, 10, rue de l'Éperon, à Paris. — Français.

LOCHERER, 45, rue Ampère, à Paris. — Français.

LODYGUINE (Alexandre de), Ingénieur électricien honoraire de l'Institut électrotechnique de Saint-Petersbourg, 206, Stockton av., Allegheny, Penn. (États-Unis). — Russe.

LOMAN (W.), Professeur de Physique et de Mathématiques à l'École réale, Astrakan. — Russe.

LORENTZ (H.-A.), Professeur à l'Université, 48, Hooigracht, Leiden (Hollande). — Hollandais.

LUCAS (R. P. J.-D.), Docteur ès Sciences, Professeur de Physique à la Faculté des Sciences, Collège N.-D. de la Paix, à Namur (Belgique). — Belge.

LUGOL (Paul), Professeur au Lycée, 4, cité Chabrol, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme). — Français.

LUMMER (Dr O.), Professeur, Physikalisch-technische Reichsanstalt, à Charlottenbourg. — Allemand.

LUSSANA (Silvio), Professeur à l'Université de Sienne (Italie). — Italien.

LYON (Gustave), Industriel, ancien élève de l'École Polytechnique, 22, rue Rochechouart, à Paris. — Français.

MM.

LYON (Max), Ingénieur, Administrateur de la Société de Tramways, d'éclairage et d'entreprises électriques de Hongrie, 83, avenue du Bois-de-Boulogne, à Paris. — Français.

M^c CLEAN (Frank), F. R. S., Fellow of the Royal Astronomical Society, Rusthall House, Tunbridge-Wells, Angleterre. — Anglais.

MACÉ DE LEPINAY (Jules), Professeur de Physique générale à la Faculté des Sciences, 105, boulevard Longchamp, à Marseille. — Français.

MACH (Ernst), Professeur à l'Université, 3, Hofstatstrasse, Vienne. — Autrichien.

MACK, Licencié ès Sciences, 10, rue de la Collégiale, à Paris. — Suisse.

MACQUET (Auguste), Directeur de l'École des Mines du Hainaut, Professeur d'Électricité et de Physique expérimentale et industrielle, Ingénieur du Corps des Mines de l'État, 22, boulevard Dolez, à Mons (Belgique). — Belge.

MALHOMÉ (M^{lle} Eugénie-Amélie), Professeur au Lycée de jeunes filles de Tournon, 3, route de Mauves, à Tournon (Ardèche). — Française.

MANOUVRIER (Émile), Professeur à l'École Normale, rue Jean-de-Bologne, à Douai. — Français.

MANY, Professeur à l'École des Ponts et Chaussées, 12, Manea Brutary, à Bucarest (Roumanie). — Roumain.

MARAGE (Georges-René), Docteur en Médecine, Docteur ès Sciences, 14, rue Duphot, à Paris. — Français.

MARCOTTE, Capitaine commandant la 1^{re} batterie du 12^e bataillon, à Mont-Dauphin (Hautes-Alpes). — Français.

MARIE (Charles-Aimé), Licencié ès Sciences physiques, Préparateur à la Faculté des Sciences, 71 bis, rue de Vaugirard, à Paris. — Français.

MARSAL, Professeur au Lycée, 27, rue Sigisbert-Adam, à Nancy. — Français.

MARTIN (Georges), Ingénieur de l'usine d'éclairage électrique, 67, rue Rousseau, à Bar-le-Duc. — Français.

MARTIN, Préparateur au Lycée Janson-de-Sailly, 19, rue Perronet, à Neuilly-sur-Seine. — Français.

MARTINET, Professeur au Lycée Janson-de-Sailly, 5, rue de l'Amiral-Courbet, à Paris. — Français.

MASCART (É.), Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France, 176, rue de l'Université, à Paris. — Français.

MASSE (Maurice), ancien élève de l'École Polytechnique, Ingénieur civil des Mines, 2, place de l'Église-du-Vœu, à Nice (Alpes-Maritimes). — Français.

MASSOL (Gustave), Professeur de Physique, Directeur de l'École supérieure de Pharmacie, boulevard des Arceaux, villa Germaine, à Montpellier. — Français.

MM.

- MASSON (Léon-Noël)**, Ingénieur, Directeur du laboratoire des essais au Conservatoire national des Arts et Métiers, 292, rue Saint-Martin, à Paris. — Français.
- MASSOULIER (Pierre)**, Professeur au Lycée et à l'École supérieure des Sciences, 14, rue Basse-du-Château, à Nantes. — Français.
- MATHIAS (Émile)**, Professeur à la Faculté des Sciences, à Toulouse. — Français.
- MATHIEU (L.)**, Directeur de la Station Œnologique de Bourgogne, à Beaune. — Français.
- MATHIEU (Joseph-Louis)**, Professeur de Physique au Lycée, à Évreux (Eure). — Français.
- MATIGNON (Camille)**, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Paris, 17, boulevard Carnot, à Bourg-la-Reine. — Français.
- MAUDET (L.)**, Préparateur au Bureau international des Poids et Mesures, 2, rue Antoine-Roucher, à Paris. — Français.
- MAURAIN (Charles)**, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Rennes. — Français.
- MAZEN**, Ingénieur des installations électro-mécaniques du matériel et de la traction, 35, rue de Magenta, à Asnières (Délégué de la C^{ie} des Chemins de fer de l'Ouest). — Français.
- MAZZOTTO (Domenico)**, Professeur de Physique à l'Université, Sassari (Sardaigne). — Italien.
- MEERBURG (Jacques-Henri)**, Docteur ès Sciences, Professeur à l'École moyenne, 342, Tavendyk, à Gorinchem (Hollande). — Hollandais.
- MELANDER (G.)**, Professeur agrégé à l'Université, à Helsingfors (Finlande). — Finlandais.
- MENDOLA (Luigi)**, Docteur ès Sciences physiques, Préparateur au Laboratoire de Physique de l'Université royale, 15, via Tineo, à Catane (Sicile). — Italien.
- MENIER (Henri)**, Ingénieur, 8, rue Alfred-de-Vigny, à Paris. — Français.
- MERCADIER**, Directeur des Études à l'École Polytechnique, 21, rue Descartes, à Paris. — Français.
- MERCANTON (Paul-Louis)**, Ingénieur-Électricien, 2, square de Georgette, à Lausanne. — Suisse.
- MERLIN (Paul-Adolphe)**, Professeur de Physique au Collège de Châlons-sur-Marne. — Français.
- MERSANNE (François-Ernest DE)**, Ingénieur Électricien, 818, Geary Street, à San-Francisco (Californie). — Américain.
- MESLANS (Maurice)**, Docteur ès Sciences, 31, rue Parmentier, à Ivry (Seine). — Français.
- MESLIN (Georges)**, Professeur de Physique à la Faculté des Sciences, villa Marie (ancien chemin de Castelnau), à Montpellier. — Français.

