

L'EXPOSITION D'ÉLECTRICITÉ DE 1881

ORIGINE

Adolphe Cochery fut nommé le 1er mars 1878, au sein du **sous-secrétariat d'État aux Finances, directeur** du service des **Postes et Télégraphes**, fonction qui fut transformée en **ministère à part entière le 5 février 1879**. Il occupera ce poste dans huit gouvernements successifs jusqu'au 30 mars 1885.

Le directeur de cette exposition n'est autre que Cornélius Herz. Le journal "La Lumière électrique" entama une campagne en faveur de l'Exposition projetée, et contribua puissamment à amener son succès.

Au début, l'initiative privée devait se charger de tous les détails d'exécution et fournir les fonds nécessaires.



Dans ce but, le docteur Cornélius Herz avait provoqué la formation d'un comité, composé notamment de MM. Hébrard, sénateur, directeur du journal "le Temps"; Jules Bapst, directeur du "Journal des Débats"; baron Jacques de Reinach, Georges Berger, qui devint ensuite le commissaire général, et le docteur Cornélius Herz.

Ce comité élaborait le plan d'ensemble du projet d'Exposition internationale d'électricité, et il était tout disposé à se charger lui-même de son exécution. Ce projet, présenté au Gouvernement, ayant été très chaudement accueilli, par M. Varroy, alors ministre des Travaux publics, puis par son successeur, M. Sadi Carnot, fut adopté par le conseil des ministres. L'Exposition, après la mise à disposition du palais par l'État, est organisée sur des fonds privés. Les organisateurs s'assurèrent contre d'éventuelles pertes comme lors de l'Exposition universelle de 1867. Les bénéfices, quant à eux, seront versés au profit d'œuvres scientifiques d'intérêt public (Art. 3).

Le Gouvernement, jaloux de s'approprier cette création, demanda à se substituer à l'initiative privée, et à faire de l'Exposition d'électricité une entreprise de l'État. Soutenu par le ministre des travaux publics Sadi Carnot, le ministre des Postes et Télégraphes, **M. Cochery, fut chargé d'en diriger l'exécution ainsi que de former un Congrès international d'électriciens.**

RÈGLEMENT GÉNÉRAL

DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Article premier. — L'exposition internationale d'électricité, autorisée par décret du 23 octobre 1880, sera ouverte à Paris et dans le palais des Champs-Élysées, du 1^{er} août au 15 novembre 1881.

Art. 2. — Une commission, nommée par décret du 20 novembre 1880, et placée sous la présidence du ministre des postes et des télégraphes, sera consultée sur les mesures relatives à l'organisation générale de l'exposition internationale d'électricité.

Art. 3. — Les fonds nécessaires à l'organisation et au fonctionnement de l'exposition seront fournis au moyen des subventions que l'État pourrait accorder, et par une association de garantie dont les membres souscripteurs se sont interdit tout partage de bénéfices après remboursement de leurs versements avec intérêts de 4 %.

Lors de la liquidation des comptes de l'exposition, après défalcation des remboursements dus aux souscripteurs du capital de garantie, les bénéfices acquis seront laissés à la disposition de l'État, qui, sur les propositions de la commission d'organisation, en fera profiter des œuvres scientifiques d'intérêt public.

Art. 4. — Un comité technique et un comité des finances seront constitués. Le comité technique sera composé de membres de la commission d'organisation, auxquels un arrêté ministériel pourra adjoindre des personnes étrangères à cette commission. Le comité des finances sera composé de membres de la commission d'organisation et de membres de l'association de garantie.

Art. 5. — Le commissaire général, nommé par décret du 24 octobre 1880, est chargé d'exécuter, sous la haute autorité du ministre des postes et des télégraphes, les décisions prises. Le commissaire général a la direction du personnel administratif.

Art. 6. — Le commissaire général, ou en son absence, le secrétaire du commissariat général, assiste de droit aux séances de la commission d'organisation et des comités, avec voix consultative.

Art. 7. — Les pays étrangers qui auront adhéré à l'exposition internationale d'électricité seront invités à désigner des commissaires spéciaux. Ces derniers correspondront directement avec le commissaire général français.

ADMISSION. — CLASSIFICATION

Art. 8. — Les demandes d'admission étrangères et françaises, rédigées autant que possible suivant le modèle annexé au présent règlement, devront être parvenues au commissaire général à Paris, le 31 mars 1881, au plus tard.

Art. 9. — Le comité technique sera appelé à statuer en dernier ressort sur les demandes françaises d'admission.

Art. 10. — Le commissaire général notifiera, avant le 15 mai 1881, aux exposants, l'avis de leur admission ainsi que l'étendue et la localisation de l'espace accordé à chacun d'eux.

Art. 11. — Les commissaires étrangers auront la faculté de demander et de recevoir en bloc les espaces nécessaires aux installations de leurs nationaux. Les demandes cumulatives des commissaires étrangers devront être parvenues au commissaire général avant le 31 mars 1881. Les plans généraux d'installation des locaux accordés à la suite de ces demandes cumulatives devront être soumis à l'approbation du commissaire général.

Art. 12. — Les exposants étrangers appartenant à des pays qui n'auront pas nommé de commissaires spéciaux pourront correspondre directement avec le commissaire général français.

Art. 13. — Des formules imprimées de demandes d'admission sont tenues à la disposition des intéressés :

Au ministère des postes et des télégraphes, rue de Grenelle-Saint-Germain, 101 ;

Au siège du commissariat général, palais des Champs-Élysées, porte n° IV ;

Aux sièges des chambres de commerce et des sociétés savantes de Paris et des départements.

Art. 14. — Les principaux objets admis à être présentés sont compris dans l'énumération suivante :

Appareils servant à la production et à la transmission de l'électricité.

Aimants naturels et artificiels. — Boussoles.

Appareils servant à l'étude de l'électricité.

Applications de l'électricité : à la télégraphie et à la transmission des sons ; — à la production de la chaleur ; — à l'éclairage et à la production de la lumière ; — au service des phares et des signaux ; — aux appareils avertisseurs ; — aux mines, aux chemins de fer, à la navigation ; — à l'art militaire ; — aux beaux-arts ; — à la galvanoplastie, à l'électrochimie et aux arts chimiques ; — à la production et à la transmission de la force motrice ; — aux arts mécaniques et à l'horlogerie ; — à la médecine et à la chirurgie ; — à l'astronomie, à la météorologie et à la géodésie ; — à l'agriculture ; — aux appareils enregistreurs ; — au fonctionnement des appareils industriels divers ; — aux usages domestiques.

Paratonnerres.

Collections rétrospectives d'appareils concernant les études primitives et applications les plus anciennes de l'électricité.

Collections bibliographiques d'ouvrages concernant la science et l'industrie électriques.

Art. 15. — Les objets admis à être exposés seront reçus dans l'enceinte du palais des Champs-Élysées, à partir du 1^{er} juillet 1881.

Les caisses contenant ces objets devront porter des adresses et des étiquettes spéciales fournies par le commissariat général.

INSTALLATION

Art. 16. — Les exposants n'auront aucun loyer à payer pour l'occupation des emplacements qui leur ont été attribués.

Art. 17. — L'administration prend à sa charge la mise en état et la décoration générale des locaux du palais des Champs-Élysées.

Les exposants devront pourvoir à leurs frais à l'installation et à la décoration de leurs emplacements respectifs. Les plans de ces installations et les dessins de ces décorations devront être soumis à l'approbation du commissaire général.

Art. 18. — La force motrice sera fournie, à prix débattu, aux exposants qui en feront la demande.

La force motrice pourra être fournie gratuitement pendant les expériences nécessaires aux travaux du congrès international des électriciens organisé par l'État, à l'époque de l'exposition.

ENTRÉES

Art. 19. — Les locaux de l'exposition seront ouverts au public tous les jours, de 8 heures et demie du matin à 6 heures du soir, et de 8 heures à 11 heures du soir.

Art. 20. — Des cartes d'entrée gratuites, permanentes et essentiellement personnelles, seront mises à la disposition des membres de la commission d'organisation, du comité technique et du comité des finances ; des membres de l'association de garantie ; des commissaires étrangers ; des membres du congrès international des électriciens ; des agents du commissariat général ; des exposants et des agents de ceux-ci dont la présence aura été reconnue indispensable.

Art. 21. — La perception des prix d'entrée, fixés ainsi qu'il est dit à l'article 22 ci-après, sera faite au moyen de billets d'entrée d'une valeur de 50 centimes chacun.

Art. 22. — Les prix ordinaires d'entrée sont fixés ainsi qu'il suit :

1 ° Pendant tous les jours de la semaine :

Matin, de 8 heures 1/2 à 11 heures.....1 50

Journée, de n heures du matin à 6 heures du soir, 1 »

Soir, de 8 heures à 11 heures. 1 50

2° Le Dimanche :

De 8 heures du matin à 6 heures du soir.....0 50

De 8 heures à 11 heures du soir.....1 »

POLICE ET SURVEILLANCE — ENTRETIEN

Art. 23. — Une surveillance rigoureuse contre le vol sera organisée par les agents du commissariat général, avec le concours de la police.

Les précautions les plus minutieuses seront prises contre le feu.

Toutefois, l'administration ne sera pas responsable des pertes occasionnées par le vol ou par l'incendie.

Art. 24. — Les objets exposés ne pourront être retirés avant la clôture de l'exposition sans l'autorisation spéciale du commissaire général.

Aucun objet exposé ne pourra être dessiné ou photographié sans l'autorisation écrite de l'exposant, visée par le commissaire général.

Art. 25. — Les exposants devront pourvoir par eux-mêmes à l'entretien et au nettoyage de leurs installations.

Art. 26. — Un local spécial sera mis à la disposition des exposants qui voudront faire le dépôt de leurs caisses vides, pendant toute la durée de l'exposition.

Les exposants auront à payer un droit de 6 francs par mètre cube.

Toute caisse d'un cubage inférieur à un mètre cube paiera le prix fixé pour 1 mètre.

Les frais de restauration et de remise en état des caisses vides seront à la charge des déposants.

Art. 27. — Les exposants français ou étrangers jouiront des garanties qu'assure la loi du 28 mai 1868 aux auteurs, soit des inventions susceptibles d'être brevetées, soit des modèles et dessins de fabrique qui pourront être déposés aux conseils des prud'hommes.

Il leur suffira de déposer à la préfecture de la Seine, dans le premier mois au plus tard de l'ouverture de l'exposition, une demande de certificat de garantie pour l'objet exposé.

Ce certificat, n'exigeant le paiement d'aucune taxe, sera valable à dater du jour de l'admission jusqu'à la fin du troisième mois qui suivra la clôture de l'exposition.

CATALOGUE. — RÉCOMPENSES

Art. 28. — Un catalogue général de l'exposition sera dressé par les soins du commissariat général et par voie d'entreprise et d'adjudication.

L'entrepreneur du catalogue général pourra s'entendre directement avec les exposants officiellement inscrits pour l'insertion des réclames, avis et vignettes concernant les objets de leur commerce ou de leur industrie.

Art. 29. — Des diplômes de mérite et des médailles de diverses classes seront accordées sur la proposition d'un jury dont la composition sera déterminée ultérieurement.

Art. 30. — Toutes les communications relatives à l'exposition internationale d'électricité doivent être envoyées affranchies, à l'adresse du commissaire général de l'exposition internationale d'électricité, au palais des Champs-Élysées, porte n° 4, à Paris.

RENSEIGNEMENTS DIVERS

Par décret en date du 24 octobre 1880, rendu sur la proposition du ministre des postes et des télégraphes, M. Georges Berger a été nommé commissaire général du Congrès international des électriciens et de l'Exposition internationale d'électricité.

Le ministère des postes et des télégraphes vient de publier la liste des membres français désignés pour faire partie du Congrès international des électriciens. Cette liste est composée comme suit :

Président : M. LE MINISTRE DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES .

MM. Vice-Présidents : Le Ministre de l'instruction publique et des beaux-arts . Le Ministre des travaux publics . Le Ministre de la guerre . MM. Membres : Le Ministre de la marine et des colonies . Le Ministre de l'agriculture et du commerce . Le général Frébault, sénateur. Paul Bert , député, professeur à la Faculté des sciences de Paris .

Lesguillier, député, directeur des chemins de fer de l'État. Becquerel (Ed .), membre de l'Institut, président de l'Académie des sciences . Berthelot, membre de l'Institut.

Bréguet (L.), membre de l'Institut . Cornu, membre de l'Institut. Daubrée, membre de l'Institut, inspecteur général des mines, directeur de l'École nationale des mines .

MM. Desains , membre de l'Institut. J.-B. Dumas , de l'Académie française, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences . Fizeau , membre de l'Institut. Jamin , membre de l'Institut. Lalande, membre de l'Institut, inspecteur général des ponts et chaussées, directeur de l'École nationale des ponts et chaussées. Hervé Mangon, membre de l'Institut, directeur du Conservatoire national des arts et métiers . Marey , membre de l'Institut, professeur au Collège de France, Du Moncel (le comte), membre de l'Institut. Perrier, lieutenant-colonel, membre de l'Institut. Wurtz, membre de l'Institut. Abria, doyen de la Faculté des sciences de Bordeaux. Allard , inspecteur général des ponts et chaussées,

directeur général du service central des phares . Baron, directeur au Ministère des postes et des télégraphes. Bergon , directeur au Ministère des postes et des télégraphes. Bertin -Mouro, sous-directeur de l'École normale. Blavier, directeur ingénieur des télégraphes, directeur de l'École supérieure de télégraphie. Boussac, inspecteur en chef du contrôle, au Ministère des postes et des télégraphes . Bouty , professeur au lycée Saint-Louis. Collignon, ingénieur en chef des ponts et chaussées, inspecteur de l'École nationale des ponts et chaussées. Crova, professeur de physique à la Faculté des sciences de Montpellier . Deprez (Marcel), électricien. Durand-Claye (Léon), ingénieur en chef des ponts et chaussées . Fontaine , ingénieur, président de la Chambre syndicale des électriciens . Garbe, chargé du cours de physique générale et de météorologie à l'École préparatoire à l'enseignement supérieur des sciences , à Alger. Guillobot de Nerville, inspecteur général des mines. Jablochkoff, ingénieur électricien. Jacqumin, directeur de la compagnie des chemins de fer de l'Est . Joubert, secrétaire général de la Société française de physique. Jouselin, inspecteur principal de l'exploitation des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée. Lartigue, directeur de la Société générale des téléphones . Leclère, capitaine d'artillerie. Le Roux, professeur de physique à l'École supérieure de pharmacie .

Lévy (Maurice), ingénieur en chef des ponts et chaussées , professeur suppléant au Collège de France . Lippmann, maître de conférences à la Faculté des sciences de Paris . Mangin , colonel du génie. Mascart, professeur au Collège de France, directeur du bureau central météorologique . Mathias, ingénieur en chef de l'exploitation du chemin de fer du Nord. Mathieu , capitaine de vaisseau. Mercadier, ingénieur des télégraphes, inspecteur des études de l'École supérieure de télégraphie. Mouton, maître de conférences à la Faculté des sciences de Paris . Neyreneuf, maître de conférences à la Faculté des sciences de Caen. Planté (Gaston), électricien. Potier, professeur à l'École des mines et à l'École polytechnique. Raynaud, ingénieur des télégraphes . Reboul , doyen de la Faculté des sciences de Marseille. Regnault, inspecteur principal honoraire du mouvement à la compagnie du chemin de l'Ouest. Richard, directeur-ingénieur des télégraphes . Le général baron de Saint-Cyr-Nugues, président de la commission de télégraphie militaire.

Sebert, lieutenant-colonel d'artillerie de marine. Sévène, ingénieur en chef des ponts et chaussées, directeur de la compagnie des chemins de fer d'Orléans. Terquem , professeur à la Faculté des sciences de Lille. Violle, professeur à la Faculté des sciences de Lyon . Wolf, astronome titulaire de l'Observatoire de Paris .

Le comité chargé de l'organisation des conférences pendant la durée de l'exposition se compose de MM. Allard, Armengaud, Edmond Becquerel , docteur Bert, Blavier, Antoine Bréguet, Clérac, Fontaine et Hervé Mangon.

M. le commissaire général Berger a conçu tout un ensemble de dispositions dont il étudie le détail et dont il prépare l'exécution par d'actives démarches auprès des intéressés. Il y a tant de choses à énumérer, que nous sommes obligés de diviser.

Je ferai d'abord connaître divers projets qui montreront ce qu'on doit attendre comme curiosité de l'Exposition internationale d'électricité.

On se propose d'établir un chemin de fer électrique partant de la place de la Concorde, parcourant en viaduc la portion des Champs-Élysées qui mène au palais de l'Industrie, pénétrant dans ce monument et le traversant dans sa longueur pour aller aboutir à l'escalier d'honneur, à l'extrémité ouest de la grande nef. Ce chemin de fer passera en tunnel sous de grands arceaux supportant les phares électriques, de façon à former une décoration aussi grandiose qu'originale. Cette construction est décidée. M. le commissaire général s'est entendu, à cet égard, avec la ville de Paris, et avec la maison Siemens, qui a l'intention d'y dépenser de 200 à 280,000 fr.

Le rez-de-chaussée serait consacré aux grandes machines, etc., et l'on peut compter que la place y sera mesurée.

Dans les galeries du premier étage, pour ne parler que de ce point, voici quelques dispositions projetées et en voie d'exécution. On y montrera, en action, les applications de l'électricité à la vie usuelle et à la vie élégante. On y trouvera, par exemple : une antichambre, une cuisine, un office, munis des procédés d'appel, d'allumage, etc., que l'électricité fournit si bien. D'autre part, on entrera dans un salon d'apparat, meublé avec luxe, où l'on pourra étudier l'effet de la lumière électrique sur les décorations domestiques, et en même temps les formes diverses et élégantes que l'on peut donner aux appareils servant à distribuer cet éclairage. A cet effet, M. le commissaire général s'est adressé aux fabricants de meubles de luxe et de bronzes d'art, il leur a envoyé une circulaire et s'est assuré leur concours.

On installera aussi un théâtre muni de ses décors, manteau d'Arlequin, etc., dans lequel l'éclairage complet, rampe, herse, portants, sera fait par la lumière électrique. On pense ainsi étudier les diverses questions de distribution, graduation de la lumière.

Quant à l'éclairage général du palais, c'est une question spéciale sur laquelle nous reviendrons .

Il reste une question, celle de l'éclairage du palais lui-même. M. le commissaire général propose 600 foyers, pour lesquels il estime qu'il faudrait dépenser une force d'environ 800 chevaux-vapeur. Ces chiffres ont été très discutés dans la Commission; certains membres ont estimé que la force demandée était insuffisante, tandis que d'autres la trouvaient excessive. La question paraît, dans ces termes, incomplètement posée. Il faudrait savoir quelle intensité on veut donner à chaque foyer et aussi quelle nature de brûleur on veut employer. Pour arriver à une solution , M. le commissaire général vient d'adresser une circulaire aux divers possesseurs de systèmes d'éclairage électrique ainsi qu'aux constructeurs de machines à vapeur. Aussitôt que leur adhésion sera assurée, et qu'on saura dans quelle proportion chacun entend concourir à l'éclairage général, on pourra les réunir afin de discuter la répartition des lumières et la distribution de la force suivant les besoins de chacun.

M. le commissaire général, dans sa circulaire, insiste sur ce point qu'il ne peut être constitué de monopole d'éclairage ; ce. serait, en effet, inadmissible, l'Exposition devant, avant tout, être un lieu de comparaison donnant tous les documents nécessaires pour asseoir un jugement.

On s'est occupé d'abord de la lumière, et, comme on le voit, rien que par ces avant-projets, sa part sera des plus intéressantes. Les projets pour les autres applications électriques sont, pour le moment, moins précis; chaque chose a son tour; on peut dire, cependant, qu'il y aura une salle de jouets électriques et d'applications usuelles diverses.

Pour le téléphone. Tous les systèmes seront représentés; et le public pourra se rendre facilement compte de leur fonctionnement. Il y aura des installations modèles de centraux avec postes d'abonnés, et toutes les dispositions d'appel connues jusqu'ici. On pourra examiner l'établissement des lignes de communication faites soit au mc câbles, soit avec des fils spéciaux, en circuits simples et en circuits métalliques.

Un intéressant projet est en ce moment à l'étude, on se propose de placer au foyer acoustique de l'Opéra, un système transmetteur qui permettra d'entendre, au palais de l'Industrie, la musique exécutée dans ce théâtre. M. Garnier a bien voulu promettre de concourir à cette installation qui sera bien curieuse. Mais ce qui offrira le plus grand intérêt scientifique et pratique en téléphonie, c'est d'écouter la transmission de la parole sur une ligne télégraphique venant de très loin, et aboutissant au palais même, ce qui est rendu possible aujourd'hui, grâce aux puissants transmetteurs nouvellement inventés et avec le condensateur pour la réception, qui donne à la parole, en supprimant complètement tout bruit d'induction, une force et une netteté inconnues jusqu'à ce jour. frank géraldy.

Les négociations entreprises avec la ville de Paris sont en très bonne voie ; elle prêterait volontiers le pavillon qui a figuré à l'Exposition de 1878, et qui doit être reconstruit à côté du palais vers le quai; on espère qu'il sera prêt. La municipalité, très bien disposée d'ailleurs, consent volontiers à permettre le passage du chemin de fer électrique le long des Champs-Élysées (à ce propos il serait question, paraît-il, d'un autre chemin de fer électrique, d'origine française). La ville de Paris prêterait pour l'éclairage un certain nombre de candélabres pris dans ses magasins ; on évitera ainsi les poteaux entourés de toiles peintes qui ont jusqu'ici figuré dans les occasions de ce genre.