MM.

- MESNAGER (Augustin)**, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Directeur des Laboratoires de l'École des Ponts et Chaussées, 182, rue de Rivoli, à Paris. — Français.
- MÉTRAL (Pierre)**, Agrégé des Sciences physiques, Professeur à l'École Colbert, 239 *bis*, rue Lafayette, à Paris. — Français.
- METZ (G. DE)**, Professeur à l'Université Saint-Wladimir, 3, rue du Théâtre, à Kiev. — Russe.
- MEYER (Oscar-Émile)**, D^r phil., Professeur de Physique à l'Université, 4, an der Kreuzkirche, Breslau IX. — Allemand.
- MEYLAN (E.)**, Ingénieur, 21, boulevard Montparnasse, à Paris. — Suisse.
- MICHELSON (W.)**, Professeur à l'Institut agronomique, Moscou. — Russe.
- MICULESCU (Constantin)**, Docteur ès Sciences physiques, Professeur à l'Université, 3, strada Spatarului, à Bucarest. — Roumain.
- MILLARD (John)**, Docteur en Médecine, au château Sunnyside, à Dinard-Saint-Enogat (Ille-et-Vilaine). — Français.
- MILLER (Dayton-C.)**, Professor of physics, School appl. science, Cleveland, Ohio (U. S. A.) — Américain.
- MILLIKAN**, University of Chicago, à Chicago, Illinois (U. S. A.). — Américain.
- MILLIS (John)**, Major, Corps of Engineers, U. S. Army, Seattle, Washington (Délégué officiel des États-Unis). — Américain.
- MIX (Edgar)**, Ingénieur, 12, boulevard des Invalides, à Paris. — Américain.
- MIZUNO (Toshinojo)**, D^r phil., Gœthestrasse, 41, Charlottenburg. — Japonais.
- MOISSAN (Henri)**, Membre de l'Institut, 7, rue Vauquelin, à Paris. — Français.
- MOND (Robert)**, M. A. Cantab., F. R. S. E., F. C. S., F. G. S., F. Ph. S., Chimiste, 27, Berkeley Square, London. — Anglais.
- MONMERQUÉ (Arthur)**, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, 71, rue de Monceau, à Paris. — Français.
- MONNORY (Henri-Louis)**, Professeur au Lycée Hoche, 5, rue Montebello, à Versailles. — Français.
- MONTEFIORE-LÉVI**, Ingénieur, Sénateur du Royaume de Belgique, 35, rue de la Science, à Bruxelles. — Belge.
- MOREAU (Georges)**, Professeur de Physique à la Faculté des Sciences, 49, avenue de la Gare, à Rennes. — Français.
- MORIN (Pierre)**, Professeur au Lycée, à Montluçon. — Français.
- MORIN (Eugène)**, 18, rue Monge, à Dijon. — Français.
- MORLEY (Edward-Williams)**, M. A., Ph. D., L. L. D., Professeur de Chimie à l'Université de Cleveland, Ohio (États-Unis). — Américain.

MM.

MORTON (William-Blair), Professor, Queen's College, Belfast, Ireland. -- Irlandais.

MOUCHEL (Ch.), Professeur de Physique à la Société industrielle d'Elbeuf. — Français.

MOULIN (Honoré-Julien), Capitaine au 26^e d'Artillerie, 69, rue Bobillot, au Mans. — Français.

MOURGUES (M^{lle}), Professeur au Lycée Fénelon, 2, rue de l'Éperon, à Paris. — Française.

MOUROT (A.), Professeur à l'École Normale d'Instituteurs, à Aurillac. — Français.

MOUSSETTE (Charles-Édouard), Ingénieur-Chimiste, 73, boulevard Suchet, à Paris. — Français.

MULLER (Victor), Professeur au Lycée, 32, faubourg du Breul, Le Puy. — Français.

MULLER (Paul-Th.), Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy, à l'Institut chimique, 1, rue Grandville, à Nancy. — Français.

MUTHUON, Professeur au Séminaire de Vals, près le Puy (Haute-Loire). — Français.

NAGAOKA (Hantaro), Docteur ès Sciences, Professeur de Physique mathématique, Université de Tokio. — Japonais.

NATANSON (Ladislav), Professeur de Physique théorique à l'Université, Membre de l'Académie des Sciences, 32, rue Wolska, à Cracovie. — Polonais.

NÉCULCÉA (Eugène), Licencié ès Sciences physiques et mathématiques, 15, rue de Poissy, à Paris. — Roumain.

NEESEN (Friedrich), Professeur de Physique, 31, Ansbacherstrasse, à Berlin. — Allemand.

NEGREANO (Demetri), Docteur ès Sciences, Professeur à la Faculté des Sciences, 21, rue Popa-Ruon, à Bucarest. — Roumain.

NERNST (Walter), Prof^r, D^r phil., Bürgerstrasse, 50, à Göttingen (Délégué de la Société royale de Göttingen). — Allemand.

NERVILLE (F. de), Ingénieur des Télégraphes, Professeur à l'École professionnelle supérieure des Télégraphes, 59, rue de Ponthieu, à Paris. — Français.

NEVILLE (F.-H.), F. R. S., Sydney Sussex College, Cambridge. — Anglais.

NIEWENGLOWSKI (G.-N.), Préparateur de Physique à la Faculté des Sciences, 295, rue Saint-Jacques, à Paris. — Français.

NIKOLAIÈVE (Wladimir DE), Colonel d'Artillerie russe, École militaire Paul, à Saint-Pétersbourg. — Russe.

MM.

NOELTING, Directeur de l'École de Chimie, à Mulhouse (Alsace). — Américain.

NUTT (Alfred), 57, Long Acre, à Londres. — Anglais.

OBSERVATOIRE PHYSIQUE CENTRAL NICOLAS, à Saint-Petersbourg (Russie).

ODAGIRI (Enju), Ingénieur de la Marine japonaise, 178, Buckingham Palace Road, Londres. — Japonais.

ÖTTINGEN (Dr Arthur von), Prof. ord. hon. an der Universität, 1, Mozartstrasse, à Leipzig. — Allemand.

OFFRET (Albert), Professeur de Minéralogie théorique et appliquée à la Faculté des Sciences de l'Université, villa Sans-Souci, 53, chemin des Pins, à Lyon. — Français.

OHDATCHI (Gentaro), Mécanicien chef de la Marine japonaise, Suiko-sha, IV, Tsuki-ji, Tokio. — Japonais.

OLIVIER (Louis), Directeur de la *Revue générale des Sciences*, 22, rue du Général-Foy, à Paris. — Français.

OOSTING (H.-J.), Docteur en Mathématiques et Physique, Professeur à l'École Navale, Den Helder. — Hollandais.

OSMOND (F.), Ingénieur, 85, boulevard de Courcelles, à Paris. — Français.

OSSENDOWSKI (Ant.), Institut technique supérieur, Tomsk (Asie russe). — Russe.

OSSIPOF (J.), Professeur à l'Université, à Kharkoff (Russie). — Russe.

OUMOF (Nicolas), Professeur à l'Université de Moscou. — Russe.

OUSSAGUINE, Préparateur de Physique à l'Université de Moscou. — Russe.

PALMER (Albert DE FOREST), Associate-professor of Physics, Brown University, Providence, Rhode-Island (U. S. A.). — Américain.

PADOVA (Robert-Max), Licencié ès Sciences physiques, Étudiant au Polytechnikum de Zurich, 397, rue de Paradis, à Marseille. — Français.

PAILLOT, Chef des Travaux pratiques à la Faculté des Sciences, à Lille. — Français.

PAINLEVÉ (Paul), Membre de l'Institut, Maître de Conférences à l'École Normale supérieure, 9, cité Vaneau, à Paris. — Français.

PATTE, ancien élève de l'École Normale supérieure, Professeur de Physique au Collège de Vitry-le-François. — Français.

PARRA-MANTOIS, Maître de verrerie, 26, rue Le Brun, à Paris. — Français.

PAUL (Robert-William), Electrician, Manufacturer of scientific Instruments, 44, Hatton Garden, à Londres. — Anglais.

PAULSEN (Adam), Directeur de l'Institut météorologique, à Copenhague. — Danois.

MM.

- PAYRARD**, Censeur des Études au Lycée de Bourges. — Français.
- PECHARD**, Chargé de Cours à la Faculté des Sciences, 84, rue Bonaparte, à Paris. — Français.
- PECHINEY**, Manufacturier, à Salindres (Gard). — Français.
- PECKHAM**, Adelphi College, Borough of Brooklyn, à New-York. — Américain.
- PELLAT (H.)**, Professeur à la Faculté des Sciences, 23, avenue de l'Observatoire, à Paris. — Français.
- PELLETIER (Maurice)**, Ingénieur au Service du Matériel et de la Traction aux Chemins de fer de l'Est, 62, rue du Rocher, à Paris. — Français.
- PELLIN (Ph.)**, Ingénieur des Arts et Manufactures, Constructeur d'instruments d'Optique et de précision, 21, rue de l'Odéon, à Paris. — Français.
- PÉQUIGNOT (M^{lle} Marie-Adèle)**, Professeur de Sciences, École Normale d'Institutrices de Beauvais. — Française.
- PERNET (Jean)**, Docteur ès Sciences, Professeur de Physique à l'École Polytechnique fédérale, 68, Gloriastrasse, à Zurich. — Suisse.
- PEROT (A.)**, Professeur à la Faculté des Sciences, à Marseille. — Français.
- PEROUX (Étienne)**, Capitaine d'infanterie de Marine retraité, 11, rue des Canus, à Maisons-Laffitte. — Français.
- PERREAU (François)**, Maître de Conférences de Physique à l'Université, 9, rue Sigisbert-Adam, à Nancy. — Français.
- PERRET (David)**, Colonel, à Neuchâtel (Suisse). — Suisse.
- PERRIER (Georges)**, Lieutenant d'artillerie, État-major de l'Armée (Service géographique), 105, rue de Grenelle, à Paris. — Français.
- PERRIN (Jean)**, Chargé de Cours à la Sorbonne, 9, rue Rataud, à Paris. — Français.
- PERRIN (Paul)**, Ingénieur de la Maison Richard, 25, rue Mélingue, à Paris. — Français.
- PETIT (Louis)**, 44, rue du Lycée, à Sceaux. — Français.
- PETIT (Charles)**, 18, rue Saint-Géry, à Cambrai. — Français.
- PETITEAU (Marcel)**, Professeur au Lycée, 13, rue de Cherbourg, à Nantes. — Français.
- PFAUNDLER (L.)**, Professeur de Physique à l'Université de Graz, Membre de l'Acad. imp. de Vienne, à Graz. — Autrichien.
- PHILIPPE (A.)**, Professeur au Lycée, 5, rue de l'Abattoir, à Bourges. — Français.
- PHYSIKALISCH-TECHNISCHE REICHSANSTALT**, March Str., 25, Charlottenburg.
- PICTET (Raoul)**, Professeur à l'Université de Genève, 113 East, 62th Street, à New-York. — Suisse.

MM.