Parmi les offres spéciales, le Cercle de la librairie a bien voulu promettre d'installer à ses frais la salle où seront exposés les livres traitant d'électricité.

Nous avons dit, je crois, que la bonne volonté des grandes Compagnies de chemins de fer était assurée; elle prend corps aujourd'hui : les Compagnies de Paris-Lyon-Méditerranée, de Paris-Nord et de l'Est ont formulé leurs demandes, et préparent de fort belles expositions.

Le Ministère des Postes et des Télégraphes a demandé aussi sa place qui comprendra a5o mètres carrés, et s'occupe de la remplir.

De l'étranger comme de la France, les demandes individuelles sont déjà nombreuses. M. Edison a annoncé une exposition générale de ses inventions, sauf peut-être sa lumière qu'il semble réserver encore; si cela est possible, il ferait venir la machine génératrice d'électricité, forte de 100 chevaux, qu'il fait actuellement construire.

La Western Electric Manufacturing Company de Chicago et New-York, la California Electrical Works de San Francisco, ainsi que les Compagnies de MM. Brush et Hiram Maxim ont fait dernièrement parvenir leurs demandes.

Les membres de la Commission technique sont désignés maintenant, et leur nomination officielle paraîtra très prochainement.

Reste une question grave donL on a déjà dit un mot, celle de l'éclairage.

Il ne s'agit pas, bien entendu, des éclairages faits par chaque système à titre d'exposition particulière. Ici les difficultés ne sont pas très grandes; bn donnera à chacun, au premier étage, un espace convenable où il prendra les dispositions qui lui conviendront. Quant à la force motrice, il sera sans doute nécessaire d'assigner à chacun un moteur spécial, afin que tous les systèmes soient indépendants et portent seuls l'entière responsabilité de leurs résultats ; cela pourrait être réalisé, caries offres de force motrice sont déjà nombreuses et variées; cette partie, si importante pour une exposition d'électricité, peut donc être considérée comme relativement facile à arranger.

Pour l'éclairage des parties restant libres au premier étage et surtout au rez-de-chaussée du palais, M. le commissaire général Berger a fait appel aux représentants des divers systèmes et les a réunis; à peu près tous ceux qui ont quelque importance étaient représentés et la question a été posée : comme on pouvait s'y attendre, une solution n'est point sortie de cette première réunion, mais afin de la préparer, on a formé un syndicat qui va se mettre à l'œuvre sous la présidence de M. H. Fontaine.

La question est, en effet, assez complexe. Il s'agit d'obtenir un éclairage général régulier et d'un bon effet, et cela en chargeant le moins possible le budgetdefExposition. Pour réussir, on a besoin de réunir toutes les bonnes volontés.

Il serait à désirer surtout que, pour cette question importante, on ne se privât pas du concours des étrangers qui ont déjà fait parvenir plusieurs demandes.

Si les intéressés de France et d'ailleurs, consentent à fournir leur coopération, ainsi que l'on doit l'espérer; il sera évidemment convenable de donner à chacun son moteur ; cela ne paraît pas offrir de grosses difficultés ; on aurait ainsi plusieurs centres électriques ; l'espace à éclairer pourrait alors être divisé en lots, distribués si l'on veut par le sort, et dont, chacun appartiendrait à l'un des systèmes ; ce serait une continuation des expositions distinctes, mais il est probable que l'aspect général serait gauche et disparate. Il vaudrait mieux, sans doute, sur un plan d'ensemble étudié en commun, distribuer les appareils de façon à les mélanger et à obtenir une moyenne suffisamment constante et un aspect agréable ; le défaut, dans ce cas, est que cette disposition suppose un développement considérable de conducteurs.

Si l'on tient à distinguer les procédés, peut-être pourrait-on diviser la durée de l'exposition en périodes qui seraient successivement données soit à l'un des systèmes, soit à quelques-uns d'entre eux, utilisant autant que possible un ensemble de conducteurs installés après étude préalable. Le procédé consistant à mélanger les appareils différents paraît certainement le plus favorable quant à l'effet.

Réussira-t-on à vaincre les difficultés qu'il présente, à réunir dans un but commun les intérêts distincts sans réclamer de personne des risques trop grands, la bonne volonté certaine de tout le monde donne lieu d'y compter.

Si l'on n'y arrivait pas, il faudrait bien se décider à faire de cet éclairage une sorte d'entreprise privée revenant à ceux qui voudraient s'en charger ; cela serait fâcheux sans doute ; mais, quant au résultat final, il serait toujours atteint. c. c. soulages.

La grosse question de l'éclairage est résolue delà façon la plus favorable à l'intérêt général, et de sorte que les intérêts particuliers aient également leur compte. Chaque exposant installera d'abord à part et dans un local déterminé, l'ensemble d'appareils qui lui paraîtront nécessaires pour montrer son système en action. De plus, chacun d'eux est invité à vouloir bien donner son concours à l'éclairage général. Afin de faire une part à tous, une moitié du palais est réservée aux Français, une autre sera réservée aux étrangers dont les offres sont très considérables, comme on va le voir. Une fois que l'on connaîtra la part proposée par chacun, étude qui se fait actuellement, on disposera l'ensemble le mieux possible, et le syndicat français, dont nous avons déjà parlé, s'engage à compléter l'éclairage partout où il pourrait être insuffisant.

Il est probable que les Français s'entendront entre eux et seront représentés par un syndicat, soit celui qui existe, soit un plus vaste, de façon à faire ensemble l'éclairage de la moitié du palais qui leur est assignée. Pour les étrangers, la Société Brush avait proposé d'éclairer tout le monument ; la Société Swan également ; M. Edison offrait sa machine de 100 chevaux, sur laquelle il se faisait fort de placer 2.000 foyers, 1.000 dans le palais et 1.000 au dehors, ce qui est beaucoup ; il y a encore d'autres offres sérieuses; on tiendra tout le compte possible de ces importantes propositions.

Une question connexe s'est trouvée résolue en même temps, c'est celle de la force motrice. Pour faire face à son engagement en ce qui concerne l'éclairage, le syndicat français était obligé de constituer un ensemble de machines motrices. Il a été résolu qu'on en profiterait pour fournir la force gratuitement aux exposants pour la part qu'ils prendraient à l'éclairage général, afin de ne pas augmenter une charge qu'ils s'imposent dans l'intérêt de tous. En échange de ce service, le syndicat percevra o fr. 5o c. par visiteur pendant la soirée. Par la même occasion, le syndicat a été naturellement amené à fournir la force motrice en général; il l'offrira donc à prix débattu à tous les exposants qui ne voudront pas installer un moteur à eux. Le syndicat devra fournir la force gratuitement pour toutes les expériences de démonstration publique et pour les travaux du Congrès. En échange de ces charges, il lui sera attribué une subvention de 10.000 fr.

Voilà un ensemble de questions difficiles résolues, et bien résolues. En même temps qu'il menait à bonne fin ces négociations, M. le commissaire général - Berger élaborait et publiait le . classement des matières exposées, qu'il a su faire peu compliqué et cependant compréhensif ...

La ville de Paris ne se contentera pas d'allouer une subvention de 25.000 fr. à l'Exposition internationale, d'électricité, elle compte aussi prendre une part active à cette exhibition. C'est dans ce but qu'un crédit de 25.000 fr. vient d'être mis à la disposition de l'administration pour organiser une exposition spéciale de la ville de Paris. On y verra figurer tous les appareils d'électricité employés par la direction des travaux, les avertisseurs employés par le service des incendies, etc., etc.

On ne saurait imaginer le nombre et la variété des questions que soulève l'organisation d'une Exposition comme la nôtre. On ne penserait pas, par exemple que cette entreprise ait rien à démêler avec les lois; ce serait se tromper beaucoup ; pour l'Exposition d'électricité il a fallu faire deux lois de circonstance ; la première supprime le droit de statistique à l'entrée et à la sortie pour les produits exposés, la seconde assimile l'Exposition à un entrepôt réel, les objets n'étant passibles de droits que s'ils demeurent en France; de plus, celle-ci accorde aux objets prohibés, exposés, le droit de se vendre cependant dans notre pays, en jouissant du sort fait à leurs similaires dans les pays les plus favorisés. Certaines dispositions spéciales ont été prises ; on sait que des objets brevetés en France ne peuvent être fabriqués à l'étranger à peine de déchéance du brevet ; pour l'Exposition, ils seront admis quel que soit leur lieu d'origine ; de plus, s'il se produit des discussions et des procès, les contestants ne pourront saisir effectivement les objets en litige, ils ne pourront que réserver leur droit.

Après les lois, les règlements.

Ce n'est pas sans peine qu'on est parvenu à obtenir de placer les machines motrices dans le palais ; elles y seront cependant. M. Georges Berger, le commissaire général dont on ne peut trop louer l'habile activité, a réglé pour le mieux toutes ces questions. Les cheminées seules resteront en dehors. Le syndicat français chargé de la force motrice en aura une fort grande sur le trottoir extérieur du côté sud-ouest, pour desservir les 600 chevaux de force qu'il installe ; en dehors de ceux-ci, il y en a environ 400 déjà annoncés, dont 200 produits par des machines à gaz ; on l1c sait pas au juste encore la force que les étrangers installeront : on suppose qu'il y aura en tout à peu près i.5oo chevaux-vapeur en action.

Après les règlements, les tarifs.

Les chemins de fer, comme c'est du reste leur coutume dans ces circonstances, ne font payer que demi-tarif, ou plutôt, pour préciser, ils amènent gratuitement les objets et ne font payer que leur retour, en sorte qu'un objet vendu ne paie rien.

Après les tarifs, les adjudications. On fait en ce moment, ou l'on vient de faire, les adjudications du catalogue, du buffet, de la construction de l'escalier monumental qui doit être placé à l'un des bouts de la nef; on a déjà adjudgé, il y a quelque temps, la fourniture et la pose des grands vélums, qui doivent tamiser le soleil; il y en aura, je crois, pour une dizaine de mille francs.

On voit quelle besogne légale et quasi légale en-raîne l'organisation d'une exposition de quelque importance; venons maintenant à la disposition extérieure, on commence à pouvoir s'en rendre compte.

Tout ce qu'on peut occuper du palais sera occupé, et l'on craint d'être resserré. La grande nef sera naturellement réservée aux machines motrices et productrices, aux engins de toutes sortes. Les moteurs à vapeur seront dans la galerie du sud; on vient d'enlever les stalles et les boxes placées là pour les concours hippiques. Pour le moment le palais appartient aux peintres, les travaux sont donc forcément arrêtés, mais on prend les dispositions nécessaires pour aller vite quand on pourra s'y mettre. Au milieu de la nef, le grand phare de l'Etat et l'exposition très considérable du ministère des postes et des télégraphes, le pavillon de la ville de Paris avec l'ensemble de sa distribution électrique: organisation de la police, organisation des pompiers, appareils spéciaux, etc., etc. Cette exposition coûtera environ 30.000 francs.

Dans la nef également, les expositions des cinq grandes compagnies de chemins de fer aboutissant à Paris; la compagnie du Midi n'expose pas, non plus que les chemins de fer de l'Etat, à moins que ces derniers ne soient compris dans les expositions ministérielles, ce qui est bien possible. Enfin, en bas, les métiers, machines-outils, applications de grand volume et de vastes dimensions, et aussi le grand éclairage; nous avons déjà donné sur ce point les détails nécessaires, il faut seulement ajouter aujourd'hui que, loin de voir sur ce point les prévisions s'amoindrir, elles prennent au contraire tous les jours du corps et de l'extension.

En haut, dans les galeries, la division en vingt-sept salles est décidée, nous en donnerons prochainement le plan avec l'attribution spéciale de chaque salle aussitôt qu'elle sera définitive; on peut dès à présent en citer quelques-unes; salle des télégraphes, salles des téléphones, salle spéciale du téléphone à longue portée Herz, salle de projections pour le soir, diverses salles dont nous avons déjà parlé, celle du théâtre, celles qui formeront l'appartement électrique, celles des jouets et de l'horlogerie; puis, les salles destinées à l'étude; les instruments de précision, le musée rétrospectif qui sera, paraît-il, très complet et renfermera nombre d'appareils historiques curieux, les salles de cours, de lectures, le musée bibliographique.

On ne sait pas encore exactement l'étendue des demandes étrangères, les commissaires spéciaux de chacun des Etats les réunissent et les transmettront bientôt.

Toute cette étude, compliquée de l'installation, marche régulièrement et rapidement; M. Antoine Bréguet, chef de ce service, et M. Monthiers, son adjoint, ne s'y épargnent point, elle sera bientôt complètement arrêtée, et ce ne sera pas peu de chose. ...

En attendant l'ouverture de l'Exposition internationale d'électricité, de curieuses expériences téléphoniques ont eu lieu, il y a quelques jours, dans le magasin des décors de l'Opéra, situé rue Richer, n° 6. Un fil double reliait les magasins au trou du souffleur de l'Académie de musique. Quatre téléphones Ader étaient accrochés au mur, et un commutateur permettait de distribuer les « flots d'harmonie » tantôt dans une paire de téléphones, tantôt dans l'autre. M. George Berger, commissaire général de l'Exposition d'électricité, assisté de MM. Antoine Bréguet et Ader, présidait à ces expériences. Le Tribut de Zamora a pu être ainsi écouté par quelques auditeurs privilégiés. On entendait merveilleusement l'orchestre, les chœurs et les solistes. La voix de la Krauss a certainement obtenu un succès égal aux deux extrémités du fil, et dans les magasins de la rue Richer.

Ces expériences auront pour résultat l'établissement de 120 téléphones publics à l'Exposition d'électricité que l'Etat organise pour le mois d'août.

L'ouverture officielle de cette Exposition, d'un genre absolument nouveau, se fit le 10 août 1881, en présence du Président de la République Jules Grévy, avec une solennité qui convenait à une manifestation aussi importante, au point de vue des progrès de la science électrique.

On ne se doutait guère que dans ce vaste Palais de l'Industrie, construit il y avait trente ans à peine, pour renfermer des Expositions universelles et générales, s'ouvrirait un jour une Exposition, non pas même d'une science, mais d'une branche restreinte d'une seule science.

Ce fut là un phénomène bien remarquable, et qui montre d'une façon bien frappante le développement qu'a pris de nos jours l'application des sciences à l'industrie.

Les expositions internationales constituent ces grands rendez-vous du 19ème siècle entre les états du monde "développé".

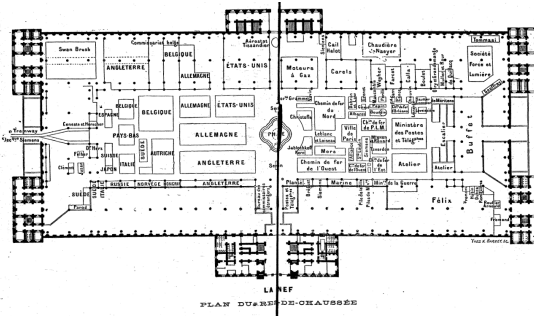
Chacun y expose sa puissance technique et économique dans une rivalité qui s'affirme vouloir n'être que "pacifique".

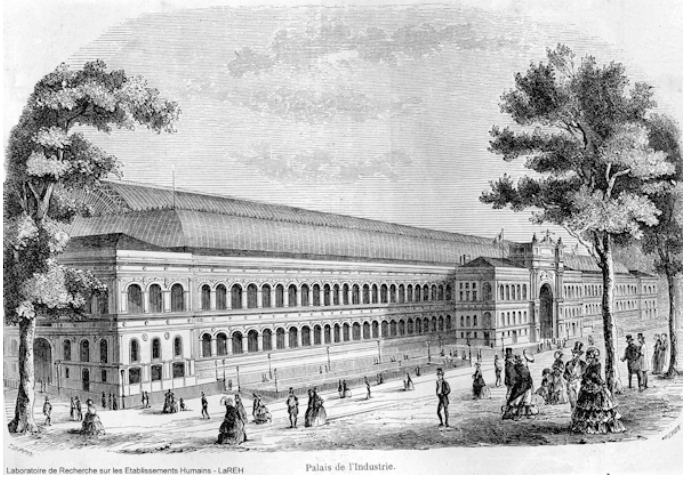
L'électricité y prend naturellement toute sa place. C'est le cas à Londres en 1862, à **Paris en 1867 et 1878**, à Vienne en 1875 et à Philadelphie en 1876. Mais l'exposition de 1881, à Paris, est une innovation.

C'est la première fois qu'une exposition internationale est entièrement consacrée à l'électricité et à ses applications. Cette rencontre prendra une importance particulière avec l'organisation, pendant l'exposition, du premier congrès international des électriciens.

Pour le domaine de télécommunications, jusqu'à l'année 1881, année de l'Exposition universelle qui s'est tenue à Paris, les pouvoirs publics ne portèrent pas attention à la diffusion du téléphone, ce qui explique qu'il ne fut pas une priorité des politiques officielles d'équipement. Entre l'alternative d'un financement par l'Etat ou la concession, c'est la seconde qui fut choisie. C'est d'ailleurs la règle générale depuis Louis Philippe et le télégraphe. D'autres raisons motivèrent le choix de la concession. La première raison est que l'administration du télégraphe est en crise. Le développement d'une nouvelle technique nécessite beaucoup d'investissements et l'administration n'est pas en mesure de les apporter. « En 1877, une des premières décisions du gouvernement républicain, revenu au pouvoir après l'intermède Mac Mahon, a été de provoquer la fusion, au sein d'un même ministère des Postes et Télégraphes, puisque jusqu'alors la poste dépendait du ministère des Finances et les télégraphes du ministère de l'Intérieur. (...) Par ailleurs, la tendance économique générale est à la multiplication des concessions, en particulier des régies urbaines : compagnies des eaux ou des tramways électriques ». Or, jusqu'en 1884, la technique du téléphone n'autorise que des réseaux urbains, il paraît logique d'adapter le même système de concession. Ainsi, le ministère des PT laisse le soin à l'initiative privée de développer l'ensemble de l'exploitation téléphonique de Paris. Le système de la concession, procédure qu'ont également connue les chemins de fer, fut par conséquent adopté pour permettre de garder un certain contrôle.

Adossé à l'Exposition, le premier Congrès international des électriciens, qui se tint dans les salles du palais du Trocadéro, fut l'occasion de nombreuses communications scientifiques et techniques. Ce congrès fut une étape importante dans la construction du Système international d'unités (SI) moderne, puisqu'il fut l'occasion de définir et d'adopter l'ohm, l'ampère, le coulomb et le farad. Y participèrent notamment Éleuthère Mascart, [William Thomson](#) (devenu par la suite lord Kelvin), Hermann von Helmholtz, Rudolf Clausius, Gustav Kirchhoff, Gustav Heinrich Wiedemann, William Siemens et son frère l'industriel Werner von Siemens, qui dut renoncer à l'adoption du siemens de mercure (en) comme unité de résistance à ne pas confondre avec le siemens, actuelle unité de conductance.





Palais de l'Industrie,

La première Exposition internationale d'Électricité eut lieu à Paris entre le 15 août 1881 et le 15 novembre 1881 au palais de l'Industrie, sur les ChampsÉlysées.

Parmi les objets exposés figuraient notamment :

les appareils de production et de transmission de l'électricité ;

les aimants naturels et artificiels, les boussoles ;

les appareils servant à l'étude de l'électricité ;

les nombreuses applications de l'électricité (son, chaleur, lumière, galvanoplastie, électrochimie, signalisation, force motrice, les applications industrielles, agricoles et domestiques...) ;

les paratonnerres ;

les anciens instruments en rapport avec l'électricité ;

un procédé de production du zinc par électrolyse présenté par Léon Letrange pour remplacer le procédé de distillation employé jusqu'alors.

...

Extrait d'un compte rendu des Annales Télégraphiques vol 9. **DE LA TÉLÉGRAPHIE EN GÉNÉRAL**

LA TÉLÉGRAPHIE

Parmi les emblèmes qui décorent les boiseries de la section espagnole, on remarque des traits de foudre, qui brisent les uns un sablier, les autres une des branches d'un compas ouvert ,

C'est l'électricité brisant les deux obstacles qui limitent les manifestations de la volonté humaine, le temps et la distance.

L'étymologie du mot télégraphe (*), qui écrit de loin, rappelle la même idée ; car l'écriture, fixant la pensée, la rend indépendante du temps, et la télégraphie, anéantissant les distances, l'affranchit de l'espace,

Le but de la télégraphie, sans distinction de systèmes, c'est le transport rapide de la pensée à toute distance,

L'énumération des divers moyens par lesquels peut s'opérer ce transport nous ramènera à chaque instant dans l'Exposition ; car, quand l'électricité n'est pas l'agent actif de la transmission, elle entre la plupart du temps comme un intermédiaire dont l'emploi constitue un perfectionnement du système primitif,

(*) Voir Gerspach, *Histoire administrative de la télégraphie en France, Annales 1860*,

La pensée s'exprime par la parole, l'écriture ou les signaux,

TRANSMISSION DE LA PAROLE,

La parole est le mode le plus complet de transmission de la pensée : le desideratum serait donc une parole qui se ferait entendre à toute distance ,

On a d'abord cherché à augmenter la portée de la voix : de là le porte -voix, les tuyaux acoustiques et le [téléphone à ficelle](#), qui marque la transition du transport de la voix à sa reproduction à distance par l'intermédiaire de l'électricité (Annales à partir de 1876) ,

Les téléphones articulants ou parlants, dont M, [Bourseul](#) eut l'idée dès 1854 (Annales 1878), sont les instruments servant à la transmission électrique de la parole,

On distingue les transmetteurs téléphoniques en téléphones magnétiques comme celui de [Bell](#) (1876) , et téléphones à courant de pile, comme le téléphone à charbon d'[Edison](#) ou le microphone de [Hughes](#) ,

Les récepteurs téléphoniques sont électro-magnétiques, à l'exception du récepteur chimique d'Edison, qui repose sur l'emploi de l'électro-motographe du même inventeur, et qui actionné par un transmetteur à charbon parle assez haut pour être entendu de tous les points d'une salle,

Il suffit de traverser l'Exposition pour juger du développement qu'a pris cette invention de date si récente (1876) ,

Il n'est pas de pays qui n'exhibe des spécimens de ces instruments et de leurs applications de toute nature, télégraphiques, industrielles, médicales et scientifiques,

La [Société générale des téléphones](#) expose la curieuse installation d'un poste central téléphonique et des types des divers téléphones et microphones en usage dans son exploitation.