- PIERUCCI (Francesco)**, Professeur de Physique au Lycée de Pistoia (Italie). — Italien.
- PILLEUX (Ludovic)**, Ingénieur électricien, 79, rue Claude-Bernard, à Paris. Français.
- PILLOT (Arthur)**, Professeur au Lycée, à Charleville (Ardennes). — Français.
- PINET (Maurice)**, 10, rue Clément-Marot, à Paris. — Français.
- PILTCHIKOF (N.)**, Professeur à l'Université, à Odessa. — Russe.
- PIRANI (Émile)**, Docteur ès Sciences, Ingénieur principal à la Société alsacienne de Constructions mécaniques, 7, rue Drouot, à Paris. — Français.
- PIROT (l'Abbé)**, Professeur à l'Institution Sainte-Marie, à Bourges. — Français.
- PICOU (R.-V.)**, Ingénieur en chef des Services électriques de l'Exposition universelle, 41, rue Saint-Ferdinand, à Paris. — Français.
- PLANCK (Dr Max)**, Professeur à l'Université, 1, Achenbachstrasse, à Berlin W. — Allemand.
- PLUYETTE (Georges)**, Ingénieur en Chef du Génie maritime, Ingénieur de l'escadre du Nord, à bord du *Masséna*, Escadre du Nord, à Brest. — Français.
- POCHETTINO (Alfredo)**, Assistant à l'Université, Istituto fisico, via Panisperna, à Rome. — Italien.
- POINCARÉ (A.)**, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, 14, rue du Regard, à Paris. — Français.
- POINCARÉ (Henri)**, Membre de l'Institut, 63, rue Claude-Bernard, à Paris. — Français.
- POINCARÉ (Lucien)**, Recteur de l'Académie de Chambéry. — Français.
- POINSOT (Paul-Hippolyte)**, Président, Directeur, Professeur honoraire de l'École dentaire de Paris, 184, rue de Rivoli, à Paris. — Français.
- POLLAK (Charles)**, Ingénieur, 17, rue du Lycée, à Secaux. — Polonais.
- POMEY (J.-B.)**, Ingénieur des Télégraphes, 33, rue de Coulmiers, à Paris. — Français.
- PONSOT (Auguste)**, Docteur ès Sciences, Professeur au Lycée Janson-de-Sailly, 26, rue Gustave-Courbet, à Paris. — Français.
- POPOF (A.)**, Professeur à l'École des Officiers torpilleurs de la Marine, à Cronstadt. — Russe.
- POTIER (A.)**, Membre de l'Institut, 89, boulevard Saint-Michel, à Paris. — Français.
- POUGET (G.)**, Professeur de Physique, 95, rue de Sèvres, à Paris. — Français.
- POYNTING (J.-H.)**, F. R. S., Mason College, à Birmingham (Angleterre). — Anglais.
- PRALON**, Délégué général du Conseil d'administration de la Société des Hauts-Fourneaux, Forges, Aciéries de Denain et d'Anzin, rue Mogador prolongée, à Paris. — Français.

MM.

PRÉAUBERT (Ernest), Professeur de Physique au Lycée, 13, rue Proust, à Angers. — Français.

PRESTON (S. Tolver), D^r phil., Stellingher Chaussée, Lokstedt, près Hambourg. — Anglais.

PRETORIANO (Marin), Professeur à l'École militaire, à Craïova (Roumanie). — Roumain.

PRIEUR, Industriel, 10, rue Collange, à Levallois-Perret. — Français.

PRINGSHEIM (E.), Professeur à l'Université de Berlin, Flensburgerstrasse, 14, à Berlin. — Allemand.

PULFRICH, Collaborateur de la maison Zeiss, 2, Botzstrasse, à Iéna. — Allemand.

RADIGUET (A.-H.), Constructeur d'Instruments pour les Sciences, 13 et 15, boulevard des Filles-du-Calvaire, à Paris. — Français.

RAPS (Auguste), Professeur, Directeur de la Maison Siemens et Halske, 94, Markgrafenstrasse, à Berlin S. W. — Allemand.

RATEAU (Auguste), Ingénieur des Mines, 105, quai d'Orsay, à Paris. — Français.

RAU (Louis), 7, rue Montchanin, à Paris. — Français.

RAVEAU (C.), Préparateur à la Faculté des Sciences, 5, rue des Écoles, à Paris. — Français.

RAVEROT (Émile), 15, rue de Madrid, à Paris. — Français.

REED (John O.) Junior-Professor of Physics, University of Michigan, Ann Arbor (U. S. A.). — Américain.

REGGIANI (Napoleone), Directeur du Laboratoire central métrique d'Italie, à Rome. — Italien.

RENARD (le Colonel), Directeur de l'établissement d'Aérostation militaire, à Meudon (Seine-et-Oise). — Français.

RENAUD (Paul), Administrateur du *Mois scientifique et industriel*, 33, boulevard des Batignolles, à Paris, et 10, avenue Alphand, St-Mandé. — Français.

REVOY (Paul-François), Professeur agrégé de Physique au Lycée de Limoges, 29, avenue des Bénédictins, à Limoges. — Français.

REY-PAILHADE (J. DE), Ingénieur civil des Mines, 18, rue Saint-Jacques, à Toulouse. — Français.

RICHARD (Jules), Ingénieur-Constructeur, 25, rue Mélingue, à Paris. — Français.

RICHARZ (Franz), Professeur, Physikalisches Institut der Universität, Marburg. — Allemand.

RICHET (Charles), Professeur à la Faculté de Médecine, 15, rue de l'Université, à Paris. — Français.

MM.

- RIECKE (E.)**, Professeur à l'Université, 22, Buhlstrasse, à Göttingen (Délégué de la Société royale de Göttingen). — Allemand.
- RIGHI (Auguste)**, Professeur de Physique à l'Université royale, à Bologne (Italie). — Italien.
- RIGOLLOT (Henri)**, Chargé du cours de Physique industrielle à l'Université de Lyon, 43, chemin des Grandes-Terres, à Lyon (Saint-Just). — Français.
- RIVIÈRE (Charles)**, Professeur au Lycée Saint-Louis, 123, boulevard du Montparnasse, à Paris. — Français.
- ROBELUS (A.-H.)**, Répétiteur bibliothécaire à l'École du Génie civil, 46, rue Guillaume-Tell, à Gand. — Belge.
- ROBERTS-AUSTEN (Sir William)**, F. R. S., Directeur des essais à la Monnaie, the Royal Mint, à Londres. — Anglais.
- ROBERT (Alexandre)**, Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur conseil de l'Institut Pasteur, 14, rue de Hambourg, à Paris. — Français.
- ROCHEFORT (Octave)**, Ingénieur-Électricien, 4, rue Capron, à Paris. — Français.
- ROGÉ (Xavier)**, Président honoraire de la Chambre de Commerce de Nancy, Administrateur-Directeur de la Société anonyme des Hauts Fourneaux et Fonderies de Pont-à-Mousson. — Français.
- ROGOWSKI (Eugène)**, Professeur de Physique au 9^e Lycée, Wassiliewski Ostr. 14 ligne, n° 23, log. 12, à Saint-Petersbourg. — Russe.
- ROITI (Antonio)**, Professeur de Physique à l'Institut royal des Études supérieures de Florence, Président de la Société de Physique italienne, 3, via Gino-Capponi, à Florence. — Italien.
- ROLLET (Paul)**, Professeur de Mathématiques à l'École nationale des Arts et Métiers de Châlons-sur-Marne, 4, rue Paul-Lelong, à Paris. — Français.
- ROMILLY (Félix DE)**, 25, avenue Montaigne, à Paris. — Français.
- ROMILLY (Worms DE)**, Inspecteur général des Mines, 7, rue Balzac, à Paris. — Français.
- ROTÉ (Edmond)**, Agrégé des Sciences physiques, Préparateur à la Sorbonne. — Français.
- ROUBAULT**, Professeur au Lycée, à Angoulême. — Français.
- ROUBAULT (Édouard)**, Professeur de Physique au Collège, à Sedan. — Français.
- ROUSSEAU (Ernest)**, Professeur à l'Université, 20, rue Vautier, à Bruxelles. — Belge.
- ROUX (Gaston-Henri-Charles)**, Ingénieur-Conseil, Directeur du Bureau de contrôle des Installations électriques, 12, rue Hippolyte-Lebas, à Paris. — Français.