Tous ceux qui ont entendu les premiers téléphones se rappellent leur voix de polichinelle ; qu'ils écoutent les [chants de l'Opéra](#) arrivant au palais de l'Industrie par le système [Ader](#), et ils apprécient le progrès accompli ,

Mentionnons, dans la section belge, le pantéléphone de M, de Loch Labye, qui transmet les sons émis à plusieurs mètres du carré de drap vert recouvrant sa plaque microphonique ,

Le téléphone transmet la parole, le phonographe l'enregistre et peut la reproduire sur place à toute époque,

En recevant sur le phonographe les sons émis dans un téléphone éloigné, on réalise le desideratum théorique d'une parole affranchie à la fois de la distance et du temps,

Le téléphonographe d'Edison enregistre les paroles prononcées dans un téléphone lointain et non seulement les reproduit sur place, mais peut les renvoyer encore dans le téléphone d'origine ou dans un autre téléphone (*) ,

(*) le téléphone a rendu possible les communications directes entre particuliers dans une même ville ; il est utilisé avec avantage pour l'exploitation de certains réseaux d'intérêt spécial et pour les relations de bureaux peu occupés , mais est-il destiné à se substituer d'une façon générale aux appareils télégraphiques proprement dits, dans l'exploitation des lignes d'un pays ? Nous ne le croyons pas ; ce n'est pas à cause des difficultés que rencontre son emploi à de grandes distances et qui tiennent à sa sensibilité même : elles seront surmontées un jour ou l'autre, et déjà on peut entendre à 200 kilomètres, Mais supposons un appareil parfait pouvant fonctionner à toutes distances : l'impossibilité de créer un réseau général aussi complexe que le réseau d'une ville ne permettra jamais que l'expéditeur puisse causer directement avec le destinataire, Il faudra un intermédiaire auquel on remettra la dépêche écrite l'intermédiaire devra la lire et l'articuler à son correspondant ; mais si elle est écrite dans une langue étrangère inconnue de l'un des deux ? Enfin les appareils télégraphiques que l'on emploie sur les lignes où le trafic est très développé écoulent les dépêches en moins de temps qu'il n'en faut pour les lire à haute voix,

La transmission de la parole par les instruments que nous venons de citer, le porte-voix excepté, exige un lien matériel entre les deux correspondants, un tuyau ou un fil,

Le [photophone](#) et le thermophone suppriment cet intermédiaire et le remplacent par les radiations lumineuses ou calorifiques d'un faisceau éclairant : le nom de radiophonie englobe les deux ordres de phénomènes,

Cette invention de MM, Bell et Tainter a un grand intérêt théorique au point de vue de l'unité et de la transformation des forces naturelles ; mais sa portée pratique au point de vue de la transmission de la parole n'est pas encore établie,

TRANSMISSION DE L'ÉCRITURE

Elle s'effectue par les mouvements de translation , Pour communiquer par translation, il y a d'abord les moyens ordinaires de la poste piéton, vélocipède, cheval, navires et chemins de fer,

L'exposition remplace les moteurs animés et les moteurs à vapeur par des moteurs électriques : voici des vélocipèdes, des tricycles et des voitures emportant leur provi d'électricité dans un accumulateur de Planté ou de Faure.

Dans la pièce d'eau autour du phare circule un canot électrique rappelant le bateau de Jacobi qui flotta sur la Néva en 1837 ; à l'exposition belge, M. Lippens expose une locomotive électrique construite en 1840 ; à l'exposition allemande, la maison Siemens montre son petit chemin de fer aérien pour le transport des lettres (poste aux lettres électrique), et son tramway électrique fait le service entre le Palais et la place de la Concorde.

Comme moyens extraordinaires, la poste dispose encore des ballons et des pigeons voyageurs, si populaires depuis le siège de Paris.

On voit de temps en temps planer dans la grande nef du palais un aérostat dirigeable, en forme de poisson, que dirige plus ou moins une hélice mise en rotation par un moteur électrique,

La photographie électrique d'autre part évoque le souvenir de la réduction photographique à laquelle étaient préalablement soumis les messages confiés aux pigeons, et du microscope photoélectrique à l'aide duquel on déchiffrait les dépêches arrivées au colombier,

Dans le pavillon du ministère des postes et des télégraphes figure un spécimen de la poste atmosphérique ou [télégraphe pneumatique](#) en usage pour le transport des dépêches à l'intérieur des grandes villes, Ce mode de communication par l'air comprimé a été décrit très complètement dans les Annales télégraphiques (1874-1875), par M. Bontemps, l'auteur de l'élégant système, exposé aussi, qui sert à déterminer la position d'une obstruction, en cas d'arrêt de la circulation des boîtes à dépêches dans les tubes,

Par l'intermédiaire de l'électricité, on reproduit à distance le langage écrit, quelle que soit d'ailleurs sa forme, écriture, dessin, musique, etc, c'est l'objet des télégraphes autographiques ou pantelegraphes,

Enfin la découverte de la radiophonie a fait concevoir la possibilité de reproduire télégraphiquement les images obtenues dans la chambre noire en combinant l'action de la lumière sur le sélénium avec un récepteur fondé sur le principe des télégraphes autographiques , tel est le but de la téléphotographie : sous le nom de téléscope, M, Seulecq, d'Ardes, a décrit le plan d'un appareil combiné dans cette intention ; un commencement de réalisation matérielle a été obtenu avec le télégraphe photographique de M, Shellord Bidwell, d'autre part, la plume électrique d'Edison et le crayon voltaïque de Bellet reproduisent sur place à un très grand nombre d'exemplaires tout ce qu'on peut tracer sur une feuille de papier.

TRANSMISSION DES SIGNAUX .

Le transport de l'écriture est un moyen de communication trop lent pour les grandes distances : aussi a-t-on songé de bonne heure à exprimer la pensée à l'aide de signaux susceptibles d'être rapidement transmis par les agents naturels . La question est complexe ; il faut examiner successivement :

1° l'application des signaux à l'expression de la pensée , et

2° la série des phénomènes physiques propres à leur transmission.

I. Pour exprimer la pensée par des signaux on a recours aux langues télégraphiques, qui sont au nombre de trois.

La première représente par des signaux des phrases convenues à l'avance sur une éventualité prévue . C'est la langue hiéroglyphique, ou symbolique , ou idéographique c'est la plus brève , car elle exprime par un seul signe une idée complète ; mais elle est impuissante pour annoncer les faits imprévus. Elle n'est guère plus employée que pour les indications réglementaires et conventionnelles de transmission , et c'est le plus souvent une abréviation du mot que l'on veut exprimer. On a proposé de l'appliquer sous forme de sténographie aux dépêches à transmettre par les télégraphes autographiques.

Dans la seconde, les signaux expriment des chiffres qui représentent des lettres, des mots et des phrases que l'on consigne dans un double vocabulaire, l'un pour traduire les idées en signaux, l'autre pour traduire les signaux en idées,

C'est la langue numérique, la plus féconde de toutes, car on peut combiner les signes comme on combine les nombres dans la numération et exprimer beaucoup de choses par peu de signes,

C'est celle du célèbre vocabulaire Chappe, en usage dans l'ancienne télégraphie aérienne française et dans l'appareil télégraphique FoyBreguet, qui marque chez nous la transition de la télégraphie aérienne à la télégraphie électrique, alors que beaucoup de dépêches devaient encore emprunter à la fois la voie aérienne et la ligne électrique , On a proposé de créer avec les nombres une langue télégraphique universelle, une sorte de vocabulaire international, reposant sur la décomposition des nombres en unités de diverses espèces, mille, centaines, dizaines, unités, Les mille, par exemple, représenteraient l'idée la plus générale, et les unités l'individualité , M, Laboulaye, dans le Prince Caniche, cite un exemple charmant de cette télégraphie sérieaire,

Voir le chapitre : « De l'arithmétique politique chez les Gobe-mouches » La langue numérique n'est plus adoptée aujourd'hui que pour les dépêches du service météorologique et pour le langage secret, et encore emploie-t-on le plus souvent pour ce dernier un alphabet à clef : Wheatstone a même imaginé un cryptographe mécanique pour rendre le texte indéchiffrable sans la clef et pour changer de clef à volonté,

La troisième affecte les signaux à représenter les lettres de l'alphabet,

C'est la langue alphabétique, elle est simple et peut exprimer toutes les idées possibles, mais elle exige beaucoup de temps,

L'étude des alphabets, ou combinaisons de signaux élémentaires représentant les lettres et signes conventionnels de l'écriture, a une importance capitale en télégraphie : il importe de bien la connaître pour apprécier le mérite d'un système ou d'un appareil télégraphique ,

Nous allons seulement en donner une esquisse ,

Un seul signal élémentaire suffit à la rigueur, pourvu qu'on puisse le répéter rapidement et que ses reproductions soient convenablement groupées ,

Le plus souvent on se sert de deux signaux élémentaires distincts : un point et un trait, un point à droite et un point à gauche, ou en haut et en bas ; un déplacement court et un long, ou à droite et à gauche, ou en haut et en bas ; un son bref et un son prolongé, une note aiguë et une note grave ; un éclair de lumière et un éclair prolongé, un feu blanc et un feu rouge, etc,

La langue Morse est la plus employée (*) elle exige jusqu'à quatre signaux pour une lettre et cinq pour les chiffres et signes conventionnels ,

En dehors des appareils Morse ordinaires, on s'en sert dans le télégraphe automatique de Wheatstone ; elle est légèrement modifiée dans le multiple Meyer, de manière à ne jamais dépasser quatre signaux , La substitution au trait d'un second point différemment placé, qui constitue la modification dite de Steinheil, est adoptée dans le galvanomètre de transmission, et dans le Syphon Recorder en usage sur les longues sous-marines ,

On la retrouve dans les anciens appareils de Steinheil et de Stöhrer de l'exposition allemande et dans les appareils modernes de Jaite (Allemagne) et de Bramao (Portugal) (**).

(*) Cette langue peut être perçue par les trois sens de la vue, de l'ouïe (sons longs et brefs) et du toucher,

En frappant avec le doigt dans la main de l'interlocuteur, un sourd-muet peut causer avec un aveugle, et un sourd-muet, devenu aveugle, pourrait encore communiquer avec ses semblables,

Elle peut être employée dans tous les systèmes de télégraphie, quel que soit l'agent physique de transmission,

(**) Parmi ces appareils, les uns sont à deux styles, les autres (celui de Bramao et le Syphon) tracent une ligne continue, dont les bosses supérieures représentent les traits et les bosses inférieures, les points,

Un autre système d'alphabet consiste à représenter chaque lettre par un certain nombre de points placés sur une même verticale à différentes hauteurs, Le papier présente alors une série de lignes parallèles comme une portée musicale,

Ces alphabets, étudiés déjà par Morse, sont décrits dans l'ouvrage de Vail (1845) , à propos des appareils à plusieurs plumes opérant ensemble ou séparément, Si nous les citons aujourd'hui, c'est que les combinaisons des signaux fournis par cinq électroaimants ont été utilisés par M, Baudot, dans son multiple imprimeur, qui est le grand succès de l'exposition du ministère des postes et des télégraphes,

Mais à l'aide d'un ingénieux combinateur, électrique dans les premiers modèles, mécanique dans les derniers, chaque combinaison de points est transformée en une lettre imprimée, Dans les Annales de 1877, l'inventeur a fait lui-même la description des appareils à signaux indépendants qui ont précédé le sien,

L'alphabet de l'appareil Dujardin offre ceci de curieux qu'il reproduit un mode de correspondance bien ancien, car il est décrit dans Polybe,

Chaque lettre se compose de deux groupes de points, l'un indiquant le numéro de la rangée horizontale, l'autre celui de la rangée verticale dans une table de Pythagore dont les produits seraient remplacés par les lettres de l'alphabet,

Dans le système de Polybe, les points étaient figurés par des torches allumées,

Citons encore les alphabets des appareils à aiguilles, anciens et modernes, dont on voit la collection complète dans le pavillon du Post-Office anglais : appareils à 1, 2, 4 et 5 aiguilles , Remarquez l'élégante disposition de l'appareil à cinq aiguilles de Wheatstone où, pour indiquer une lettre, on fait pointer deux aiguilles sur la case qui la contient ,

Voici dans l'exposition rétrospective italienne un curieux appareil à trois aiguilles de Magrini (1832) qui serait contemporain de celui à cinq aiguilles de Schilling (section russe) et aurait précédé ceux à une aiguille de Gauss et Weber (1834), à deux aiguilles de Steinheil (1837), tous les deux dans la section allemande, et celui de Wheatstone (1837) ,

En combinant des points et des traits sur plusieurs lignes parallèles, on peut obtenir d'autres alphabets : un d'eux sur deux lignes a été employé dans certains appareils à deux styles tels que celui de Stöhrer (Allemagne) ; il l'est encore dans le Rapide Americain à deux styles de MM,

Foote et Goodspeed (Annales 1880), qui ne figure pas à l'Exposition (*) ,

() Il est clair que plus les signaux élémentaires seront nombreux, moins il sera nécessaire de les répéter pour obtenir un nombre déterminé de combinaisons ; mais, pour augmenter les signaux élémentaires, il faut les compliquer ; or toute complication d'un signal retarde sa formation au départ et sa traduction à l'arrivée. La simplicité des signaux élémentaires et de leurs combinaisons, la netteté de leur formation et la facilité de leur traduction passent avant les avantages de leur nombre , Aussi, sauf pour quelques lignes sous-marines, sur lesquelles on se sert de l'alphabet de Steinheil, l'alphabet de tous les appareils écrivants en exploitation (du moins en Europe) est c Morse, malgré les inconvénients du trait au point de vue électrique ; et, pour se conformer à l'usage, Wheatstone a dû adapter à l'alphabet Morse son appareil autom grande vitesse, construit primitivement pour celui de Steinheil, Il y a de quoi faire réfléchir ceux qui cherchent des alphabets plus rapides.*

Enfin les lettres sont indiquées en caractères ordinaires d'imprimerie dans les cadrans alphabétiques, imprimées réellement dans les appareils imprimeurs, et reproduites sous forme de hachures dans les typo-télégraphes de Bonelli et de Cook, ou sous une forme se rapprochant de l'écriture courante dans le système Vavin et Fribourg,

Tous les signaux usités dans la télégraphie sont acoustiques ou optiques, en ce sens qu'ils sont toujours perçus par l'ouïe ou par la vue (*) ,

Mais au point de vue du phénomène physique de propagation qui est utilisé pour leur transmission,

() Les signaux se distinguent encore en signaux fugitifs, qui disparaissent après avoir été formés, et en signaux persistants, qui subsistent après leur formation électrique constitué par un pont de Wheatstone à branches égales ,*

Les piles sont remplacées par des souffleries, des robinets servent de rhéostats, la ligne est une conduite d'air, et l'atmosphère remplace la terre comme réservoir commun ,

On peut diviser les télégraphes en cinq catégories :

1° Les télégraphes hydrauliques, fondés sur les déplacements à distance par la transmission des pressions dans les liquides, comme le télégraphe à niveau d'eau (Annales 1859, p , 324) , celui de M, de Lucy (ibid), dans lequel le tube est fermé par deux membranes, et celui de M, Tommasi, qui a figuré à l'Exposition de Vienne (Annales 1874) et dans lequel l'eau du tube était de l'eau forcée, dans l'espoir qu'une pression à un bout obligerait la colonne d'eau, préalablement forcée, à se déplacer tout d'une pièce, comme le ferait une tige solide,

2° Les télégraphes à air, fondés sur les déplacements à distance par la transmission des pressions par l'air, Ainsi la pression exercée sur une poire en caoutchouc pleine d'air est transmise par un tube à une poche qui se gonfle et déclenche soit un mécanisme qui fait avancer une aiguille d'une division, comme dans certains télégraphes à cadran ou dans les horloges pneumatiques que l'on voit sur les grands boulevards ; soit le marteau d'un timbre, comme dans les sonneries à air ; soit le pêne d'une serrure, remplissant ainsi l'office du cordon d'une porte,

M, Marcel Deprez a indiqué un moyen d'obtenir la transmission simultanée de deux dépêches en sens contraire (duplex) avec un télégraphe à air,

MM , Humblot et Terral exposent au pavillon des télégraphes un duplex de ce genre, calqué en quelque sorte sur le duplex .

3° Les télégraphes acoustiques, fondés sur la propagation du son, ou sur la transformation réciproque des vibrations sonores en vibrations électriques , Les signaux acoustiques sont d'un usage général dans tous les systèmes de télégraphie pour appeler l'attention du correspondant,

Les tubes acoustiques ont un sifflet d'appel ; les télégraphes, les postes d'incendie, les chemins de fer ont des sonneries,

Le sifflet électro -automoteur de MM, Lartigue et Forest (Annales 1875) prévient le mécanicien aveuglé par le brouillard ou la neige qu'il passe devant un disque à l'arrêt ,

Les téléphones ont aussi leur signal d'appel, tantôt une sonnerie, tantôt le son strident de la roue dentée de M, Cooke (Annales 1878), ou l'anche vibrante des systèmes [Siemens](#) et [Gower](#),

L'appel fugitif devient persistant par les sonneries à mouvement d'horlogerie ; le plus souvent il est accompagné d'un indicateur visible d'appel ; c'est un voyant déclenché par le signal d'appel, dans la plupart des sonneries ; l'appel téléphonique de Gower est complété par le signal visible d'Adér,

Le clairon dans l'armée, le sifflet dans la marine, le canon, constituent des télégraphes acoustiques,

La langue Morse s'adapte très bien au clairon et au sifflet, ainsi qu'aux sirènes et sifflets à vapeur des navires, et à la trompette à vapeur des phares,

Ces signaux n'exigent pas de lien spécial entre les stations, mais leur portée est limitée ,

Si l'on admet un autre intermédiaire que l'air, on pourra utiliser la propagation du son à travers les solides comme dans le téléphone à ficelle ou la lyre magique de Wheatstone (1819), laquelle transmet ses sons à une caisse sonore à travers une longue tige de sapin ,

Enfin, les vibrations sonores étant convertibles en vibrations électriques et vice versa, un fil conducteur permettra de transmettre électriquement les sons,

C'est ce qui est réalisé par le téléphone musical ou chantant, tandis que le téléphone articulant ou parlant transmet électriquement la parole, ce qui est un résultat bien plus difficile à obtenir,

Dans les transmetteurs musicaux, la communication entre la pile et la ligne est établie par l'intermédiaire d'une lame ou membrane vibrante ou d'un diapason, qui émet ainsi des courants vibratoires ; les sons sont reproduits à distance, soit par les aimantations et désaimantations successives d'une tige de fer doux placé dans une bobine, comme dans le téléphone de [Reis](#) (1860) exposé dans la section allemande, soit par le condensateur chantant de Varley (1870), soit par une lame ou diapason vibrant synchroniquement avec le transmetteur et qu'actionne un électroaimant, comme dans les systèmes de Elisha Gray et de Lacour (1874) , Ces différents systèmes sont décrits dans les Annales de 1877, Une disposition très commode pour entretenir les vibrations du diapason transmetteur est celle du diapason électrique de M, Mercadier (Annales 1874, 1876) ,

La transmission électrique des sons a donné naissance à la télégraphie harmonique ,

En 1860, M, l'abbé Laborde signalait à l'Académie des sciences cette expérience curieuse, que si plusieurs courants vibratoires sont émis simultanément sur une ligne par des lames vibrantes donnant des notes différentes, et si des lames accordées respectivement avec celles du transmetteur sont placées à l'arrivée en regard d'un même électro aimant traversé par tous les courants vibratoires, chaque lame du transmetteur choisit au récepteur sa lame correspondante et la fait vibrer de préférence à toutes les autres (*) ,

() Sous l'influence du courant vibratoire émis par une des lames, toutes les lames du récepteur vibrent, mais celle-là seule qui est accordée à l'unisson de celle qui transmet prend des vibrations d'une amplitude suffisante pour donner un son,*

« On pourrait évidemment, ajoute-t il, fonder sur cette expérience un nouveau système de télégraphie (Ann, 1860) , » Cette idée a été réalisée par M, Elisha [Gray](#) et par M, Lacour en 1874, et M, Gray a donné le nom topique d'analyseur aux récepteurs vibrants qui décomposent le courant complexe émis sur la ligne pour s'approprier chacun celui qui lui convient,

Mais, dès 1865, M, de Coincy avait imaginé sur le même principe un moyen de rappeler à volonté des bureaux intercalés dans le même circuit (Annales 1880) ,

En 1870, M, Varley avait montré qu'on peut superposer une transmission Morse à une transmission harmonique ,

Dans le télégraphe harmonique de Gray, qui figure dans la section des États Unis, une transmission Morse duplex est superposée à une transmission harmonique quadruple, ce qui fait six transmissions simultanées (**) ,

*(**) Ce système fonctionnerait en Amérique, entre Chicago et Dubuque (300 kilomètres), avec dix-sept stations intermédiaires,*

La correspondance des stations extrêmes serait faite par une quadruple transmission harmonique, qu'on peut rendre octuple par un arrangement en duplex, et celle des stations intermédiaires par le Morse,

Avant de quitter les applications de l'acoustique, signalons le pyrophone électrique de M, Kastner (Allemagne), qui utilise les propriétés des flammes chantantes, pour convertir les appareils à gaz d'éclairage, lustres et autres, en instruments chantants ,

4° Les télégraphes optiques, fondés sur la propagation de la lumière, ou plus généralement des radiations lumineuses ou calorifiques,

Les yeux seuls ou armés de télescopes aperçoivent les signaux lumineux à de très grandes distances : la vitesse de la lumière est de 300,

000 kilomètres par seconde, soit un million de fois plus grande que celle du son dans l'air, Les signaux peuvent être produits et perçus par des instruments simples et

relativement peu coûteux , Enfin ils n'exigent pas entre les stations un conducteur spécial qu'il faut entretenir et protéger en tout temps contre les accidents extérieurs, et défendre contre l'ennemi en temps de guerre,

Ainsi, simplicité, rapidité, économie et sécurité, la télégraphie optique réunit toutes ces qualités ; mais elle est souvent interrompue par le brouillard et les circonstances

atmosphériques, Si elle a été justement remplacée par la télégraphie électrique pour l'établissement de communications permanentes, elle rend encore de grands services pour l'installation rapide de communications provisoires à petite distance,

La télégraphie optique est aussi ancienne que le monde : elle remonte aux premiers hommes, qui ont allumé des feux sur les hauteurs pour faire des signaux convenus, et ce système rudimentaire est encore employé à cette heure dans les tribus arabes,

Mais le premier télégraphe optique vraiment digne de ce nom est le télégraphe aérien de (*) Chappe (1793) ,

() On sait cependant par Polybe que les anciens s'étaient occupés de télégraphie optique,*

Indépendamment du système de correspondance alphabétique cité à propos de l'alphabet Dujardin, ils avaient imaginé un télégraphe optique fondé sur le synchronisme, On avait à chaque station deux vases identiques, remplis d'eau à un même niveau indiqué par un flotteur mobile le long d'une règle divisée, chaque division ayant une signification convenue , Ces vases étaient percés d'un orifice leur assurant le même écoulement , A un signal donné par une torche, cet orifice était ouvert par les deux correspondants, puis fermé dès que la torche était abaissée, et l'on regardait la division indiquée par le flotteur, Reliez les deux orifices par un tube, et remplacez l'écoulement par une pression à

l'un des bout, et vous avez le télégraphe à niveau d'eau, qui a fonctionné jadis sur un chemin de fer anglais, Un des premiers essais de Chappe fut aussi fondé sur le synchronisme : un signal instantané marquait le moment où les aiguilles de deux pendules parfaitement d'accord passaient sur certains points de leur cadran; et le rapport de Lakanal à la Convention constate que Chappe employa d'abord l'électricité dans ce but, et que la difficulté d'isoler le conducteur lui fit regarder son projet comme chimérique , Mais n'est-ce pas là le télégraphe de Ronalds (1816) qui figure dans la section anglaise ?

Dans les Annales de 1860 et 1861, M. Gerspach raconte l'histoire de la télégraphie aérienne en France ; les détails techniques du télégraphe de Chappe ont été décrits complètement dans le Traité de télégraphie de M. l'abbé Moigno, Voici les principes essentiels posés par Chappe et d'une application générale dans tous les télégraphes optiques ,

La visibilité des objets lumineux ou éclairés est proportionnelle à leur éclat et à leur surface, mais l'intensité est en raison inverse du carré de la distance , La visibilité se mesure d'ailleurs par la différence entre la lumière de l'objet et celle du fond sur lequel il se détache ,

Le jour, le fond du ciel à l'horizon est blanc, les signaux doivent être noirs et élevés sur l'horizon pour contraster avec un fond très éclairé, à moins qu'ils ne soient plus éclair que l'horizon, comme dans les télégraphes optiques à lumière artificielle, ou dans le télélogue de M. Gaumet, consistant en grandes lettres argentées posées sur les feuillets d'un album en toile cirée noire et qu'on peut lire avec une lunette, même en temps de brume, à 5 kilomètres de distance , La nuit, l'horizon est noir, les signaux doivent être lumineux ,

Pour la forme et la couleur des objets, un point noir sur un fond blanc se voit de moins loin qu'une ligne de même largeur : donc la surface doit être allongée plutôt que circulaire ou carrée, De deux lignes de même largeur, la plus longue se voit le plus loin ,

Deux lignes tracées l'une à côté de l'autre paraissent n'en faire qu'une, si la distance entre elles ne dépasse pas d'un quart la largeur de chaque ligne,

Quant aux couleurs, le rouge et le vert sont celles que l'on voit le plus loin, mais le rouge a une supériorité marquée,

Un fait important est que deux lumières, l'une à travers des verres incolores, l'autre à travers des verres colorés, se distinguent, que l'atmosphère soit transparente ou brumeuse, dès que les lumières deviennent visibles ,

Le jour, au delà de 15 ou 20 kilomètres, toutes les couleurs se réduisent à deux : le blanc pour les objets éclairés directement par le soleil, le noir pour ceux qui sont dans l'ombre, Plus le rayon visuel s'éloigne du sol, plus il est garanti des brumes qui s'accumulent près de la terre, des fumées des habitations, des ondulations produites dans l'atmosphère par les différences de température et du mirage,

Toutes les circonstances qui influent sur la transmission des signaux lumineux ont été analysées soigneusement par M. Léonce Reynaud, le regretté directeur des phares et balises, dans son grand Mémoire sur l'éclairage et le balisage des côtes de France, publié par ordre du gouvernement en 1864,

Les chapitres relatifs à l'éclairage et aux appareils d'éclairage doivent être lus attentivement par tous ceux qui s'occupent de télégraphie optique ,

La question de l'éclairage électrique a été mise au niveau des découvertes du jour par le collaborateur et successeur de M. Reynaud, M. E. Allard, dans son Mémoire sur les phares électriques, comprenant le programme de l'éclairage électrique des côtes de France complété par des signaux sonores à vapeur, publié récemment, Les faits essentiels sont résumés d'ailleurs dans les articles de M. Mercadier « Sur les principes de télégraphie optique » (Annales 1880) ,

La source de lumière peut être la lumière solaire ou une lumière artificielle, Dans ses essais de la transmission des signaux par l'héliographe, Gauss démontra qu'un miroir de dimensions faibles pouvait projeter à plus de 40 kilomètres une lumière égale à celle d'une étoile de première grandeur, s'il est disposé de manière à renvoyer vers l'observateur une portion de l'image du soleil, De là l'idée d'employer des signaux consistant dans une série d'éclairs obtenus en faisant tourner le miroir ou le cachant : l'œil pouvant percevoir six éclairs par seconde, il en résulte une transmission rapide,

Cette idée a été appliquée par Leseurre, en Algérie (1855) ; il a fait usage d'éclairs longs et brefs, combinés suivant le code Morse,

Son appareil est décrit dans les Annales de 1864 et 1880,

L'héliographe de Leseurre, simplifié par M. Mance, a rendu des services à l'armée anglaise dans le Zouloulund et l'Afghanistan ,

Les appareils actuels de télégraphie optique peuvent utiliser soit la lumière solaire, soit les lumières artificielles ; parmi ces dernières, on remarquera la lampe portative à pétrole et oxygène de M. Mercadier ,

La disposition des instruments est, en général, imitée de celle des expériences de M. Fizeau et de M. Cornu, pour la détermination de la vitesse de la lumière ,

Parmi les transmetteurs, les uns sont à objectifs ordinaires ou à échelons, d'autres sont munis de miroirs télescopiques, comme les projecteurs du colonel Mangin qu'expose le ministère de la guerre et la maison Sautter, Lemonnier et C, On manipule avec une clef analogue à celle du Morse ordinaire , Les signaux sont reçus à l'œil nu ou à la lunette , Celle-ci rapproche les distances, mais l'éclaircissement diminue avec le grossissement ,

Les nombres suivants donnent une idée des distances de visibilité quand l'atmosphère est pure, on peut apercevoir une tour à 40 kilomètres, une montagne à 60 ou 80, une chaîne de glaciers à 120 ou 160,

Les télémètres permettent de déduire la distance d'un objet de sa hauteur au-dessus de l'horizon ,

Les phares de premier ordre atteignent des portées de 55 kilomètres (30 milles) ,

Par le télégraphe solaire, on correspond à 40 kilomètres ; avec les télégraphes de campagne, on peut compter sur 10 kilomètres,

Avec des appareils Mangin, éclairés par une lampe de pétrole à mèche plate, MM. Perier et Bassot ont obtenu des signaux géodésiques visibles à l'œil nu à 80 kilomètres de distance (Annales 1877) ,

M. Léard (Annales 1875) a réussi à faire communiquer optiquement deux stations séparées par des obstacles qui les empêchent de se voir directement, prenant les nuages pour écran, il projette sur eux des faisceaux lumineux interrompus : les signaux ont l'aspect d'une queue de comète , Comme télégraphes optiques, nous avons encore les signaux maritimes par pavillons, lanternes ou fusées (Annales 1859) ; les sémaphores de la marine, qui sont une médiocre imitation du télégraphe Chappe ; les disques et les électro-sémaphores des chemins de fer (Annales 1873-1875), dont le fonctionnement est contrôlé par des appareils électriques ; les signaux de navires, etc,

Ajoutons que le code Morse est applicable à tous les signaux faits avec des drapeaux, lanternes et fusées, et que Sir W. Thomson a proposé de l'appliquer à la distinction des phares (Annales 1878) , La chaleur rayonnante pourrait être utilisée comme agent de transmission, en la concentrant par un miroir convergent sur une pile thermoélectrique, qui ferait dévier un galvanomètre, De plus, les radiations calorifiques interviennent comme les radiations lumineuses dans les phénomènes de la radiophonie (Annales 1880 et 1881) ,

Des récepteurs photophoniques à sélénium et à noir de fumée sont exposés par la maison Siemens (section allemande) et par le ministère des postes et télégraphes , Au pavillon du ministère, on entend dans un thermophone à mica enfumé les accords de la roue radiophonique de M. Mercadier ,

5° Les télégraphes électriques, fondés sur la propagation de l'électricité par les fils conducteurs ,

Avant d'examiner ces appareils, il convient de jeter un coup d'œil sur l'état de la science électrique à l'Exposition .

1881 l'exposition internationale d'électricité de 1881.

Le directeur de cette exposition n'est autre que [Cornélius Herz](#) . Le journal La Lumière électrique entama une campagne en faveur de l'Exposition projetée, et contribua puissamment à amener son succès.

Au début, l'initiative privée devait se charger de tous les détails d'exécution et fournir les fonds nécessaires.

Dans ce but, le docteur [Cornélius Herz](#) avait provoqué la formation d'un comité, composé notamment de MM. Hébrard, sénateur, directeur du journal le Temps; Jules Bapst, directeur du Journal des Débats; baron Jacques de Reinach, Georges Berger, qui devint ensuite le commissaire général, et le docteur Cornélius Herz.

Ce comité élaborait le plan d'ensemble du projet d'Exposition internationale d'électricité, et il **était tout disposé à se charger lui-même de son exécution.**

Ce projet, présenté au Gouvernement, ayant été très chaudement accueilli, par M. Varroy, alors ministre des Travaux publics, puis par son successeur, M. Sadi Carnot, fut adopté par le conseil des ministres.

Le Gouvernement, jaloux de s'approprier cette création, demanda à se substituer à l'initiative privée, et à faire de l'Exposition d'électricité une entreprise de l'État. Soutenu par le ministre des travaux publics Sadi Carnot, le **ministre des Postes et Télégraphes, M. Cocher**y, fut chargé d'en diriger l'exécution ainsi que de former un Congrès international d'électriciens.

L'ouverture officielle de cette Exposition, d'un genre absolument nouveau, se fit le **10 août 1881**, en présence du Président de la République **Jules Grévy**,

avec une solennité qui convenait à une manifestation aussi importante, au point de vue des progrès de la science électrique.

On ne se doutait guère que dans ce vaste Palais de l'Industrie, construit il y avait trente ans à peine, pour renfermer des Expositions universelles et générales, s'ouvrirait un jour une Exposition, non pas même d'une science, mais d'une branche restreinte d'une seule science.

Ce fut là un phénomène bien remarquable, et qui montre d'une façon bien frappante le développement qu'a pris de nos jours l'application des sciences à l'industrie.

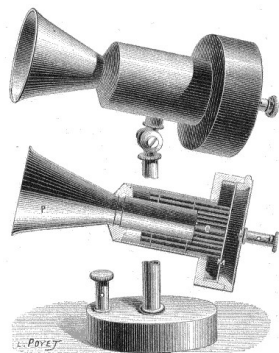
Les expositions internationales constituent ces grands rendez-vous du 19^{ème} siècle entre les états du monde "développé".

Chacun y expose sa puissance technique et économique dans une rivalité qui s'affirme vouloir n'être que "pacifique".

L'électricité y prend naturellement toute sa place. C'est le cas à Londres en 1862, à Paris en 1867 et 1878, à Vienne en 1875 et à Philadelphie en 1876. **Mais l'exposition de 1881, à Paris, est une innovation.**

C'est la première fois qu'une exposition internationale est entièrement consacrée à l'électricité et à ses applications. Cette rencontre prendra une importance particulière avec l'organisation, pendant l'exposition, du premier congrès international des électriciens.

750 000 personnes visiteront l'exposition entre le 11 août et le 20 novembre. Dès l'entrée dans le Palais des Champs Élysées le spectacle est grandiose. Au milieu de la chaussée, un phare électrique, modèle de ceux qui doivent être installés sur les côtes, éclaire la salle de ses feux tournants de différentes couleurs. Ce phare symbolise deux des grandes affaires de cette exposition : l'éclairage et l'utilisation des génératrices électriques de forte puissance.



L'attraction vedette de l'exposition est le téléphone.

L'appareil avait déjà été présenté en 1876 à l'exposition de Philadelphie.

Le téléphone de Bell et ses variantes, tel celui de Edison, se répandent avec une extrême rapidité. La raison essentielle en est la densité du réseau de lignes télégraphiques déjà existantes. Elles sont utilisées par le téléphone qui a d'ailleurs souvent été désigné comme un "télégraphe parlant". Le problème est cependant celui de la résistance électrique de ces lignes et la faible intensité du signal émis.

Les cinq ans qui séparent la découverte de l'exposition de 1881 ont été mis à profit par Bell lui-même et par d'autres ingénieurs techniciens pour trouver des solutions.

Un premier "amplificateur" est utilisé au niveau de l'émetteur. Celui-ci devient un "microphone" capable de transmettre au loin les sons les plus faibles.

Sa réalisation met en œuvre une propriété du graphite dont la découverte est attribuée à l'Américain David **Hughes**. L'intensité du courant débité par la pile varie donc au gré des vibrations et son intensité est bien plus forte que celle du faible courant produit dans la bobine inductrice initialement proposée par Bell. Dès lors la résistance des fils de la ligne télégraphique n'est plus un problème.

Plusieurs microphones sont ainsi présentés à l'exposition dont celui construit par **D'arsonval** et Paul **Bert** (photo ci contre) qui comporte une série de tubes de graphite soumis à une pression réglable.

L'exposition de M. Edison au Palais de l'Industrie, occupe deux salons formant à eux seuls une exposition complète et unique.

L'électricité y apparaît sous toutes ses formes : télégraphes, téléphones, aimants diviseurs des minerais, phonographe, appareils de précision pour les expériences de cabinet, électromotographe, etc. ; et autour de tous ces objets, le long des cloisons, ou suspendues au plafond, ses lampes isolées sur des genouillères, des chandeliers, ou groupées dans les cristaux des lustres.

Nous n'avancions rien de contraire à la plus stricte vérité, en disant que l'éclairage à incandescence de M. Edison, constitue, à cause de ses dispositions pratiques, industrielles, une véritable révolution dans l'éclairage de nos immeubles, révolution que la presse française a unanimement pressentie, et qui est en voie d'accomplissement dans la capitale des États-Unis. A New-York, les travaux d'installation sont déjà faits pour quinze mille lampes; ils se poursuivent activement dans divers quartiers de cette ville ; lorsqu'ils seront terminés on dotera les autres villes des États-Unis et du Canada du système Edison, car pour l'instant il est impossible de répondre à toutes les demandes qui en sont faites.

M. Edison a exposé une collection de photographies des fabriques où se construisent le matériel de son système d'éclairage, composé non seulement de sa lampe, mais d'une canalisation ingénieuse, dont tous les organes sont si intimement reliés les uns aux autres, que, sans elle, l'application pratique générale de la lumière électrique ne pourrait être réalisée. Ses barres en matière isolante, traversées par les conducteurs ; ses boîtes de jonction d'où les barres conductrices se répartissent dans les rues et dans les maisons ; ses patères d'attache aux cloisons ; ses genouillères semblables à celles du gaz, sont exposées dans le salon. Il est facile de se rendre compte que la fabrication de ces objets est du domaine de l'industrie courante. Une des photographies représente la première fabrique de lampes établies à Menlo-Park, la résidence de M. Edison. Elle occupe 150 personnes qui fabriquent 2,000 lampes par jour. On y voit successivement le soufflage du verre, la carbonisation des filaments de bambou, les pompes à faire le vide dans les lampes, le montage des lampes et leur emballage. Les machines-outils y sont actionnées par des machines électro-dynamiques du système Edison. Au près de la maison qu'il habite s'élève un laboratoire, subdivisé en sections de physique, de chimie de métallurgie et de mécanique. Cent personnes environ y sont actuellement occupées à réaliser, dans la pratique, les expériences conçues par M. Edison. Une force motrice de 80 chevaux, disponible nuit et jour, sert au fonctionnement des machines. Il est aisé de concevoir quels résultats positifs, sérieux, peuvent être obtenus par un tel concours d'efforts réunis sous la direction unique du savant américain. Ajoutons que sa bibliothèque est constamment tenue au courant de toute les publications des sociétés savantes : Comptes rendus de l'Académie des sciences, Annales de physique et de chimie, Annales Poggendorf, de Transactions and Proceedings of the Royal Society of London, Silliman's journal, Il Nuovo Cimento, etc. A New-York, Goork-Street, la compagnie concessionnaire du système Edison occupe trois cents ouvriers ; c'est le centre d'action actuel. Là, sont rassemblés tous les moteurs à vapeur, chaudières, machines dynamoélectriques employés dans le système Edison et provenant d'usines liées à la Compagnie par un contrat avec cahier des charges.

M. Edison a prévu, pour Paris, le cas où l'installation de ses deux salons ne suffirait pas à dissiper les préjugés des personnes que leurs habitudes ou une certaine prévention d'esprit, retiennent attachées au système d'éclairage au gaz, à l'huile ou au pétrole, etc. Il monte une chaudière à vapeur pour un moteur de 150 chevaux ; une machine dynamoélectrique à vapeur se composant d'un moteur à vapeur à grande vitesse, parfaitement équilibré, tournant à 360 tours par minute et actionnant, à la même vitesse, une armature qui lui est directement attachée, et dont le poids dépasse trois tonnes et sept. Cette armature développe une énergie électrique équivalant à 120 chevaux et est mise en mouvement par le moteur à vapeur qui en développe 125. Elle doit alimenter sept cents lampes qui serviront à l'éclairage du grand escalier du Palais. La quantité de charbon consommée sous le générateur de vapeur sera comparée à celle utilisée pour produire une égale quantité de lumière de gaz, de façon à établir par une expérience industrielle, l'économie de la lumière Edison.

Parmi les nombreux appareils du même inventeur, disposés dans les deux salons du Palais de l'Industrie, fonctionne le télégraphe quadruplex qui permet d'envoyer à la fois plusieurs dépêches pouvant se bifurquer dans deux directions par un seul et même fil; le téléphone à charbon, utilisé actuellement dans le monde entier, et qui est accompagné de modèles de toutes formes de cet instrument, depuis la première expérience avec du charbon en fil jusqu'au transmetteur de charbon compact employé pour reproduire les sons de la voix humaine ; tous ces appareils sont exposés dans une collection historique qui montre à quel point le sujet a été étudié par M. Edison.