C. P., IV.

11

MM.

RUBENS (Heinrich), Dr phil., Professeur de Physique à l'École technique supérieure, 29, Knesebeckstrasse, à Charlottenbourg. — Allemand.

RÜCKER (Arthur-W.), Professeur, Secr. R. S., 19, Gledhow Gardens, South Kensington, à Londres (Délégué de la Société Royale de Londres). — Anglais.

RÜCKER (Herrmann von), Docteur ès Sciences, 10, avenue Mac-Mahon, à Paris. — Allemand.

RUNGE (Carl), Professeur à l'École technique supérieure, Hanovre. — Allemand.

RYDBERG (J.-R.), Professeur à l'Université de Lund (Suède). — Suédois.

RYKATCHEF (le Général M.), Directeur de l'Observatoire physique central Nicolas, Membre de l'Académie Impériale des Sciences, Observatoire central Nicolas, Ostrow, 23, ligne n° 2, à Saint-Petersbourg (Délégué de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Petersbourg). — Russe.

SABATIER (Armand), Doyen de la Faculté des Sciences, à Montpellier. — Français.

SABOURET (Eugène), Professeur à l'École Normale d'instituteurs, à Quimper (Finistère). — Français.

SACERDOTE (Paul), Docteur ès Sciences, 97, boulevard Saint-Michel, à Paris. — Français.

SACQUET, Ingénieur électricien, 39, rue des Vignes, à Paris. — Français.

SAGNAC (Georges), Agrégé de l'Université, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Lille, 26, rue Gay-Lussac, à Paris. — Français.

SAÏD (Dj. Mehmed), Ingénieur, Attaché technique à l'Ambassade de Turquie, 106, boulevard Arago, à Paris. — Turc.

SAINTE-CLAIRE DEVILLE (Henri-Félix), Administrateur délégué de la Société des Salines de l'Est, 19, rue de Téhéran, à Paris. — Français.

SALVIONI (Enrico), Professeur à l'Université Royale, Messine. — Italien.

SANDOZ (Albert), Préparateur de Travaux pratiques de Physique à la Faculté de Médecine, 11, rue Rataud, à Paris. — Français.

SANTAIS (l'Abbé), Professeur, à Yvetot. — Français.

SANTERRE, 5, quai Malaquais, à Paris. — Français.

SARASIN, Docteur ès Sciences, Grand-Saconnex, près Genève (Délégué de la Société de Physique de Genève). — Suisse.

SARRAN (Émile), Professeur de Physique au Lycée de Bordeaux, 79, rue Saint-Genès, à Bordeaux. — Français.

SARRAU (É.), Membre de l'Institut, Directeur des Poudres et Salpêtres, Professeur à l'École Polytechnique, 12, quai Henri IV, à Paris. — Français.

SARTIAUX (Eugène), Ingénieur au Chemin de fer du Nord, 48, rue de Dunquerque, à Paris. — Français.

MM.

- SAUNDERS** (Rev. **S. T. H.**), Chief Mathematical and Science Master of Merchant Taylors School, 44, Christ Church Avenue, Londres N. W. — Anglais.
- SAUSSINE** (**G.**), Professeur au Lycée de la Martinique. — Français.
- SAUTTER-HARLÉ** (**MM.**), Ingénieurs, 26, avenue de Suffren, à Paris. — Français.
- SAUVAGE** (**E.**), Chef du Bureau du Câble télégraphique, Thuanan (Annam).
- SAUVEROCHE** (**Lucien**), 95, rue des Pyrénées, à Tarbes. — Français.
- SCARPA** (**O.**), 9, via Saluzzo, à Turin (Italie). — Italien.
- SHARP** (**Clayton Halsey**), Ph. D., Cornell University, Ithaca, N. Y. (U. S. A.). — Américain.
- SCHAFFERS** (**Victor**), Docteur ès Sciences physiques et mathématiques, au Collège des Jésuites, à Louvain (Belgique). — Belge.
- SCHERING** (**Dr Karl**), Professeur de Physique à l'École Polytechnique, 85, Saalbaustrasse, à Darmstadt. — Allemand.
- SCHOULTZ** (**Max DE**), Lieutenant de la Marine russe, 23, rue Possadskaja, à Cronstadt. — Russe.
- SCHRIBAU** (**Paul-Albert**), Professeur de Physique au Lycée d'Alger. — Français.
- SCHWEDOFF** (**Théodore**), Professeur de Physique, Recteur de l'Université, Odessa (Russie). — Russe.
- SEBERT** (le Général), Membre de l'Institut, 14, rue Brémontier, à Paris. — Français.
- SEGUIN** (**Léon-Élie**), Directeur de la Compagnie du gaz du Mans, 2, rue Franklin, au Mans. — Français.
- SÉGUIN**, Recteur honoraire, 27, rue Chaptal, à Paris. — Français.
- SEHERR-THOSS** (Baron **Manfred DE**), 16, Hohenzollernstrasse, Berlin. — Allemand.
- SELBY** (**George William**), Electrical Engineer, 99, Queen Street, Melbourne. Anglais.
- SELLA** (**Alfonso**), Professeur à l'Université royale, Istituto fisico, Via Panisperna, Rome. — Italien.
- SENGEISEN** (**Jean**), Ingénieur, 33, avenue Bosquet, à Paris. — Français.
- SENTIS** (**Henri**), Professeur de Physique au Lycée de Grenoble, 17, boulevard de Bonne, Grenoble. — Français.
- SERRES** (**Louis**), Professeur de Physique et de Chimie à l'École J.-B. Say, 118, rue de la Pompe, à Paris. — Français.
- SHORTER** (**Lewis-R.**), 55, Campden Hill Road, Kensington, à Londres. W. — Anglais.
- SIDGREAVES** (**Walter**), F. R. A. S., Director of the College Observatory, Professor of Physics, Stonyhurst College, Blackburn (Angleterre). — Anglais.