On voit aussi plusieurs formes de magnéto-téléphones construits par M. Edison bien avant que cet inventeur ait exécuté ses premiers essais de téléphone parlant. Citons également le phonographe qui enregistre la parole humaine, la reproduit, et qui, par des dispositions toutes nouvelles, la transmet en outre à distance par le téléphone ; plus loin c'est la plume électrique qui permet de reproduire une lettre, un dessin, à un nombre considérable d'exemplaires. Parmi les appareils servant aux expériences de laboratoire, se trouvent le microtélésimètre avec lequel, en 1878, M. Edison a pu mesurer les changements les plus faibles de température. Cet appareil lui a permis de reconnaître des rayons calorifiques dans les rayons lumineux émis par la plupart des étoiles fixes: il a aussi démontré le premier la possibilité d'enregistrer les phases de mouvement produites par un rayon de lumière ondulatoire. L'orodoscope, appareil qui permet de rendre visible la présence de certaines huiles essentielles et des vapeurs d'hydrocarbure, et d'enregistrer leur action. Le Webermètre, balance très délicate qui enregistre la quantité de courant qui a traversé un circuit pendant un temps donné. Les avantages de cet instrument seront très appréciés par les physiciens qui s'occupent des quantités électriques et connaissent la valeur du pont de Wheatstone et du galvanomètre de Thompson. Le "Webermètre révèle et permet de mesurer un courant si faible qu'il ne déposerait que dix milligrammes de cuivre dans l'espace d'un siècle. L'électromotographe, qui permet de transmettre la parole au loin comme le télé phone, mais en la reproduisant avec son intensité naturelle, est l'objet de la vive curiosité du public.

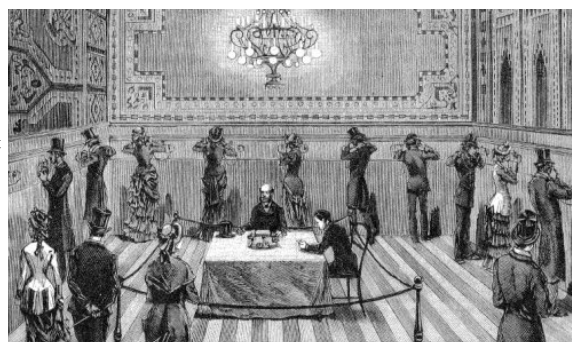
La mise en œuvre de l'exposition de 1881 a été confiée au Ministère des Postes et Télégraphes désigné sous le sigle P&T.

Le téléphone c'est la merveille, le grand événement de l'Exposition de 1881 pour le public, et l'on peut ajouter, pour les savants eux-mêmes.

C'est une foule qui se précipite tous les soirs dans les quatre salles destinées aux démonstrations du téléphone. Il faut attendre souvent plusieurs heures avant d'entrer, par groupes de vingt, dans une salle dont les murs sont tapissés de tapis d'Orient et le sol recouvert d'un épais tapis. Là, chacun peut écouter pendant 5 minutes les airs qui se chantent ou se jouent à l'Opéra relié à la salle par une ligne traversant les égouts.

L'accueil est enthousiaste : " Il faut avoir entendu dans les téléphones de l'Exposition d'Electricité, pour se rendre exactement compte de la délicatesse avec laquelle les sons se trouvent transmis. Non seulement on entend les artistes, mais on reconnaît leur voix, on distingue les murmures du public dans la salle, on perçoit ses applaudissements.

La plus importante exposition téléphonique fut celle de la **S.G.T** .



La **Société générale des Téléphones** est propriétaire ou concessionnaire exclusive, en France, des brevets relatifs aux appareils indiqués dans son catalogue comme brevetés. Elle entend exercer tous ses droits sur les appareils et sur leurs dérivés couverts par ses brevets.

En conséquence, elle seule construit ou fait construire les appareils faisant l'objet de ses brevets; ils ne peuvent être vendus que par elle ou par les intermédiaires auxquels elle en fournit; *ils portent tous sa marque et son poinçon*.

Tout appareil qui ne porterait pas cette marque sera réputé contrefait. La Société poursuivra les constructeurs, introducteurs, vendeurs et détenteurs d'appareils contrefaits.

M. Ader, qui avait présidé de la manière la plus intelligente et la plus heureuse à toutes ces installations, fit ainsi reconnaître la supériorité de son appareil et les appareils de diverses sortes posés chez les abonnés furent tous retirés et remplacés par le téléphone à microphone Ader.

De cette époque date réellement l'extension de la téléphonie en France.

Trente postes téléphoniques à pupitre Ader sont disponibles sur l'exposition pour communiquer sur l'ensemble de l'exposition.

Afin de s'isoler du bruit ambiant ils étaient installés dans des guérites en bois, capitonné à l'intérieur. Ce sont ces mêmes premières cabines téléphoniques que l'on commença à installer sur les réseaux en 1885 ! (en quelque sorte ce furent les premières cabines téléphoniques publiques).

La commission supérieure de l'Exposition avait pensé, avec raison, que c'était là le meilleur moyen de convaincre les visiteurs de la valeur et de l'utilité pratique de la nouvelle invention de la téléphonie.

Mais ce qui fit particulièrement le succès de la téléphonie, ce fut le coup de théâtre — c'est le cas de le dire — des auditions musicales. M. Ader parvint à résoudre le problème jusque-là fort imparfaitement résolu, de faire entendre à plusieurs kilomètres de distance un orchestre, des chœurs et des chants d'opéra. Déjà sans doute, et dès les premiers temps de sa découverte, c'est-à-dire en 1877, M. Graham Bell était parvenu, en modifiant son transmetteur, à faire entendre, de Boston à Salem, des chants, un solo d'instrument et même quelques morceaux d'orchestre. Mais si l'on essayait d'augmenter le nombre des chanteurs et des instruments, l'audition devenait confuse et incomplète. M. Ader s'occupa, avec une ardeur sans égale, à vaincre toutes les difficultés du transport téléphonique des représentations théâtrales, et il parvint à en triompher merveilleusement. En disposant sur le théâtre plusieurs transmetteurs microphoniques, convenablement distribués, et aboutissant tous au même récepteur, il parvint à faire entendre au Palais de l'industrie les chants, l'orchestre et les chœurs qui composaient une représentation du Grand Opéra.

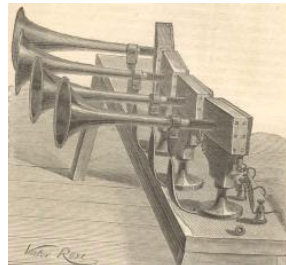
Le plus grand succès fut l'installation des auditions téléphoniques du grand Opéra, désigné sous le nom de "**théâtrophone**", et fonctionne en stéréophonie. Devant la scène de l'opéra des "transmetteurs" (larges plaques posées sur des tiges de graphite), sont disposées de chaque côté de la loge du souffleur. Chaque série est reliée à l'un des deux écouteurs dont dispose l'auditeur restituant ainsi le "relief" du son.

Si le téléphone est une révélation pour la majorité des visiteurs, ce n'est pourtant pas une nouveauté à Paris.

Il y existe un réseau dont ses promoteurs n'hésitent pas à affirmer qu'il est "le plus parfait de ceux fonctionnant aujourd'hui, tant en Europe qu'aux Etats-Unis".



Ecouteurs



Transmetteurs à l'Opéra

A cette exposition Louis Maiche représentait "La société de l'électrophone" et ses nombreux appareils divers.

SOCIÉTÉ DE L'ÉLECTROPHONE L. MAICHE & C^{ie} PARIS — 3, RUE LOUIS LE GRAND — PARIS

M. L. Maiche, dont les découvertes scientifiques et industrielles sont bien connues, expose toute une série d'appareils, qui se distinguent par un caractère de frappante originalité et une grande fécondité de conception. De nombreux problèmes, parmi les plus complexes de la science électrique, ont été abordés par lui avec une véritable hardiesse, et sont résolus sous nos yeux de la manière la plus heureuse.

Chacun d'eux ayant une importance pratique considérable, nous allons les examiner en détail et séparément :

Électrophone. (Transmetteur de la parole à grandes distances.)

Cet appareil est exposé dans la grande galerie du premier étage, où deux postes ont pu être établis à chacune de ses extrémités. Il fonctionne au milieu du bruit des machines, du piétinement et des conversations des promeneurs, sans qu'aucune précaution n'ait été prise pour se soustraire à ces inconvénients. Ces conditions fâcheuses ont été choisies à dessein pour démontrer au public la supériorité de l'appareil. Nous avons été frappés par la hauteur du ton et la netteté de la voix transmise; malgré les bruits environnants, pas un mot d'une lecture rapide à voix basse ne nous a échappé. Il n'était pas nécessaire de s'approcher de l'appareil pour parler, nous pouvions même lui tourner le dos. C'est certainement, suivant l'opinion de toutes les personnes présentes, le plus puissant des appareils connus.

Mais c'est surtout en vue des longues distances que M. Maiche a combiné les différentes parties de son électrophone. On sait que la transmission de la parole sur les lignes télégraphiques, présente des difficultés de toutes natures; M. Maiche les a surmontées avec un rare bonheur. Les journaux scientifiques ont relaté les essais de son appareil, faits de Calais à Douvres et de Douvres à Londres, dans l'après-midi, à l'heure où le service des lignes télégraphiques est le plus actif : on sait que ces expériences ont eu le succès le plus complet. La conversation s'est effectuée entre ces points pendant plusieurs heures, librement, et sans interruption. Pour obtenir ce résultat, il fallait, entre autres difficultés, supprimer les bruits d'induction produits par les fils conducteurs les uns sur les autres, sous l'influence de l'envoi de dépêches télégraphiques dans les lignes voisines, bruits qui sont assez hauts pour couvrir la voix.

Suppression de l'induction. Une expérience extrêmement curieuse est faite sous nos yeux, en vue de démontrer l'efficacité des moyens employés par M. Maiche pour anéantir ces bruits d'induction, et laisser subsister la voix dans toute sa plénitude. On se sert d'un câble renfermant trois fils isolés. Dans l'un de ces fils, passe le courant interrompu d'une pile; le deuxième est mis en rapport avec un téléphone ordinaire, dans lequel on entend un bourdonnement insupportable; le troisième est celui qui relie, entre eux, deux électrophones. Le bruit produit par le courant interrompu de la pile, et qui est entendu avec tant de force dans le deuxième fil, n'est plus perçu dans le troisième (qui est cependant voisin du premier au même degré que le deuxième), il se trouve complètement anéanti, et le tic-tac d'une montre, placée près de l'un des électrophones, est clairement et seul entendu à l'autre poste, bien que des résistances équivalant à plusieurs milliers de kilomètres aient été interposées dans le circuit.

Transmission et réception de plusieurs voix sur un seul fil. M. Maiche nous fait aussi voir la transmission et la réception simultanée de plusieurs voix sur une même ligne. Au départ, deux personnes parlent en même temps. A l'arrivée, deux personnes écoutent. Chacune de ces deux personnes entend séparément la voix qu'elle veut entendre, et sans aucun mélange. Dans les appareils télégraphiques Duplex, on utilise le temps perdu entre l'envoi de chaque signal. Ici, rien de semblable : les voix sont mélangées sur la ligne et se séparent à l'arrivée.

Condensateur expéditeur de la parole. L'utilisation du condensateur (un simple cahier de papier) comme expéditeur de la parole est toute une révélation. Il est employé seul, c'est-à-dire sans le secours d'aucun téléphone, microphone ou bobine. On avait déjà réussi à se servir du condensateur comme récepteur, mais jusqu'à présent, personne n'avait imaginé de l'utiliser comme transmetteur. La découverte de M. Maiche sur ce point est certainement grosse pour l'avenir, le condensateur présentant sur le microphone des avantages pratiques marqués. Nous ne nous étendons pas davantage sur ce sujet; nous nous contentons d'en signaler toute l'importance, et de mentionner les résultats très surprenants obtenus par M. Maiche.

M. Maiche expose aussi, dans cet ordre d'idées, une collection des appareils dits « électrophones », qu'il a imaginés jusqu'à présent, et qui ont subi peu à peu les transformations qui ont abouti au type actuel. Nous remarquons, entre autres, l'appareil breveté en 1878.

C'est une caisse sonore, transmettant les vibrations du son à une série de charbons cylindriques disposés d'une manière spéciale.

Cette disposition des charbons multiples avait donné lieu, dans l'origine, à quelques critiques, cependant elle forme la base des imitations que constituent certains appareils actuels très prônés. M. Maiche y a substitué depuis ses dispositions actuelles qui, suivant lui, sont bien préférables. **Télégraphie.** On sait de quelle utilité sont ces relais qui permettent l'envoi de dépêches à de très grandes distances.

Le système exposé par M. Maiche permet la transmission de ces dépêches à des distances illimitées. Pour le démontrer, M. Maiche fait fonctionner un récepteur ordinaire de Morse au moyen d'un seul élément de pile, même le plus faible, en employant pour résistance le vide d'un tube de Geisler. Chaque signal qui s'imprime à l'arrivée paraît d'abord sous la forme d'une lueur dans le tube, ce qui permet au public de « voir passer » la dépêche.

Pile inusable. La pile télégraphique Maiche a vivement excité l'attention des électriciens. La dépoliarisation s'effectue par la combinaison de l'oxygène de l'air avec l'hydrogène de l'eau, sous l'influence de charbons platinés humides, renfermés dans un vase en porcelaine plongeant légèrement dans de l'eau acidulée. Une petite coupe en porcelaine, disposée au-dessous du vase poreux, contient un peu de mercure, sur lequel repose le zinc. Des conducteurs en platine transmettent le courant à deux bornes fixées à un couvercle en ébonite qui recouvre le bocal, et sert de support à tout le système. Le résultat se résume ainsi : usure du zinc réduite à ses dernières limites ; dépoliarisation

indéfinie ne coûtant rien ; constance rigoureuse ; grande propreté. Pour la télégraphie, les sonneries, les signaux, etc., on peut dire que c'est la pile par excellence. Sa force électro-motrice est égale à 1,250, celle de Daniel étant égale à 1,000.

Lumière électrique à domicile. Il nous reste à parler du système de régénération des piles, imaginé par M. L. Maiche.

Ce système n'a aucun rapport direct avec les appareils dits « accumulateurs. » M. Maiche a pour but de fournir la lumière électrique à domicile de la manière suivante, qui est des plus simples : Étant donné une pile capable de produire cette lumière électrique (500 bougies, par exemple), cette pile, sans odeur, n'ayant besoin d'aucun entretien enfermée dans un endroit quelconque de l'appartement, ou même de la cave. Pour s'éclairer, il suffit de tourner un commutateur, et la pile fonctionne sur toute espèce électrique. Elle finirait par s'épuiser après huit ou dix heures de travail, mais un simple fil conducteur la met en rapport avec une usine électrique, installée plus ou moins loin, laquelle transmet à la pile, par ce même conducteur, un courant électrique inverse. Ce courant régénère la pile, pendant la journée, la remet dans son état primitif, et la rend ainsi propre à servir de nouveau sans délai. Cette pile se régénère ainsi indéfiniment, au fur et à mesure qu'on l'a utilisée.

On voit, par le rapide exposé que nous venons de faire, tout l'intérêt que présente l'exposition de M. Maiche. Cet intérêt explique l'affluence de public que l'on remarque dans cette partie du Palais. Nous regrettons que le cadre qui nous est imposé ne nous permette pas de nous étendre davantage sur le côté technique de chacune des inventions que nous venons d'énumérer. Mais nos lecteurs auront pu néanmoins se rendre compte de la grande importance pratique de ces travaux considérables, et ceux qui auront été à même de les examiner sur place partageront certainement les impressions que nous avons exprimées au début de cet article.

Entre le palais du Trocadéro et un autre palais hâtivement bâti sur le champ de Mars, la galerie des machines, la galerie du travail, l'exposition sur l'histoire de l'industrie abritent les merveilles du « siècle de l'industrie ».

Dans un coin de la section d'électricité, un petit dispositif pour le moment n'attire guère l'attention. On l'appelle le téléphone.

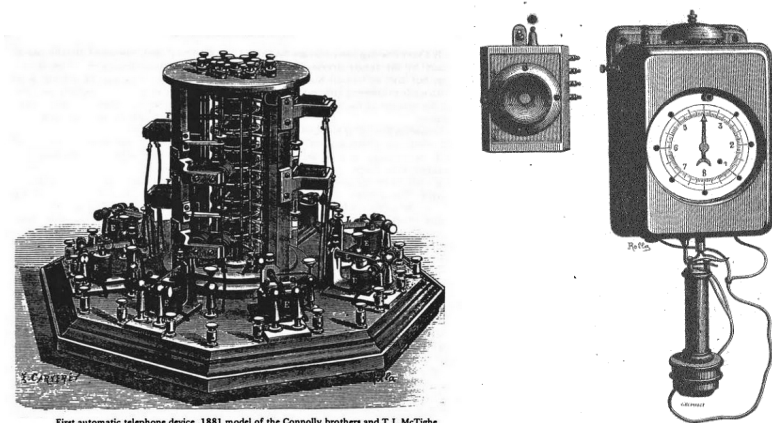
La commission chargée de mettre en place la section d'électricité de l'Exposition a même failli l'oublier.

Pourtant les représentants commerciaux des inventeurs américains [Bell](#) et [Edison](#) s'activent. Ils ont déposé des brevets en Europe et rassemblent des capitaux pour monter des sociétés de Téléphone. Ils adressent au ministre des P. et T. des demandes de concession en bonne et due forme.

Fort heureusement, [Cornelius Roosevelt](#) chargé par Bell de l'exploitation du téléphone en France avait profité de cette opportunité pour demander un espace aménagé à l'exposition, car depuis l'exposition de 1876 à Philadelphie, le téléphone Bell n'avait pas beaucoup d'audience auprès du public. Bell n'était pas le seul dans le domaine, il y avait l'italien [Righi](#) avec un téléphone plus abouti ... En voici une Note de M. Righi, présentée par M. du Moncel. (Extrait) lors des Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences

A l'exposition universelle de 1881, on pourra voir fonctionner le premier [commutateur téléphonique automatique au monde](#). ([brevet automatic telephone-exchange 22.458 de 1879](#)).

Une invention de Daniel et Thomas [Connolly](#) et J. [McTighe](#) Américains de Grande Bretagne en 1879 inventent le [il sera perfectionné en 1881, et breveté en 1883](#).



First automatic telephone device, 1881 model of the Connolly brothers and T.J. McTighe.

L'utilisation d'un cadran est beaucoup plus ancienne que le téléphone. il a été suggéré par William F. Cooke en 1836 en liaison avec la télégraphie et a été utilisé pour la première fois dans le télégraphe à cadran de 1839 du Professeur Wheatstone. Au cours des années suivantes, il a fait l'objet de nombreuses améliorations et a été utilisé non seulement dans les systèmes de télégraphie à cadran, mais aussi dans les systèmes d'alarme d'incendie et de messagerie de district.

Le premier cadran de téléphone pour le système [Connolly](#) est alors inspiré du système télégraphique Froment de 1851

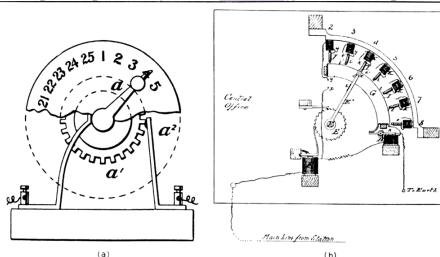
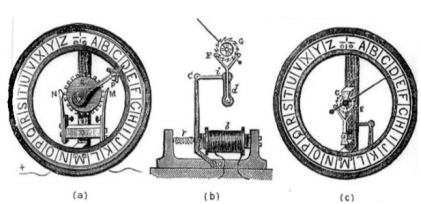


Fig. 3.—Dial arrangement (a) and switching elements (b) for one subscriber's line illustrated in the [Connolly and McTighe patent of 1879](#). Similar switching equipment, mounted on a common shaft, was provided for each line of the exchange.

[Le cadran Connolly](#)

le cadran Froment :



LES APPAREILS TÉLÉPHONIQUES (La Lumière Electrique de 1881)

Comme on devait s'y attendre, les appareils téléphoniques ont joué un rôle important à l'Exposition, on en a trouvé des modèles plus ou moins bien construits dans les diverses expositions des différents constructeurs de tous les pays, mais il en est peu qui aient présenté des dispositions réellement nouvelles.

Vers la fin de l'Exposition, M. Graham Bell avait envoyé les modèles de ses premiers téléphones, qui avaient du reste figuré aux procès qui ont eu lieu en Amérique au sujet de cette invention, et ces appareils très intéressants occupaient toute une vitrine à côté de ses beaux instruments de radiophonie. Parmi ces appareils on voyait ceux qui ont été essayés en 1875, et qui sont représentés dans son fameux brevet du 14 février 1876. Ils consistaient dans des électro-aimants boîtiers dont l'armature était reliée par une tige légère à une membrane de parchemin, tendue sur un tambour. Le transmetteur et le récepteur étaient semblables, et quand on parlait devant l'une des membranes, il résultait des mouvements de l'armature devant l'électro-aimant correspondant, des courants induits ondulatoires capables d'influencer assez l'électroaimant mis en rapport avec lui, pour faire reproduire au diaphragme les vibrations de la voix. A côté de ces appareils, on voyait ceux qui avaient figuré à l'Exposition de Philadelphie en 1876, et que nous avons représentés dans notre ouvrage sur le téléphone; puis on trouvait le transmetteur à résistance variable et à liquide qui était également exposé à Philadelphie, et plusieurs autres appareils expérimentés par lui à la Providence en 1876. Cette exposition rétrospective avait un intérêt d'autant plus grand que le fameux procès en instance depuis 1877, ne fait que d'être jugé, et on pouvait y voir par conséquent l'histoire de cette merveilleuse découverte.

En dehors de cette exposition, on ne trouvait, comme dispositifs nouveaux, que les téléphones de M. Dolbear, dont nous allons parler, et ceux de M. Maiche disposés pour la reproduction simultanée et séparée de plusieurs conversations à travers un même fil, appareils accompagnés de quelques dispositifs intéressants au point de vue scientifique. Nous ne parlons pas de la fanfare d'Ader, l'un des plus curieux appareils de l'Exposition, car elle appartient plutôt à la microphonie qu'à la téléphonie, et d'ailleurs nous en parlerons plus tard en en donnant un dessin.

Mais, si les appareils basés sur des principes nouveaux étaient rares à l'Exposition, on en trouvait de plus ou moins bons modèles aux expositions de la Compagnie générale des Téléphones qui avait exposé tous les appareils de M. Ader et de M. Gower, aux expositions françaises, de M. Breguet, de M. Postel Vinay, de M. Lenczewski, de M. Trouvé, de M. Ducretet, de MM. Gaiffe, Deschiens, Boudet de Paris, Dunand et de plusieurs autres tels que MM. Aboillard, Digeon, de Combettes, Courtot, Crosse, Dutertre, Mangelot, Mors, Regnard, Solignac, etc., etc.; aux expositions étrangères de MM. Siemens, Naglo-Gebrüder, Edison, Hirsh, Korner, Ochorowicz, Schaëffler, Courtois, de Loch-Laby, Devos, Gérard, Libin, Monseu, Martiny, Ponson, Janus, Van Hulle, Verry-Bonnet, Soriano-y-Ferrer, Blakey-Emott, Latimer Clark et Muirhead, Paterson, J. Wollaston, Fautrier, Marcucci, Nigra, Ottesen, Ericsson, Theiler, Hipp, Machalski. Dans toutes ces expositions, on trouvait des microphones de différents genres en même temps que des téléphones

; mais un seul constructeur a exposé des appareils transmetteurs fondés sur l'interposition des flammes, systèmes essayés dans l'origine, pour la radiophonie, par M. Jamieson et autres. Ce constructeur était M. Amsler de Schaffouse; il prétendait que son appareil auquel il avait donné le nom de microtéléphone à flamme, présentait des avantages pour les transmissions à travers des conducteurs de grande résistance.

Nous avons déjà décrit dans ce journal la plupart de ces systèmes téléphoniques, et en particulier ceux de MM. Siemens, Gower, Ader, Boudet de Paris, Dunand, Edison, Ochorowicz, Nigra, Theiler, Maiche et Locht-Laby....

Clôture de l'Exposition d'électricité.

C'est le dimanche, 20 novembre, qu'a eu lieu la clôture de l'Exposition d'électricité. Nous avons tenu à assister à cette dernière visite. L'administration ayant eu l'excellente idée d'ouvrir gratuitement les portes du palais, la clôture devenait une vraie fête populaire, fête comme nous aimerions à en voir beaucoup, car elle constituait pour la foule un délassément honnête et instructif.

Le public a d'ailleurs largement profité de cette générosité, à huit heures les queues formaient deux queues plus longues que le palais. Au moment de l'ouverture des portes le spectacle était saisissant ; l'aspect de la foule qui entraînait n'était nullement celui auquel, depuis deux mois, nous étions accoutumés : hommes, femmes et enfants s'avançaient émerveillés et presque silencieux, on ne parlait qu'à demi-voix. En un mot, il était facile de voir que, pour cette foule, le palais apparaissait non comme une halle aux bibelots, mais comme le temple de la science. Il est vrai que cette impression a été d'assez courte durée, à peine un quart d'heure s'était écoulé que les conversations s'étaient animées, et chacun exprimait franchement son admiration. Quant à l'Exposition elle-même, elle était à peu de chose près ce que nous l'avions vue tant de fois. Cependant, nous n'avons pas aperçu un seul ouvrier occupé à monter quelque appareil, l'Exposition était définitivement organisée. Nous signalerons dans la section suédoise, comme une charmante curiosité que nous n'avions pas encore vue, un sapin dont chaque branche portait une ou plusieurs lampes Edison, l'effet était (vraiment charmant, aussi nous ne doutons pas que l'arbre de Noël électrique ne fasse bientôt son apparition dans les maisons où règne l'abondance...

La distribution des récompenses

Ce qui est intéressant dans ce compte rendu, c'est l'extrait du discours de Mascart. L'aspect prospectif est ici dominant : « Nous voyons approcher le moment où l'électricité sera transportée à domicile, mise à la disposition du public par un jeu de robinets... ».

Paris, le 28 octobre 1881.

La distribution des récompenses de l'Exposition internationale d'électricité a eu lieu le vendredi 21 octobre, sous la présidence de M. Cochery, dans la grande salle du Conservatoire de musique.

On trouvera plus loin la liste des exposants ayant mérité des diplômes d'honneur. Nous renvoyons au Journal officiel, pour les médailles d'or, d'argent et de bronze.

Le ministre des Postes et des Télégraphes était assisté, au bureau, de JM. Barthélemy Saint-Hilaire, de M. Teisserenc de Bort, de M. J.-B. Dumas et de MM. Warren de la Rue, Belpaire, Wiedemann, de Beetz, Barker, G. Berger et Mascart.

M. Cochery a ouvert la séance par un discours fréquemment interrompu par les applaudissements de l'assemblée. M. Georges Berger, commissaire général, a ensuite pris la parole pour tracer en quelques mots une sorte d'histoire de l'exposition. « Depuis l'ouverture de l'exposition, dit-il, le chiffre des entrées a été de 570 000, sans compter, bien entendu, celles des exposants et du personnel du service. Le nombre des visiteurs qui ont franchi nos tourniquets payants est de 490 000 environ, dont 26 000 ont été amenés par le tramway électrique. Nous avons autorisé la libre entrée de 4 500 élèves des écoles de la ville de Paris ; plus de 30 000 billets gratuits valables pour une journée auront été répandus dans les ateliers et dans les administrations. L'éloquence de ces chiffres prouve que le public a cessé d'être avide des seuls spectacles qui flattent les regards et charment les sens ; il s'est épris de l'instruction et recherche les occasions de l'acquiescer. »

M. Mascart, rapporteur général du jury, avant de donner lecture des récompenses, a eu l'heureuse idée de présenter une sorte de vue générale des principales applications de l'électricité. « L'exposition actuelle n'a pas de précédent. Elle représente l'ensemble des applications industrielles d'une science qui est pour ainsi dire née avec le siècle.

Quelques-unes de ces applications ont paru dans les expositions antérieures, dont elles ne formaient que la moindre partie. Il y a quelques mois seulement, on pouvait encore douter que cette industrie, fût capable de fournir les éléments d'une exposition universelle et d'attirer l'attention du public ; mais les progrès accomplis de nos jours et presque sous nos yeux ont donné à l'ensemble des objets exposés un éclat incomparable.

L'exposition présente même ce caractère inaccoutumé que la science et l'industrie y sont intimement mêlées ; on retrouve dans les applications usuelles les déductions de la science la plus élevée et le génie de l'invention dans ce qu'il a de plus imprévu.

L'éclairage électrique a été dans l'exposition une véritable révélation. A côté de la lumière à arc de Davy qui a été transformée, régularisée par les méthodes les plus simples et les mécanismes les plus ingénieux, nous avons vu apparaître sa sœur rivale, la lumière à incandescence, qui ne se propose plus seulement d'illuminer les phares et d'éclairer les grands espaces, mais de s'établir au foyer domestique. Les machines magnétoélectriques, créées d'abord en vue de la lumière, sont maintenant appelées à un rôle plus étendu. Dans l'industrie des dépôts métalliques, elles ont éliminé les piles encombrantes et coûteuses ; dans les arts mécaniques, l'électricité n'avait d'abord servi qu'à régler le départ, l'arrêt et le mouvement des organes de précision ; elle transporte maintenant la force aux machines-outils, et même aux machines plus puissantes qui exigent un travail important, sans autre intermédiaires que des fils métalliques qui suivent les routes les plus capricieuses. On peut réaliser aujourd'hui ce problème singulier de faire passer vingt chevaux-vapeur par le trou d'une serrure.

Cette question du transport de la force par l'électricité a exercé la sagacité des inventeurs. Nous voyons approcher le moment où l'électricité sera transportée à domicile, mise à la disposition du public par un jeu de robinets, réglée par des soupapes et mesurée par un compteur, plus rigoureusement peut-être qu'on ne le fait aujourd'hui pour l'eau et le gaz d'éclairage. »

Nous enregistrons avec un profond chagrin la perte que la science vient de faire dans la personne d'Antoine Bréguet, qui après s'être fait un nom distingué parmi les électriciens, vient de mourir prématurément (le 8 juillet 1881) à l'âge de 32 ans. On sait la part importante qu'il a prise à l'Exposition d'électricité de 1881, au succès de laquelle il a puissamment contribué. Il était depuis plusieurs années directeur de la Revue scientifique, en même temps qu'il dirigeait l'importante maison de construction d'appareils, qui a été célèbre dans sa spécialité pendant plusieurs générations.

Bilan de l'exposition de 1881

Avec plus de 900 000 visiteurs, l'Exposition de 1881 réussit, comme on le sait, au-delà de toutes les espérances.

Aussi, dans l'année qui suivit, le Gouvernement français voulut-il témoigner sa reconnaissance à l'initiateur d'une manifestation si heureuse pour notre pays, en nommant M. le docteur Herz officier de la Légion d'honneur.

Devant se développer après le succès de l'exposition, les demandes abondent et pour faire face la SGT doit quitter son petit atelier qui ne produit qu'une centaine de postes par mois. Celle-ci décide alors à procéder à une augmentation de capital et pour aller plus vite il est nécessaire de dissoudre la société et d'en recréer une autre...

M. le ministre des Postes et des Télégraphes a adressé le 23 février dernier, à M. le Président de la République le rapport suivant, dans lequel, après avoir rappelé le succès obtenu par l'Exposition d'électricité et constaté les résultats obtenus au point de vue financier, il propose d'affecter à la création, à Paris, d'un laboratoire central d'électricité, la somme de 325.000 francs qui représente au minimum l'excédant des recettes réalisées sur l'ensemble des dépenses.

Monsieur le Président, Par décret en date du 23 octobre 1880, vous avez bien voulu autoriser l'ouverture à Paris, pour le 1^{er} août 1881, d'une Exposition internationale d'électricité et la réunion simultanée d'un Congrès international d'électriciens.

En l'absence des Chambres, nous ne pouvions engager l'État dans des dépenses pour lesquelles des crédits n'avaient pas été ouverts ; d'une part, le délai dont nous disposions avant le 1^{er} août était à peine suffisant et ne nous permettait pas d'attendre la réunion du Parlement pour engager les divers travaux préparatoires. Quelques personnes se sont libéralement offertes pour garantir l'État contre les pertes que pourrait entraîner l'Exposition, déduction faite des recettes qu'elle produirait ; l'association de garantie ainsi formée stipulait, en outre, que dans le cas où les comptes de l'Exposition se solderaient par un bénéfice, ce bénéfice serait remis au gouvernement pour être employé à une œuvre profitable au progrès de la science électrique.

Nous avons accepté ces propositions qui garantissaient l'État contre toute éventualité, et nous avons pu alors inviter les différents États à prendre part à l'exposition d'électricité. La Belgique, l'Allemagne, l'Angleterre, les États-Unis de l'Amérique du Nord, l'Italie, l'Autriche, la Russie, la Suède, la Suisse, l'Espagne, la Norvège, les Pays-Bas, le Danemark, la Hongrie et le Japon ont répondu à notre appel par la promesse de leur concours. Les mêmes États, auxquels sont venus se joindre la Confédération Argentine, le Brésil, les États-Unis de Colombie, la République de Costa-Rica, les États-Unis du Mexique, les États-Unis de Venezuela, la Grèce, le Guatemala, le Luxembourg, le Nicaragua, le Portugal et le Salvador ont, en outre, désigné leurs délégués au Congrès. L'Exposition a été ouverte le 10 août. Si, au début, tous les exposants n'étaient pas également prêts, quinze jours ne s'étaient pas écoulés que l'Exposition était complète.

Dès le 27 août, le palais de l'Industrie, éclairé à la lumière électrique, était ouvert tous les soirs. 1.764 exposants français ou étrangers ont pris part à l'Exposition.

Ils se répartissent ainsi par nations :

France.	937	Italie.	81
Allemagne.	148	Japon.	2
Autriche.	37	Norvège.	19
Belgique.	208	Pays-Bas.	18
Danemarck.	5	Russie.	28
Espagne.	33	Suède.	23
Angleterre.	122	Suisse.	21
Hongrie.	10		

Le service de la force motrice et de l'éclairage a utilisé 32 chaudières présentant un ensemble de 1.339 mètres carrés, fournissant la vapeur à 39 machines, développant une force nominale de 1.267 chevaux et une force effective de plus de 1.600 chevaux ; 12 machines à gaz.

Le nombre des visiteurs payants n'a pas été moindre de 673.473.

Les entrées gratuites ont été en nombre considérable. Des cartes en effet ont été accordées libéralement aux écoles, distribuées dans les ateliers, etc. Deux jours ont en outre été pour clore l'Exposition, exclusivement réservés aux entrées gratuites. Plus de 80.000 personnes ont pu pénétrer dans le palais pendant ces deux journées.

Les recettes, y compris la subvention de 200.000 francs accordée par la loi du 27 décembre 1880 et la subvention de la ville de Paris, s'élevant à 25.000 francs, ont atteint la somme de 1.048.417,68. Les dépenses actuellement payées sont de 689.490,48.

D'où un produit net s'élevant à 358.926,84. Mais il reste encore quelques frais à solder qui diminueront ce chiffre.

Dès à présent, on peut être assuré que le bénéfice net ne sera pas moindre de 325.000 francs.

C'est cette somme dépassant de 125.000 francs la subvention de l'Etat que l'association de garantie apporte dès à présent au gouvernement en le priant de l'appliquer à la création d'un laboratoire qui servira aux expériences d'électricité. J'ai l'honneur de vous proposer, monsieur le Président, d'accepter la destination indiquée par l'association de garantie. Le décret soumis à votre signature aura pour résultat de compléter les résultats de l'Exposition. En ouvrant le palais de l'Industrie à la science de l'électricité et à ses applications, la France a attesté les immenses progrès obtenus dans ces dernières années, et, par les récompenses accordées, elle a encouragé de nouvelles découvertes pour un avenir prochain. L'institution du laboratoire central d'électricité fournira de nouveau les moyens de travailler au développement de cette science, à laquelle l'avenir ouvre un champ si vaste. Il continuera dans de plus modestes conditions les travaux du Congrès.

Ce laboratoire dépendra du département des Postes et des Télégraphes, qui a organisé l'Exposition et se trouve le plus directement intéressé dans la question, mais il profitera également à d'autres départements ministériels.

Je vous prie d'agréer, monsieur le Président, l'assurance de mon profond respect.

Le Ministre des Postes et des Télégraphes.

Signé Ad. [COCHERY](#)

En publiant ce Rapport, le Journal Officiel le fait suivre du décret suivant :

LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Sur le rapport du ministre des Postes et des Télégraphes,

Décète :

-Art. 1^{er}. —Il est institué à Paris, sous la haute direction du Ministre des Postes et des Télégraphes, un laboratoire central d'électricité.

Art. 2. La somme de 325.000 francs, dès à présent disponible sur les bénéfices de l'Exposition internationale d'électricité, est consacrée à l'organisation et à l'entretien de ce laboratoire.

-Art. 3. Un arrêté ministériel réglera l'organisation et les conditions du fonctionnement du laboratoire.

-Art.4 Le ministre des Postes et des Télégraphes est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 24 février 1882.

Par le Président de la République Jules GREVY.

Le Ministre des Postes et des Télégraphes,

Ad. COCHERY.

La presse se montre élogieuse et publie de nombreux articles.

Le Temps, du 1 août 1881, écrit à propos de cette exposition : Non moins curieuses seront les salles 7et 8, c'est là qu'on sera franchement en pleine féerie. Six petits salons soigneusement isolés des bruits du palais y sont aménagés. Des fils les mettent en communication avec l'Opéra et la Comédie-Française, et grâce aux téléphones de Mr Ader, on y pourra entendre une représentation du Prophète ou du Monde où l'on s'ennuie aussi bien que si l'on était dans une stalle d'orchestre du théâtre. Le téléphone ne laisse perdre aucun bruit ; les applaudissements, les pas des acteurs sur les planches, une chaise qu'on déplace, on entend tout. N'étaient le jeu des acteurs et l'aspect du décor, plus ne serait besoin d'aller au théâtre, on assisterait à une première chez soi.

Le journaliste Gaston Tissandier écrit, avec enthousiasme, dans la Nature :

M.Ader a bien voulu nous inviter aux expériences préliminaires qui ont été exécutées; cela est merveilleux, cela est magique. Ces résultats à eux seuls assureraient le succès de l'Exposition d'Electricité.

Puis, dans le numéro du 24 septembre 1881, il rapporte : On entre dans chacune des salles, vingt par vingt, après avoir fait la queue, quelquefois pendant un temps considérable. Il n'est pas rare de voir plusieurs centaines de personnes attendre leur tour devant les portes.

Les articles de la presse sont favorables au téléphone et vantent les qualités des appareils Ader. Son oeuvre est unanimement reconnue, elle lui vaut de nombreuses lettres de remerciements, de demandes pour obtenir une audition théâtrale ou faire une expérience. L'ingénieur Berthon écrit à Ader, il lui demande de faire une démonstration de son appareil dans une soirée où seront invités également des Ministres, les Préfets de la Seine et de police MM.Berger, Breguet et toutes les sommités de la science et de la Presse.

Le théâtrophone est également installé chez le président de la République pour permettre à ses invités de se délecter en écoutant les chants de l'opéra

Des salles d'audition sont aussi placées au Théâtre National de l'Opéra Comique et à la Comédie-Française. Ader a même prévu d'équiper les combinés du théâtrophone d'un boîtier permettant d'écouter la musique en échange d'une pièce de monnaie, il dépose un brevet de son appareil.

Ce succès profite à Ader qui obtient, à 40 ans, la croix de chevalier de la Légion d'honneur au titre du ministère des Postes et des Télégraphes Le ministre lui adresse un élogieux témoignage de satisfaction :

Cette distinction est la juste récompense des remarquables perfectionnements apportés par vous au téléphone qui pendant l'Exposition a eu tant de succès auprès du public, je désire qu'elle soit en outre un encouragement à réaliser de nouveaux perfectionnements que nous sommes en droit d'attendre de votre intelligente initiative.

Paru dans L'Illustration, 1er octobre 1881

Ces extraits empruntés à L'Illustration sont tout à la gloire de la lampe Edison. On y retrouve les thèmes qui, pendant près de cinquante ans, serviront le discours «publicitaire électrique » : hygiène, douceur, propreté et absence de danger.

Le retentissement causé par l'exposition Edison, l'intérêt si puissant qu'elle éveille, nous obligent à consacrer une chronique spéciale aux merveilles qu'elle contient.

Les appareils exposés par M. Edison sont trop variés et trop nombreux pour que nous puissions examiner chacun d'eux en détail. Toutes les formes que l'électricité peut prendre ont été réalisées par le fécond inventeur de Menlo-Park : télégraphes, téléphones, phonographes, instruments de précision, aimants diviseurs de minerais, etc., occupent une place importante dans ses salons, mais l'attention publique se porte surtout sur son système d'éclairage, appelé prochainement à se substituer à tous les systèmes en usage. Aussi devient-il intéressant d'étudier le système Edison, dont l'application va modifier complètement nos habitudes.

C'est la lumière Edison qui resplendit dans les lustres de ses salons. Ce sont ses reflets qui éclairent les tableaux suspendus aux murailles, sans en modifier les colorations ; de très jolis tableaux, signés de noms célèbres, et que MM. Arnold et Tripp ont obligeamment confiés à MM. Batchelor et Otto A. Mosés, les organisateurs de l'exposition Edison. Il y a là des coins de forêt paisibles, des fêtes villageoises animées, des chasses effrénées, des scènes d'intérieur alertement peintes, formant un cadre charmant à la science, qui règne en maîtresse devant eux.

Ses lampes brillent aussi autour des murs, sur des branches pivotantes, semblables à celles du gaz, avec des abat-jour de porcelaine. On a peine à en approcher. C'est à qui tiendra les chandeliers, questionnera les employés de M. Edison sur leur fonctionnement, leur prix, et l'époque à laquelle il sera donné au public d'en jouir.

Car c'est à cause de ses dispositions pratiques que le système Edison est ainsi l'objet de la faveur générale. Les organes qui le composent n'ont rien de la délicatesse des appareils de laboratoire, pouvant servir seulement à des expériences intéressantes : tous, au contraire, depuis les barres de canalisation des rues, jusqu'à la lampe elle-même, ont

l'aspect des produits fabriqués pour un usage constant.

La lampe Edison, on le sait, est une lampe à incandescence, c'est à-dire que sa lumière est produite par l'incandescence d'un conducteur traversé par un circuit électrique. M. Edison, après s'être livré à des essais avec du papier et des cartons de nature différente, s'est arrêté aux fibres végétales, pour obtenir son conducteur. Il se sert actuellement de fibres de bambou carbonisées par un procédé spécial, auxquelles il donne la forme d'un U. Chaque lampe se compose d'un mince filament de charbon ainsi recourbé et relié par ses extrémités à deux fils de platine qui y amènent l'électricité, le tout contenu dans un globe de verre de la grosseur et de la forme d'une poire, dans lequel on opère. La partie inférieure du globe est hermétiquement close par un tampon en plâtre garni de deux anneaux en cuivre. Chacun des fils de platine de l'intérieur est soudé à l'un des anneaux, qui servent à établir le contact avec le circuit extérieur. L'anneau inférieur est muni d'un pas de vis, et comme il a un diamètre très petit, il permet de poser la lampe sur les supports de toutes formes, dans lesquels un pas semblable aura été ménagé pour la recevoir.