MM.

- SIEGLER (Ernest)**, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 48, rue Saint-Lazare, à Paris. — Français.
- SIEVEKING (Hermann)**, Assistant am physikal Inst. der technischen Hochschule, 91, Kriegsstrasse, Karlsruhe. — Allemand.
- SIGALAS (Dr G.)**, Professeur agrégé à la Faculté de Médecine, 67, rue de la Teste, à Bordeaux. — Français.
- SIMON (F.)**, Capitaine du Génie, 24, rue Carnot, à Fontainebleau. — Français.
- SIMON (Dr Hermann-Th.)**, Professeur de Physique, Directeur de la Physikalische Zeitschrift, 7, Rosdorferweg, Göttingen. — Allemand.
- SISSINGH (Dr R.)**, Professeur de Physique à l'Université, 79, Oosterpark, à Amsterdam. — Hollandais.
- SKLAREK (Dr Wilhelm)**, Professor, 7, Landgrafenstrasse, à Berlin W. — Allemand.
- SMITH (Francis)**, Professor of natural Philosophy, University, Charlottesville, Virginia (U. S. A.). — Américain.
- SMITH (Oberlin)**, President Ferracute Machine Co, Bridgeton, N. J. (U. S. A.). — Américain.
- SMOLUCHOWSKI (Maryan)**, Docteur ès Sciences, Professeur à l'Université, 8, Dlugosza, Lemberg (Autriche). — Autrichien.
- SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE**, à Saint-Étienne (Loire).
- SOISSON (Guillaume)**, Professeur à l'École industrielle et commerciale, rue Joseph II, Luxembourg (Grand-Duché). — Luxembourgeois.
- SOKOLOF (Alexis)**, Professeur de Physique à l'Université, Moscou. — Russe.
- SORET (Charles)**, Professeur honoraire à l'Université, 8, rue Beauregard, Genève (Délégué de la Société de Physique de Genève). — Suisse.
- SOYER (Auguste)**, Professeur de Physique au Collège, à Bourgoin (Isère). — Français.
- SPARRE (Comte Magnus de)**, Professeur de Mécanique rationnelle aux Facultés catholiques de Lyon, Château de Vallière, à Saint-Georges de Reneins (Rhône). — Français.
- SPERINDEO (Gennaro)**, Docteur ès Sciences physiques et mathématiques, 30^A, via Nilo, Naples. — Italien.
- SPRING (Waltère-Victor)**, Professeur à l'Université, 38, rue Beckmann, à Liège (Délégué de l'Académie royale de Belgique). — Belge.
- STAMPA (Manuel)**, 7, rue Alfred-de-Vigny, à Paris (Représentant officiel du Mexique). — Mexicain.
- STANOIEVITCH**, Professeur à la Faculté des Sciences, à Belgrade (Serbie). — Serbe.
- STANSFIELD (Herbert)**, B.Sc., à Whalley-Blackburn (Angleterre). — Anglais.

MM.

- STARLING (Sydney-G.)**, Lecturer in Physics and Mathematics, Municipal technical Institute, West Ham, à Londres. — Anglais.
- STCHEGLAYEF (Voldemar)** Professeur de Physique à l'École technique supérieure, à Moscou. — Russe.
- STEINER (Édouard)**, Chimiste, 16, avenue Trudaine, à Paris (Délégué de la Société industrielle de Mulhouse).
- STEINMANN (Émile)**, Docteur ès Sciences, Privat-docent à l'Université de Genève. — Suisse.
- STEWART (John-Joseph)**, M. A. (Cantab.), B. Sc., London, 53, Caerau Road, à Newport, Monmouthshire (Angleterre). — Anglais.
- STONE (M^{lle} Isabelle)**, Vassar College, Poughkeepsie, N.-Y. — Américaine.
- STRACCIATI (Enrico)**, Professeur à l'Institut royal technique, piazza S. Pietro in Vincoli, à Rome. — Italien.
- STROUHAL (Vincent)**, Professeur à l'Université de Bohême, Clementinum, à Prague. — Autrichien.
- SWYNGEDAUF (René-Aimé)**, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences, 85, rue Jeanne-d'Arc, à Lille. — Français.
- SZARVADY (Géza)**, Répétiteur du Cours d'Électricité à l'École Centrale, 21, rue du Mont-Thabor, à Paris. — Français.
- TABOURY (Pierre-Alfred)**, Ingénieur électricien, à Aix-sur-Vienne (Haute-Vienne). — Français.
- TAILLEFER**, ancien élève de l'École Polytechnique, Avocat à la Cour de Paris, 5, rue Bonaparte, à Paris. — Français.
- TANGL (Charles)**, Docteur ès Sciences physiques, Directeur du Bureau des poids et mesures, 3, Eszterhazy-Uteza, Budapest (Hongrie). — Hongrois.
- TAPIÉ**, Préparateur de Physique au Lycée, 7, rue Blanche, à Nantes. — Français.
- TCHEHOVITCH (Charles)**, Inspecteur d'arrondissement scolaire et Vice-Président de la Société géographique, Orenbourg (Russie). — Russe.
- TCHISTOVITCH (DE)**, Manufacture des papiers d'État, 144, quai de Fontanka, à Saint-Petersbourg. — Russe.
- TEISSERENC DE BORT (Léon)**, Directeur de l'Observatoire météorologique de Trappes, 82, avenue Marceau, à Paris. — Français.
- TEPELMANN (Bernard)**, Libraire-éditeur, à Brunswick. — Allemand.
- TERESCHINE (S.)**, Professeur de Physique à l'Académie impériale de médecine, 40, Nicolajevskaya, à Saint-Petersbourg. — Russe.
- TESLA (Nikola)**, 46-48, East Houston Street, à New-York (U. S. A.). — Autrichien.

MM.

THAN (Charles DE), Professeur de Chimie à l'Université, 4, boulevard du Musée, à Budapest. — Hongrois.

THIESEN (Dr Max), Professeur, Membre de la Reichsanstalt, à Charlottenbourg (Délégué de la Reichsanstalt). — Allemand.