Ainsi fabriquée, la lampe Edison revient à 1,50 franc environ et peut durer de six à huit mois. On la remplace seulement quand le filament de charbon se brise. C'est le vide dans lequel il brûle qui lui assure une durée aussi longue, car, à l'air libre, l'oxygène de l'air activerait la combustion du charbon et la lampe serait bientôt hors d'usage. La lumière qu'elle produit est analogue comme intensité et comme couleur à celle d'un bec de gaz, mais avec une pureté et une fixité complètes.

Bien que la lampe Edison fût une merveille d'ingéniosité, son application à nos usages domestiques serait difficile, sinon impossible, sans le système de canalisation dont l'illustre physicien l'a pourvue. C'est ce système, dont les détails portent l'empreinte d'un esprit prodigieusement convaincu des nécessités pratiques, qui permet de transporter l'électricité et de la diviser à l'infini, sans la moindre difficulté, ni le moindre danger. (...)

On conçoit que l'exposition de semblables merveilles cause grand bruit dans Paris. Les salons de M. Edison présentent une physionomie très animée. Comme les lampes si simples du savant américain, avec leur lumière dorée, agréable aux yeux, ne dégagent aucune émanation, aucune fumée, et si peu de chaleur qu'on les presse impunément dans sa main, immédiatement la fumée, l'odeur, la chaleur, les dangers du gaz, se présentent à l'esprit et des comparaisons s'établissent. Les uns racontent les explosions survenues dans leurs magasins, les autres font un tableau de leurs marchandises détériorées, de leurs plafonds brûlés, noircis par la chaleur des lustres, des frais d'entretien et de réparation des conduites ou des bees, de leurs craintes d'incendie, etc.

Il se produit autour des tables où des lampes Edison brûlent sur leurs chandeliers portatifs, des scènes intéressantes. L'employé de M. Edison, un Américain sérieux et flegmatique, tourne sa lampe en tous sens, la démonte, l'allume, l'éteint, se prête à toutes les expériences et répond à toutes les questions qu'on lui pose. Quelques élégantes au bras de leur mari s'y rencontrent quelquefois ; on médit alors des lampes à huile, fumeuses, capricieuses, qui marchent bien quelques jours et qui tout à coup vous plantent là ; tantôt la bonne a oublié d'y remettre de l'huile, tantôt la mèche est usée. On se rappelle aussi les commencements d'incendie, causés par une veilleuse ou une bougie trop près approchée des rideaux. Et les lampes renversées, et les domestiques maladroits, et les taches sur les vêtements, sur les tapis ou les tentures.

Au milieu de ce concert de plaintes, la lampe Edison rayonne sur sa table d'acajou, à la satisfaction de quelque brave homme, qui, après avoir remis son journal dans sa poche, manifeste bruyamment sa satisfaction d'avoir pu lire comme en plein jour.

Les physionomies et les conversations se succèdent avec une continuelle diversité, dans les salles de M. Edison. Les restaurateurs à la mode s'y coudoient, et, s'il était possible de transformer instantanément leurs lustres et leurs becs à gaz par des lustres et des becs Edison, ce serait chose faite. Le gaz n'a pas de plus mortels ennemis qu'eux. Dans l'été il éloigne leurs clients ; en hiver, il leur cause des maux de tête, sans parler des dégâts aux immeubles : au bout d'un certain temps, peintures, dorures, toutes ces ornementsations feuillues et gracieuses des salles sont complètement détériorées.

Quant aux artistes, ils ont le plafond de l'Opéra sur le cœur, et le jour où la lampe Edison prendra la place du gaz qui achève de dévorer les peintures de Baudry, ils applaudiront.

Citons aussi les plaintes exhalées par les ouvriers dont le gaz compromet la santé. Il faut les entendre parler de leurs ateliers resserrés, étroits, ceux surtout installés dans les sous-sols où l'air n'est pas suffisamment renouvelé. Presque tous sont contraints à tenir leurs lampes à gaz auprès de leurs visages ; c'est une nécessité de l'industrie parisienne dont les produits si variés, si fragiles, exigent autant d'attention que d'habileté.

Là, comme ailleurs, la lampe Edison sera accueillie avec enthousiasme, car elle apportera, avec son agréable lumière, d'excellentes conditions d'hygiène. (...)

Terminons en disant que M. Batchelor organise en ce moment à Paris des ateliers semblables à ceux de Menlo-Park pour la fabrication des lampes Edison, des machines, des canalisations et de leurs accessoires. Dans un bref délai, le système Edison va donc être appliqué dans la capitale, et nous pouvons affirmer, dès à présent, que le prix de la lumière électrique ne dépassera pas celui du gaz.

1881 Victor Hugo a soixante-dix-neuf ans. Il est une gloire nationale et une cotisation est en cours pour lui élever une statue. L'électricité n'est pas une découverte pour lui, il y a fait référence à plusieurs reprises dans son oeuvre, souvent de manière métaphorique, et ce dès 1831 dans Notre-Dame de Paris.. Mais la visite de l'exposition lui a permis de prendre conscience des perspectives nouvelles, et, en particulier, celle de la téléphonie et de la vision à distance. Il fait part de son enthousiasme à un journaliste de la Ville de Paris.

Opinion de Victor Hugo sur l'Exposition

Nous extrayons de la *Ville de Paris*, en la dégagant du récit de circonstances accessoires, l'opinion émise par Victor Hugo après sa visite au Palais de l'Industrie, en réponse à un ami qui lui demandait de formuler son impression :

« Je pense, dit-il avec ce ton de simplicité émue, qui est comme la musique de son âme, que l'homme est en marche vers un avenir extraordinaire. L'électricité, qui a produit, par la création du télégraphe, une sorte d'élargissement de la patrie, lui donnera l'étendue du globe. Nous aurons la patrie partout.

« L'audition, la vision des milieux aimés pourront être, d'un geste, transportées au loin. Suppression complète de tous les exils et, par suite, solution de la question sociale.

« C'est une erreur de dire que les malheureux n'ont rien en naissant.

« Tout homme naît propriétaire. Il suffit qu'il consente à se déplacer pour aller prendre possession de son bien. La moitié du globe habitable est inhabitée. Pourquoi laisser toutes ces terres en friche? Pourquoi négliger des trésors qui s'offrent à ceux qui viendront les chercher? Les fêtes de l'avenir, en transportant sur tous les points du globe la vie même de la patrie, diminueront les répugnances des prolétaires pour une émigration qui n'est que fictive, car l'existence terrestre a pour champ d'activité toute la terre et non pas seulement tel ou tel coin du globe.

« Ce n'est pas tout encore. Le jour est proche où la surface du sol sera aménagée pour emmagasiner la chaleur solaire; or, qu'est-ce que la chaleur? C'est la lumière, c'est le mouvement. Transformée en électricité, cette chaleur sera distribuée partout, éclairant la nuit les voies publiques, faisant tourner les machines, traînant les locomotives. A-t-on calculé ce qu'on pouvait tirer de la puissance calorifique du soleil?

« L'horrible charbon de terre, pour l'extraction duquel tant de malheureux passent leur vie dans des cachots souterrains, sera laissé où il est. Soyez sûrs que le soleil envoie chaque jour à la terre la quantité de lumière, la quantité de chaleur, la quantité de mouvement dont l'activité humaine a besoin. J'ai dit tout cela il y a quarante ans, et je le redis aujourd'hui.

« L'avenir sera splendide, équitable, libérateur. Il sera beau et bon. Vous verrez ces merveilles, vous qui êtes jeunes. Moi, je ne les verrai pas, mais je sais qu'elles seront. »

Les quelques historiens qui ont cité ce texte ont surtout souligné l'idée utopiste de la paix universelle établie par l'électricité et l'idée de la mondialisation des réseaux. Curieusement, ces auteurs n'ont pas souligné que, outre la transmission de l'audition (acquise depuis 1876 avec le téléphone de Graham Bell et les améliorations rapidement apportées à celui-ci), Hugo envisageait aussi la transmission de la vision. La transmission de la vision sous la plume d'un Hugo réputé visionnaire est pourtant un élément neuf et qui, cependant, n'a rien d'original dans le contexte scientifique de l'époque.

Il est probable que l'écrivain a assisté à l'inauguration officielle, y a été accompagné par l'un ou l'autre électricien, voire par son ami Auguste Cochery, Ministre des Postes et des Télégraphes, qui est le grand initiateur de l'événement et que quelqu'un aura attiré son attention sur les débats en cours, depuis 1877 sur l'hypothèse de la vision à distance par l'électricité. Les candidats n'ont pas dû manquer pour l'informer des sujets à l'ordre du jour des préoccupations des électriciens. L'hypothèse de la vision à distance par le biais de l'électricité ne fait pas partie du programme officiel de l'Exposition, mais elle est dans l'air du temps.

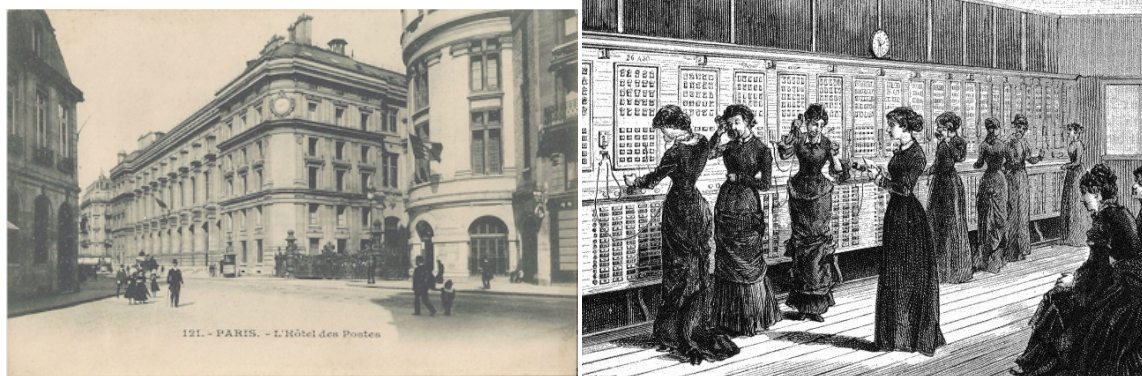
A l'occasion de l'Exposition internationale d'électricité, Victor Hugo s'est également intéressé à l'une des attractions les plus populaires : les "auditions téléphoniques" qui permettaient d'écouter par téléphone les séances de l'Opéra, de l'Opéra-comique ou du Théâtre français. Il a brièvement rapporté cette expérience dans son journal, *Choses vues*, en date du 11 novembre 1881.

11 novembre. — Nous sommes allés avec Alice et les deux enfants à l'hôtel du Ministre des Postes. A la porte, nous avons rencontré Berthelot⁽¹⁾ qui venait. Nous sommes entrés. C'est très curieux. On se met aux oreilles deux couvre-oreilles qui correspondent avec le mur, et l'on entend la représentation de l'Opéra, on change de couvre-oreilles et l'on entend le Théâtre-Français, Coquelin, etc. On change encore et l'on entend l'Opéra-Comique.

Les enfants étaient charmés et moi aussi. Nous étions seuls avec Berthelot, le ministre, son fils et sa fille qui est fort jolie.

Alice qui accompagne Victor Hugo est Alice Lehaene (1847-1928), veuve de Charles Hugo, fils du poète. Les enfants ne peuvent qu'être ceux de Charles et Alice : Georges II Hugo (1868-1925) et Jeanne Hugo (1869-1941).

Ce que Hugo appelle l'"Hôtel du Ministre des Postes" est probablement l'"Hôtel des Postes", rue du Louvre, dessiné par l'architecte Julien Guadet et inauguré le 14 juillet 1888 en remplacement de l'"Hôtel d'Armenonville", devenu insalubre. Notons que le 11 novembre 1881 il n'y avait pas de Ministre des Postes, puisque le gouvernement Jules Ferry, dans lequel le Ministre des Postes et Télégraphes était Adolphe Cochery, qui avait été le grand artisan de l'Exposition internationale, avait démissionné la veille. Notons également que les démonstrations d'"auditions téléphoniques théâtrales", durant l'Exposition, se faisaient au Palais de l'Industrie, aux Champs Élysées. Il semble donc que Hugo ait bénéficié d'un accès de réception particulier créé à l'Hôtel des Postes, probablement pour Cochery.



Hôtel des Postes et le Bureau central téléphonique. Avenue de l'Opéra. Paris.1881.

Année 1882 Juillet Août **LA TÉLÉGRAPHIE A L'EXPOSITION D'ÉLECTRICITÉ DE 1881, SUITE.**

LA SCIENCE ÉLECTRIQUE .

Et d'abord , qu'est-ce que c'est que l'électricité ? Il y a en général , dit M. Babinet , trois manières de définir par étymologie , par théorie , par énumération . Par étymologie , électricité vient du mot grec qui désignait l'ambre jaune , parce que c'est sur cette substance que l'on a observé la première manifestation électrique , l'attraction des corps légers par une résine frottée . C'est de la définition par théorie que l'on peut dire avec raison définir , c'est conclure .

Pour définir théoriquement l'électricité , il faudrait avoir le dernier mot de la science , connaître son essence , sa nature intime ; ce qui ne sera pas de longtemps , si toutefois on y arrive jamais . Cependant , si tout dans le monde physique est matière ou force , on peut affirmer que ce n'est pas de la matière : ce ne peut donc être qu'une forme de la force . Définir l'électricité par l'énumération de ses effets est une tâche bien vaste , aujourd'hui qu'il est reconnu qu'elle intervient à peu près dans tous les phénomènes de la nature vivante ou inorganique . C'est cependant le seul parti à prendre on ne peut définir l'électricité que par ses propriétés .

L'étude de l'électricité comporte deux grandes divisions : l'électricité au repos et l'électricité en mouvement .

Entre les deux se place le magnétisme , qui ne se sépare pas de l'électricité depuis les travaux d'Ampère .

Chronologiquement et didactiquement , l'étude de l'électricité au repos ou statique (électro-statique) doit précéder l'étude de l'électricité en mouvement ou cinétique (électro-cinétique , galvanisme ou électricité voltaïque) .

L'ÉLECTRICITÉ STATIQUE

Un des grands mérites de l'Exposition actuelle , c'est d'être à la fois rétrospective et moderne ; c'est d'avoir rassemblé , dans chaque nation et pour chaque branche de la science électrique et de ses applications , toutes les inventions depuis l'origine jusqu'à nos jours en sorte que l'on peut suivre facilement leurs phases successives dans les divers pays , puis juger d'un seul coup d'œil le progrès accompli par le contraste de la forme première et de la forme présente . L'histoire de l'électricité , on la trouve tout entière dans ces admirables collections de manuscrits et d'instruments originaux qui initient aux secrets des chercheurs et de leurs découvertes . Sur l'un des écussons qui ornent la grande nef du palais s'étale le nom vénérable de Thalès de Milet (600 av. J.-C.) , une réminiscence des études classiques . C'est à ce philosophe , ou du moins à son école , que l'on fait remonter la découverte de la propriété de l'ambre jaune frotté .

Ajoutez un fragment de Théophraste (300 av. J.-C.) sur la propriété de la tourmaline chauffée , la description de quelques effets de la foudre dans Pline (*) , et vous serez édifié sur l'état des connaissances électriques jusqu'au xvir siècle .

(*) Voir l'article de M. Boulet , sur l'état des connaissances électriques chez les anciens peuples d'Italie (Annales, 1863) , et les Inventeurs de la télégraphie électrique (Annales, 1876) .

Ces origines de l'électricité ont pris place dans la bibliothèque où Sir Francis Ronalds a recueilli toutes les publications concernant l'électricité , le magnétisme et la télégraphie , qu'il a léguée à la Société des ingénieurs des télégraphes , et dont le catalogue est exposé dans la section anglaise . Les anciens ont bien autre chose en tête que d'étudier la nature d'interminables débats sur les problèmes insolubles de la haute métaphysique absorbent leur activité , et quand , au moyen âge , surgissent quelques chercheurs , leur imagination avide du merveilleux les égare et les lance dans la recherche de la destinée et de la pierre philosophale de là la magie , l'astrologie , l'alchimie .

La révolution commence au XIIIe siècle , où Albert le Grand et Roger Bacon font quelques pas dans la voie de l'observation et de l'expérience : il faut aller cependant jusqu'au XVIIe siècle pour constater un progrès dans l'électricité . En 1600 , Gilbert retrouve la vertu de l'ambre jaune dans une série d'autres corps , et son contemporain et son compatriote , le chancelier d'Angleterre Bacon , pose les règles de la méthode expérimentale et trace ainsi la véritable route de la science moderne .

A la fin du même siècle apparaît la première machine électrique c'est la boule de soufre , qu'Otto de Guericke frotte avec un morceau de drap (section allemande) .

Le XVIIIe siècle fonde l'électricité statique : Gray et Wheeler découvrent que l'électricité peut se transmettre d'un point à un autre et classent les corps en conducteurs et isolants Dufay distingue les deux espèces d'électrisation et établit la règle de leurs actions : répulsion des similaires , attraction des dissimilaires .

Avec ses sphères pulsantes , M. Bjerknæs démontre , à l'exposition de la Norvège , les curieuses analogies inverses de certains phénomènes hydrodynamiques avec ces phénomènes fondamentaux de l'électricité et du magnétisme .

Aux dénominations génériques d'électricité vitrée et résineuse , Franklin substitue celles algébriques de positive et négative , qui rappellent sans cesse à l'esprit le fait capital de la production simultanée et en quantités équivalentes des deux électrisations contraires ; car leurs effets se neutralisent , autrement dit leur somme est nulle . Donc l'électricité n'est pas une substance matérielle , car deux substances ne peuvent pas s'annuler . La bouteille de Leyde fait son apparition vers le milieu du siècle , et ses effets physiologiques attirent surtout l'attention générale .

Ils sont décrits dans les ouvrages de l'abbé Nollet , Franklin et autres , que l'on remarque dans la riche collection de l'Université de Louvain .

Peu après , Franklin démontre , par sa célèbre expérience du cerf-volant , l'identité de l'étincelle électrique avec la foudre , identité que Newton avait entrevue en 1716 , comme l'indique une lettre autographe exposée par M. Latimer Clark . En 1760 , il construit le paratonnerre : c'est le premier des grands services que l'humanité doit à la science électrique . Pendant ce temps les machines électriques se perfectionnent ce sont d'abord les cylindres ou les globes en verre que l'on frotte à la main (section anglaise) , puis les premières machines à plateau de Ramsden , dont les Pays-Bas montrent le beau spécimen à double plateau de Van Marum , et celles de Nairne dans les sections belge et italienne .

A côté de la grande machine des Pays-Bas , on voit la batterie de 25 bouteilles de Leyde , présentant plus de 12 mètres carrés de surface garnie , l'excitateur et les électromètres de Brook , Henley , Lane , qui ont servi aux expériences de Van Marum , décrites dans les mémoires originaux que l'on a sous les yeux . Remarquer aussi un mémoire de Deimann et Paets contenant la description de la machine avec laquelle ils réussirent à décomposer l'eau (Amsterdam , 1789) .

Voici enfin dans l'exposition italienne des électrophores (*) construits par Volta lui-même (1775) , et les instruments dont le célèbre physicien se servait dans ses expériences pistolet de Volta , — lampe à hydrogène , eudiomètre , appareils pour l'étude de l'électricité atmosphérique , — électromètres de Henley , Bennett , Cavallo , Volta , l'électromètre condensateur .

(*) L'électrophore paraît avoir été inventé par le physicien suédois Wilcke , de 1758 à 1762 .

Pour en finir avec les anciennes machines , il faut encore citer le duplicateur de Nicholson (1788) , qui donne sans frottement les deux espèces d'électricité et multiplie par l'induction une petite charge donnée . C'est la première application de la transformation directe du travail mécanique en énergie électrique , principe fécond auquel nous devons aussi les machines dynamo-lectriques .

L'Italie exhibe un ancien duplicateur de Belli .

On savait produire l'électricité statique , restait encore à la mesurer et à trouver ses lois : ce fut l'œuvre de Coulomb ; elle clôt dignement la première période importante de l'électricité , qui se termine avec le xvir siècle .

En 1787 , par la balance de torsion , il établit expérimentalement que les actions électriques suivent la grande loi de la nature , la loi de l'inverse carré des distances . C'est le fondement de la théorie mathématique de l'électricité , déjà ébauchée par Cavendish (1771-1781) , dont les travaux ont été exhumés en 1879 par Maxwell . Et maintenant , pour juger des progrès , passez de la boule de soufre d'Otto de Guericke aux machines modernes à frottement , telles que la machine de Winter , de Vienne , qui se trouve dans la vitrine du matériel d'enseignement de l'électricité en Suède ; du duplicateur de Belli , soit aux machines de Holtz , dont la section belge montre un des premiers types et dont l'Allemagne offre des spécimens perfectionnés , tels que la machine à amorçage automatique de Voss , ou les machines à 60 et 20 disques de Tæppler ; soit au rechargeur (replenisher) de l'électromètre de Thomson , ou au moulin à souris (mouse-mill) de l'enregistreur de télégraphie sous-ma-rine (syphon-recorder) du même savant ; de

l'électrophore de Volta aux machines diélectriques de Carré et au petit électrophore à rotation de M. Humblot (ministère des postes et des télégraphes) ; de l'antique euf électrique du commencement du XVIII^e siècle, exposé dans la section allemande, aux tubes de Geissler, d'Alvergniat et de Crookes ; des électromètres de Volta et autres (parmi lesquels celui de Bohnenberger à pile sèche), des balances de Coulomb et Harris aux instruments de haute précision de Sir W. Thomson (électromètre à quadrants , électromètre absolu).