THIRION (R. P. Julien), Professeur de Physique, 11, rue des Récollets, à Louvain. — Belge.

THOMSON (Elihu), Électricien, General Electric Co, Lynn, Mass. (U. S. A.). — Américain.

THOMSON (J.-J.), F. R. S., Professeur au Trinity College, à Cambridge (Angleterre). — Anglais.

THOUVENEL (Nicolas), Professeur, 9, rue des Arènes, à Paris. — Français.

TISSIER (Alexandre), Professeur de Physique au Lycée Voltaire, 1, rue de Mirbel, à Paris. — Français.

TOMBECK, Docteur ès Sciences, 8, square du Croisic, à Paris. — Français.

TORONTO (UNIVERSITY LIBRARY OF), Canada.

TOUANNE (de la), Ingénieur des Télégraphes, 8, rue de Tournon, à Paris. — Français.

TRAUBE (Dr J.) Professeur à l'École Polytechnique, 87, Bülowstrasse, à Berlin W. — Allemand.

TRESCA (Gustave), Ingénieur au Conservatoire des Arts et Métiers, 292, rue Saint-Martin, à Paris. — Français.

TREUVEY (l'abbé), 58, rue de Sèze, à Lyon. — Français.

TRIPPIER (Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, 17, rue Cavalotti, à Paris. — Français.

TRIPPE (Paul), Professeur de Physique au Collège de Blidah, 11, place du Revard, à Aix-les-Bains. — Français.

TSCHERNING (Dr Marius), Directeur adjoint du Laboratoire d'Ophtalmologie de la Sorbonne, 15, rue de Mézières, à Paris. — Français.

TURPAIN (Albert), Docteur ès Sciences, Professeur de Physique à la Faculté des Sciences de l'Université de Poitiers. — Français.

† **VACHER (Paul)**, 45, rue de Sèvres, à Paris. — Français.

VALLOT (Joseph), Ingénieur civil, 114, avenue des Champs-Élysées, à Paris. — Français.

VALLOT (Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, 2, place des Perchamps, à Paris. — Français.

VAMOS, Professeur à l'École supérieure de l'Industrie, Budapest. — Hongrois.

VAN DER MENSBRUGGHE (G.), Professeur à l'Université, Gand (Délégué de l'Académie royale de Belgique). — Belge.

MM.

- VAN DER WAALS (J.-D.)**, Professeur à l'Université, 177, P. C. Hooftstraat, à Amsterdam. — Hollandais.
- VANDEVYVER-GRAU**, Docteur ès Sciences, Répétiteur à l'Université, 14, rue Saint-Amand, à Gand. — Belge.
- VAUTIER**, Professeur adjoint à la Faculté des Sciences, 30, quai Saint-Antoine, à Lyon. — Français.
- VEILLON (Henri)**, Docteur ès Sciences, Privatdocent à l'Université, 27, Eulerstrasse, à Bâle. — Suisse.
- VELTER (Jules)**, Ingénieur, Constructeur d'instruments de précision, 42, rue des Fourneaux, à Paris. — Français.
- VERNIER (Jean-François)**, Licencié ès Sciences mathématiques et physiques, Répétiteur général au Lycée Louis-le-Grand, Lycée Louis-le-Grand, à Paris. — Français.
- VERNIER (Victor)**, Professeur au Lycée, 44, rue Berlier, à Dijon. — Français.
- VERY (Hector)**, Ingénieur-Électricien, 40, boulevard de Strasbourg, à Paris. — Français.
- VIAL (Jules)**, Ingénieur E. C. P., Constructeur d'instruments d'optique, 55, rue Caulaincourt, à Paris. — Français.
- VICENTINI (Giuseppe)**, Directeur de l'Institut de Physique de l'Université, à Padoue. — Italien.
- VIEILLE (Paul)**, Ingénieur en chef des Poudres et Salpêtres, 12, quai Henri IV, à Paris. — Français.
- VIGOUROUX (Dr)**, Médecin de l'Institut municipal d'Électrothérapie à la Salpêtrière, 22, rue Notre-Dame-de-Lorette, à Paris. — Français.
- VILLARD (Paul)**, Docteur ès Sciences, 45, rue d'Ulm, à Paris. — Français.
- VILLARI (Emilio)**, Professeur à l'Université, Istituto Fisico, Reale Università, Naples. — Italien.
- VINCENT (Georges-Jean)**, Agrégé préparateur à l'École Normale supérieure, 8, rue de l'Abbé-de-l'Épée, à Paris. — Français.
- VIOLET (L.)**, Ingénieur, 20, rue Delambre, à Paris. — Français.
- VIOLLE**, Membre de l'Institut, 89, boulevard Saint-Michel, à Paris (Délégué du Ministère de l'Instruction publique). — Français.
- VOIGT (Auguste)**, Professeur honoraire du Lycée de Lyon, à Geanges, par Saint-Loup-de-la Salle (Saône-et-Loire). — Français.
- VOIGT (Woldemar)**, Professeur de Physique à l'Université, à Göttingen (Délégué de la Société royale de Göttingen). — Allemand.
- VOLLER (Dr A.)**, Professeur et Directeur du laboratoire de Physique de la Ville libre de Hambourg. — Allemand.

MM.

VOLLGRAFF (Johan-Adriaan), Candidat en Sciences physiques et mathématiques, 46, rue d'Arlon, à Bruxelles. — Hollandais.

VOLTERRA (Vito), 17, Via in Lucina, à Rome (Délégué de l'Académie royale des Sciences de Turin). — Italien.

WAHA (DE), Professeur de Physique à l'Athénée, Luxembourg (Grand-Duché). — Luxembourgeois.

WALCKENAER (Charles), Ingénieur en chef des Mines, Professeur à l'École des Ponts et Chaussées, 218, boulevard Saint-Germain, à Paris. — Français.

WALLON, Professeur au Lycée Janson-de-Sailly, 65, rue de Prony, à Paris. — Français.

WALMSLEY (Mullineux-Robert), Docteur ès Sciences, Professeur de Physique appliquée, Northampton Institute, Londres E. C. — Anglais.

WARBURG (Émile), Professeur à l'Université, 16, Neue Wilhelmstrasse, à Berlin N.-W. (Délégué de la Société de Physique allemande). — Allemand.

WATTEVILLE (Baron DE), 96, avenue Victor-Hugo, à Paris. — Suisse.

WEBSTER (Arthur-Gordon), Professeur de Physique, Clark University, Worcester, Mass. (U.-S.-A.) (Délégué de la Société de Physique américaine). — Américain.

WEINBERG (Boris), Privatdocent de Physique, Université d'Odessa. — Russe.

WEISS (Georges), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Docteur en Médecine, Agrégé de Physique à la Faculté de Médecine, 20, avenue Jules-Janin, à Paris. — Français.

WEISS (Pierre), Maître de Conférences à l'Université de Lyon, 35, cours d'Herbouville, à Lyon. — Français.

WERTH (Jean), Directeur des Services techniques de la Société des Hauts Fourneaux, Forges et Aciéries de Denain et d'Anzin, à Denain (Nord). — Français.

WESENDONCK (Karl von), Dr phil., Privatdocent à l'Université, 21, in den Zelten, à Berlin. — Allemand.

WEST (Émile), Chef du Laboratoire du Chemin de fer de l'Ouest, 29, rue Jacques-Dulud, à Neuilly-sur-Seine (Délégué de la Compagnie de l'Ouest). — Français.

WIEN (Max), Professeur, 21, Monbeims Allée, à Aix-la-Chapelle. — Allemand.

WIEN (Willy), Professeur à l'Université, à Würzburg-sur-Mein (Bavière). — Allemand.

WILLOT (Joseph), Inspecteur général des Postes et Télégraphes, 4, avenue Voltaire, à Maisons-Laffite (Seine-et-Oise). — Français.

WIND (C.-H.), Lecteur à l'Université, à Groningue (Hollande). — Hollandais.

MM.

WITKOWSKI, Professeur de Physique à l'Université de Cracovie (Autriche), au Laboratoire de Physique de l'Université (Délégué du Ministère de l'Instruction publique d'Autriche). — Polonais.

† **WUNSCHENDORFF**, Inspecteur général des Postes et Télégraphes, 92, rue de Rennes, à Paris. — Français.

WUILLEUMIER (Henri), Ingénieur, 22 bis, rue Chaptal, à Paris. — Français.

WOLFF (Edmond), Docteur en Médecine, Professeur à l'École préparatoire, rue Bernard-Palissy, à Tours. — Français.

WULF (Théodore), Collège de Saint-Ignace, Valkenburg (Hollande). — Allemand.

WITZ, Professeur à l'Université catholique, 29, rue d'Antin, à Lille. — Français.

† **XAMBEU (F.)** 12, rue du Hà, à Saintes. — Français.

YAMAGUCHI (Einosuke), Professeur à l'Université impériale de Kyôto. — Japonais.

YARKOWSKI (Jean), Datjkof, Gouvernement d'Orel. — Russe.

YARKOWSKI (Wladislas), Ingénieur-Technologue, Institut technologique de l'Empereur Nicolas I^{er}, à Saint-Petersbourg. — Russe.

YVON (P.), Pharmacien, 26, avenue de l'Observatoire, à Paris. — Français.

ZABOUDSKI (Colonel Grégoire), Professeur à l'Académie d'artillerie de Saint-Petersbourg, Membre du Comité de l'Artillerie, à Saint-Petersbourg. — Russe.

ZAKRZEWSKI (Ignacy), Professeur de Physique à l'Université, 1, rue Dlugosz, à Lemberg (Autriche). — Autrichien.

ZEEMAN (Pieter), Professeur à l'Université, 11, Wetering Plantsoen, à Amsterdam. — Hollandais.

ZEISSIG (Conrad), Professeur à l'École Polytechnique, 71, Servinstrasse, Darmstadt. — Allemand.

ZILOF (Pierre), Professeur à l'Université, à Varsovie. — Russe.

ZINGER (Alexandre), École du Commerce Alexandre, rue Basbannaïa, à Moscou. — Russe.

FIN DU TOME QUATRIÈME.

ERRATA.

Tome II, p. 405, ligne 13.

Au lieu de : la quantité d'électricité qui le traverse pendant l'unité de temps,

Lire : l'unité de quantité d'électricité qui le traverse.

Tome IV, p. 90 et 91, figures 1, 2, 3, 4.

Au lieu de : A, B.

Lire : figure 1 : $f = 0,0239$; $k = 0,0159$.

figure 2 : $f = 0,0227$; $k = 0,0148$.

figure 3 : $f = 0,0259$; $k = 0,0203$.

figure 4 : $f = 0,0359$; $k = 0,0213$.



TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
ORGANISATION DU CONGRÈS.....	1
PROCÈS-VERBAUX.....	3
Séance générale d'ouverture.....	5
Séances des sections.....	12
Première section : Questions générales, unités et mesures.....	12
Deuxième section : Physique moléculaire.....	18
Troisième section : Optique et Thermodynamique.....	26
Quatrième section : Électricité et Magnétisme.....	31
Cinquième section : Magnéto-optique, etc.....	36
Sixième section : Physique cosmique.....	41
Septième section : Physique biologique.....	47
Conférences et visites.....	53
Séance générale de clôture.....	55
HOMMAGE A FRESNEL.....	59
ANNEXES.....	61
Rapport sur les conclusions prises par la Commission chargée de l'étude des propositions relatives aux unités physiques; par W. SPRING.....	61
Sur les avantages d'adopter des unités nouvelles; par J. DE REY-PAILHADE.	65
Remarques sur le Rapport de M. C.-V. Boys; par F. RICHARZ et O. KRIGAR- MENZEL.....	69
Sur la Photogalvanographie; par N. PILTSCHIKOFF.....	74
De la distinction que l'on doit établir entre la force électromotrice de con- tact et la différence de potentiel au contact; par H. PELLAT.....	77
Résistivité et fluidité; par G. GOURÉ DE VILLEMONTÉE.....	84
Méthodes galvanométriques de mesure des grandes résistances liquides; par D. NEGREANO.....	102
Sur l'état électrique d'un résonateur de Hertz en activité; par A. TURPAIN.	109
Remarques au sujet du Rapport de MM. Bichat et Swyngedauw; par E. WARBURG.....	117
Sur la capacité électrique du corps humain; par G. DE METZ.....	119
Note relative au Rapport sur l'échelle normale des températures; par P. CHAPPUIS.....	128
LISTE DES MEMBRES DU CONGRÈS.....	129
ERRATA.....	170

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES DU TOME IV.

28454 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.