L'étude de l'électricité atmosphérique a pris aussi de grands développements : après les instruments de Saussure , Volta , Belli , Peltier viennent l'électromètre de Dellin (1851-1870) , l'électromètre portatif de Thom-son avec son collecteur à gouttes d'eau , les électromètres enregistreurs de Kew et de Montsouris.

Pour la protection des édifices contre la foudre , après avoir la les instructions de Poisson , GayLussac, etc. , adoptées par l'Académie des sciences en 1823 , vous avez à vous prononcer entre le système adopté par la Ville de Paris, aux grandes tiges protégeant une zone déterminée et reliées à la terre par autant de conducteurs à grosse section , et le système de Melsens, aux pointes courtes et multipliées , reliées à la terre par de nombreux conducteurs de section relativement faible , rappelant la cage en fer de Faraday, ou l'assertion de Snow Harris qu'un homme dans une armure de fer est absolument à l'abri de la foudre. Le premier système est représenté dans le modèle de l'hôtel Carnavalet , exposé dans le pavillon de la Ville , avec indication du cône de protection des tiges ; le second , qui a été appliqué par M. Melsens à l'hôtel de ville de Bruxelles , est représenté dans la maquette du monument élevé à Laeken à la mémoire de Léopold (section belge).

Mentionnons aussi les paratonnerres de l'Observatoire du Puy-de-Dôme , installés par M. Alluard, et dont les conducteurs ne plongent que dans une couche de terre toujours humide. Les Annales de 1878 à 1880 renferment plusieurs mémoires sur le tonnerre et les paratonnerres. M. Colladon , de Genève , a étudié les effets de la foudre sur les arbres , et l'on voit dans la section suisse les représentations plastiques des effets qu'il a observés.

Comme exemple de statistique des coups de foudre , la Norvège donne la carte des églises foudroyées.

Enfin le Dr Weber , de l'Université de Kiel , expose une collection de pointes de paratonnerres et autres objets frappés par la foudre dans le SchleswigHolstein.

Suivons aussi les progrès de la science pure.

Puisque les actions électriques obéissent à la loi de gravitation universelle , on peut leur appliquer la théorie du potentiel , dont la conception est due à Laplace , suivant le témoignage de Legendre , qui , le premier , en fait usage. Poisson (1811) s'en sert ensuite dans l'étude de la distribution de l'électricité , et Green (1828) en fait la base de son Essai sur les applications de l'analyse mathématique à la théorie de l'électricité et du magnétisme , ouvrage très rare qui figure dans la collection de M. Clark. Depuis lors , Gauss , Kirchhoff , Helmholtz , Clausius et W. Thomson utilisent continuellement ses propriétés dans leurs ouvrages traitant des forces naturelles attractives et répulsives. Enfin , en 1860 , dans un mémoire célèbre lu à la Société Royale , M. Thomson définit avec précision les termes électriques et distingue nettement la tension ou pression électrique à la surface des conducteurs du potentiel électrique , dont la constance caractérise l'électricité au repos , et dont la variation d'un point à un autre détermine le mouvement de l'électricité entre ces deux points.

La théorie du potentiel est exposée d'un façon élémentaire dans le Traité de physique de M. Moutier , actuellement en cours de publication , et dans les articles sur les grandeurs électriques et leur mesure en unités absolues , publiés par M. Blavier dans les Annales de 1874 à 1880 et aujourd'hui réunis en volume.

Pour ceux qui ne reculent pas devant les difficultés de l'analyse , ils consulteront le traité de M. Clausius sur la fonction potentielle et le potentiel et la théorie mécanique de la chaleur de M. Briol , etc.

En 1837 , Faraday commence à publier ses travaux sur l'induction et sur les capacités inductives spécifiques des isolants, sujet qui a pris une si grande importance pratique depuis le développement de la télégraphie sous-marine, et dont les premières études remontent à Cavendish (1771-1781) et Belli (1830-1837).

Dans ses Recherches expérimentales, à la théorie des actions à distance , Faraday substitue la théorie qui place le siège des phénomènes dans le milieu intermédiaire.

Dans son traité magistral d'électricité et de magnétisme , Maxwell a traduit en langage mathématique les idées de Faraday et assimilé l'état mécanique d'un milieu électrisé à l'état de déformation d'un corps élastique. Sans nous étendre sur les nombreux travaux entrepris de nos jours pour déterminer les capacités inductives spécifiques des solides, des liquides et des gaz , mentionnons les recherches si consciencieuses de Gaugain , reproduites dans les Annales de 1865. Enfin , dans son Traité d'électricité statique , M.

Mascart résume l'état actuel de nos connaissances sur ce sujet.

Il décrit en particulier toutes les sources d'électricité statique , au nombre desquelles le dégagement d'électricité par la pression est représenté dans la collection du Conservatoire des arts et métiers par l'appareil original de A.-C. Becquerel (1823).

MAGNÉTISME.

Suivant Aristote , la propriété que possède un certain minerai de fer d'attirer ce métal était connue du temps de Thalès de Milet.

La Suède expose un gros fragment de ce minerai , que les anciens trouvèrent pour la première fois à Magnésie , souvenir consacré par le mot de magnétisme.

L'exposition des Pays Bas présente des aimants naturels armés dont un est très puissant , et un autre avec armature ornée dans le style antique porte en caractères russes son poids et sa force portative.

Au lieu d'étudier les propriétés des aimants , on essaya d'abord d'en deviner les causes , ce qui donna lieu aux explications les plus étranges. C'est encore à Gilbert(1600) que l'on doit les premiers faits précis. Son livre célèbre De magnete figure dans la collection de l'université de Louvain. Galilée s'occupa du magnétisme , et l'on voit dans la collection du musée de Florence une pierre d'aimant armée par lui (1607) à côté de l'aimant naturel de l'Académie del Cimento et de deux autres aimants naturels d'un poids énorme , dont l'un de forme sphérique.

Jusqu'au milieu du XVIII^e siècle , la simple touche était le seul moyen de faire des aimants artificiels ; Knight invente la touche séparée , que perfectionne Duhamel, et Mitchell la double touche , que perfectionne Epinus. Parmi les aimants artificiels de l'Exposition , on remarque les puissants aimants de Van Wetteren (Pays -Bas) et le grand aimant Jamin d'une force portative de 500 kilos , les aimants de diverses grandeurs (systèmes Jamin et autres) construits par M. Bréguet, ceux que M. de Méritens emploie dans ses machines magnéto électriques , des aimants en alliage de tonte de Carré, et des aimants en nickel.

En 1789 , Coulomb découvre les lois des actions magnétiques et de la distribution du magnétisme dans un barreau aimanté. Poisson et les autres géomètres déjà cités développent ensuite la théorie mathématique du magnétisme , parallèlement à celle de l'électricité statique. Le chapitre du magnétisme terrestre est le plus attrayant de l'étude du magnétisme.

La boussole ancienne chinoise de M. Cooke , exposée à côté d'une vieille boussole anglaise , rappelle que la boussole aurait été connue des Chinois dès le iv^e siècle. En Europe , on s'en servait au XII^e siècle , car il en est fait mention dans un poème. de Guyot de Provins et dans le De naturis rerum du moine Neckam (1157-1217) , exposé par M.

Clark , au milieu d'une série de très anciens ouvrages sur le magnétisme.

La première observation de la déclinaison est attribuée à Adsigner (1269) par les uns , à Colomb (1482) par les autres ; l'inclinaison a été découverte par Norman (1576) , qui publia son travail en 1581 , sous le titre The newe attractive (collection Clark). L'Institut de physique de Padoue exhibe une boussole de 1597 qui a dû servir à Galilée , car il donna des leçons dans l'université de cette ville de 1592 à 1610. Les Pays Bas et la Norvège exposent de belles boussoles marines ; mais on remarquera surtout le compas de marine perfectionné de Sir [William Thomson](#) , avec ses fines aiguilles parallèles. ses miroirs azimutaux , son système pour la compensation du fer du navire , etc. (Voir Annales 1877 , 1878 et 1880).

On voit des boussoles Duchemin à aimant circulaire et des boussoles de nickel dans l'exposition française. Gilbert fit la première théorie du magnétisme terrestre en assimilant la terre à un aimant.

En 1683 , Halley publia la théorie des quatre pôles.

En 1688 et 1689 , le gouvernement anglais organisa des expéditions magnétiques et publia , en 1701 , les premières cartes d'égale déclinaison. Graham , célèbre constructeur anglais , découvrit les variations diurnes en 1722. Wilcke, en 1768 , publia à Stockholm la première carte d'inclinaison : la Suède expose une boussole de Wilcke, portant la date de 1771. En 1785 , le gouvernement français essaya d'organiser des observations systématiques par l'expédition de l'Astrolabe et de la Boussole, que dirigeait La Pérouse et dont l'issue (1788) fut si malheureuse. Ce fut Humboldt qui , dans son voyage en Amérique (1798-1803), inaugura ce genre d'observations. En 1817 , Hansteen publia à Christiania son grand travail sur le magnétisme de la terre, qui figure à l'exposition de Norvège ; les instruments dont il se servit dans ses recherches et dans ses voyages sont exposés par l'observatoire de Christiania ; c'est aussi à Hansteen que l'on doit les premières cartes isodynamiques (1826).

En 1831 , Barlow attribue une origine électrique au magnétisme terrestre et imagine la correction mécanique des compas par des barreaux compensateurs (Annales, 1880).

Les recherches de Quetelet sur l'intensité magnétique dans divers pays, et dont les premières remontent à 1830 , sont dans la section belge. En 1832 , Gauss fonda l'Union magnétique dont Goettingue est le centre. L'Allemagne montre des photographies des instruments imaginés par Gauss pour l'observatoire de cette ville , et MM. Elliott (Angleterre) ont dans leur vitrine le magnétomètre de Gauss , modèle actuel de l'observatoire de Kew. Les observations de l'Union magnétique sont publiées en 1836 par Gauss et Weber , dont l'observatoire de Göttingue expose les œuvres, et le colonel Sabine, en 1837 , publie une carte isodynamique du monde entier. Les enregistreurs photographiques aujourd'hui en usage dans les observatoires pour l'inscription automatique des observations magnétiques ne sont pas représentés.

La recherche des minerais de fer se fait à l'aide de la boussole des mines. L'Allemagne expose trois boussoles de mines, construites respectivement en 1541 , au commencement du XVII^e siècle et de nos jours, et la Suède un magnétomètre du professeur Thalen , d'Upsal , pour le même usage. Les analogies du magnétisme et de la torsion ont été l'objet d'études très curieuses de M. Wiedemann , dont les appareils figurent dans la section allemande.

LE GALVANISME ET LA PILE.

La fin du XVIII^e siècle a vu naître le galvanisme. C'est à une expérience de physiologie , faite par le médecin Galvani, qu'est due la découverte de la pile, cet appareil merveilleux , qui non seulement produit de l'électricité , mais qui la renouvelle continuellement dès qu'elle s'est écoulée par un fil métallique.

Tout le monde connaît l'histoire des grenouilles de Galvani suspendues à un balcon de fer par un crochet de cuivre (1786) et sa célèbre discussion avec Volta (1797) , Galvani attribuant les contractions des grenouilles à l'électricité propre des nerfs et des muscles , Volta au contact des métaux différents.

L'Institut de Milan met sous les yeux les reproductions photographiques des instruments employés dans les recherches de Volta, disposés suivant l'ordre chronologique de ces recherches, en sorte que l'on peut suivre toutes les phases de l'invention de la pile à colonne (1799). L'exposition rétrospective italienne est riche en instruments de toute sorte ayant appartenu ou servi à Volta (1743-1827) après les collections de l'Institut de Milan, voyez celles des cabinets de physique de l'université de Pavie et du lycée Volta (de Côme).

Dès 1792, Fabroni, de Florence, avait émis l'idée que l'action chimique jouait un rôle dans l'expérience de Galvani; idée reprise par Davy en 1800, Wollaston (1801) Faraday devait plus tard (1840) soutenir avec tant d'autorité. Et aujourd'hui, il est reconnu que la vérité se trouvait partout, et dans l'explication électro-physiologique Galvani, et dans la théorie du contact de Volta, et dans celle de l'action chimique de Fabroni, Davy, Wollaston et Faraday. L'électricité animale existe, comme le démontrent les décharges violentes de la torpille, que M. Marey a réussi à analyser avec un appareil exposé par le Collège de France, et les courants musculaires mis en évidence par les expériences de Nobili, Matteucci, Dubois-Reymond, Marey, Paul Bert, d'Arsonval, Boudet de Paris, etc. Le contact de deux métaux détermine une différence de potentiel, comme l'a démontré directement M. W. Thomson et comme le prouve le développement de l'électricité dans les piles thermo électriques mais le contact seul serait impuissant à renouveler l'électricité, et comme rien ne se crée de rien, il faut l'action chimique ou toute autre source d'énergie pour alimenter le courant de la pile. En 1800 apparaît la pile à couronne de tasses de Volta, suivie d'un essai de pile à auge en verre. La pile à auge est perfectionnée par Cruikshank (1802) et peu après par Wollaston la disposition de Cruikshank fut adoptée pour la grande pile que Napoléon I donna à l'École polytechnique et qui servit à Gay-Lussac et Thénard; l'observatoire de Bruxelles expose une batterie Wollaston, qui aurait servi à Ampère. Vinrent ensuite les piles à hélice dont les couples secondaires de Planté et de Faure rappellent aujourd'hui la forme, puis divers modèles de piles moins encombrantes et plus portatives.

On sait produire le courant électrique, il faut étudier ses propriétés, sa mesure et ses lois. Le courant électrique ses propriétés.

Les propriétés du courant électrique peuvent être classées dans trois catégories.

Ce sont, en suivant l'ordre chronologique de leur découverte : les propriétés physiologiques, chimiques et physiques. Comme nous l'avons vu, c'est à un effet physiologique même du courant qu'est due la découverte de la pile. La découverte de ses propriétés chimiques suivit immédiatement la publication de celle de la pile (1800). Quelques semaines après, Carlisle et Nicholson décomposaient l'eau et, un peu plus tard, un certain nombre de sels. La même année (1800), Volta répéta ces expériences, et les appareils qu'il employa à cette occasion font partie de la collection de l'Institut de Milan. Dans sa célèbre Bakerian Lecture de 1807, Davy énumère les principaux caractères des décompositions chimiques, et l'année suivante, il découvre par ce procédé le potassium, le sodium, le baryum, le strontium, le calcium et le magnésium. Faraday (1833-34) donne le nom de voltamètre aux appareils à décompositions chimiques, et trouve les lois de ces phénomènes.

Le voltamètre et le galvanomètre montrent l'action du courant dans le circuit extérieur; l'ingénieux galvanomètre de M. Cooke, où les liquides de la pile sont reliés par une spirale de verre qu'ils remplissent, met en évidence le passage du courant dans l'intérieur de l'élément.

L'électro-chimie traite des rapports de l'électricité avec la chimie.

Son étude peut se diviser en trois parties (*) Voir l'exposé de M. Henri Becquerel dans l'Encyclopédie chimique (Dunod, éditeur).

1° Déplacement de l'électricité dans les actions chimiques et, par conséquent, étude des piles électriques ;

2° Décompositions et combinaisons chimiques produites par l'électricité cette partie comprend, outre les actions chimiques des courants, celles des décharges électriques, en particulier la formation de l'ozone, dont la découverte remonte à Van Marum, mais qui ne fut sérieusement étudiée que depuis Schoenbein (1840) et qu'on commence aujourd'hui à employer dans l'industrie comme agent d'oxydation. L'ozone s'obtient en soumettant l'oxygène pur à l'influence des étincelles, ou des décharges qui se font sous forme d'aiguilles entre des conducteurs entourés d'une substance isolante, et auxquelles on a donné le nom d'effluves électriques. L'exposition renferme plusieurs spécimens d'appareils pour la production des effluves ;

3° Formation par voie électro chimique de divers corps simples et composés.

Signalons, dans la collection du Conservatoire des Arts et Métiers, l'appareil de A.-C. Becquerel, pour la formation électro-chimique des substances métalliques (1828), et son appareil électro capillaire de 1866 (tube avec fissure) ; et, dans la collection rétrospective italienne, les essais d'électro métallochromie de Nobili et de Marianini.

Nous verrons ultérieurement les applications industrielles de l'électro-chimie. Les propriétés physiques du courant comprennent des phénomènes mécaniques, calorifiques et lumineux.

Le premier phénomène mécanique observé fut l'action du courant sur l'aiguille aimantée.

Le physicien italien Romagnosi remarqua que l'aiguille aimantée était déviée par le courant, et publia son observation dans un article sur le galvanisme, inséré dans la Gazette de Trente du 3 août 1802. Cette observation fut reproduite dans l'Essai théorique et expérimental sur le galvanisme qu'Aldini publia à Paris en 1804, et dans le Manuel du galvanisme qu'Yzarn, professeur à Paris, fit paraître en 1805. Les mémoires de Romagnosi et d'Aldini figurent dans la Bibliographie italienne d'électricité et de magnétisme, établie à l'occasion de l'Exposition actuelle par MM. Rossetti et Canzoni ils figurent également, ainsi que le manuel d'Yzarn, dans le catalogue de la bibliothèque de Ronalds. Toutefois, l'attention du monde savant ne fut appelée sur ce point important que par la découverte d'Oerstedt (1820).

Le Danemark expose le buste d'Oerstedt et la boussole qu'il employa dans ses expériences sur les phénomènes fondamentaux de l'électro-magnétisme. La même année, Schweigger inventait le multiplicateur devenu le galvanomètre, Ampère découvrait les lois de l'action des courants sur les courants (électro-dynamique) et Arago l'aimantation par le courant (électromagnétisme).

Le souvenir d'Ampère est rappelé par la table d'Ampère que conserve le Collège de France et par deux manuscrits originaux sur l'électrodynamique légués par d'Almeida à la Société française de physique. Le globe électro-magnétique de Nobili (Italie) fait songer à l'hypothèse de l'origine électrique du magnétisme terrestre. On trouve à l'exposition des électro aimants de toutes les tailles, depuis les grandes bobines magnétisantes pour la fabrication des aimants permanents jusqu'aux petits électro-aimants de la télégraphie et aux rhéocromètres de Marianini (Italie) et de Melsens (Belgique) pour reconnaître le sens des décharges électriques (Ann. 1875, 1876).

L'université de Marburg expose un électro-aimant d'une puissance remarquable construit par Romershausen en 1851.

A l'électro-magnétisme se rattache le diamagnétisme, découvert par Faraday en 1845. Il est représenté à l'exposition de l'observatoire de Bruxelles par l'appareil que Faraday y envoya pour la répétition de ses expériences ; à l'Institution royale de la Grande-Bretagne, par des tubes en verre construits par Faraday en 1850 pour reconnaître la nature magnétique ou diamagnétique des gaz, et à celle du Conservatoire des arts et métiers par l'appareil avec électro-aimant de M. Ed. Becquerel pour le magnétisme de l'oxygène.

En 1831, Faraday découvre l'induction voltaïque et l'induction magnétique, c'est à-dire la production des courants induits par les courants et les aimants. La première a conduit aux bobines d'induction, la seconde aux machines magnétoélectriques. L'Institution royale de la Grande-Bretagne expose l'appareil original avec lequel Faraday obtint la première étincelle électro-magnétique (1831), celui qui lui servit à produire l'induction au moyen d'un aimant permanent (1831), les hélices et autres accessoires dont il se servit dans ses expériences sur l'induction, ainsi que le rectangle rotatif pour constater l'effet inducteur de la terre (1834). Le Musée de Florence expose aussi un appareil de Nobili à l'aide duquel aurait été obtenue la première étincelle.

L'Américain Henry (1832) observe le phénomène de quasi inertie de l'électricité (extra courant), que Faraday explique, en 1834, par l'induction du fil sur lui-même ; Sturgeon (1837) augmente l'effet des appareils d'induction en substituant un faisceau de fils de fer au barreau de fer doux ; Henry (1841) étudie les courants induits de divers ordres ; MM. Masson et Breguet (1842) construisent la première bobine d'induction : elle est exposée par M. Bréguet.

Vers 1850, Ruhmkorff perfectionne ces bobines, que M. Fizeau complète en 1853 par l'addition du condensateur.

De nombreuses variétés de petites bobines d'induction sont employées dans l'électro physiologie et l'électrothérapie. Le plus connu des appareils d'excitation électrique pour les recherches physiologiques est l'appareil à chariot, ou, pour parler plus correctement, à traineau (car il n'a pas de roues) de Dubois-Reymond, exposé, entre autres, par l'Institut physiologique de Berlin.

Parmi les grandes bobines pour la production de l'électricité à haute tension, citons, outre celle de Ruhmkorff, celles de Siemens (Allemagne) et celles de Apps (Angleterre).

De ces dernières, la plus remarquable est la grande bobine de M. Spottiswoode, qui peut donner des étincelles de un mètre. Les curieux phénomènes de la décharge disruptive ont été étudiés par M. Spottiswoode avec des bobines d'induction ou des machines de Holtz, pendant que M. de la Rue opérait, de son côté, avec sa pile à chlorure d'argent et M. Planté avec ses couples secondaires.

C'est aussi la bobine d'induction qui sert à M. Crookes, dans ses expériences sur la matière radiante. On voit, dans la section allemande, des collections de tubes de Geissler, de Hittorff et de Crookes. La découverte de l'induction magnéto électrique permet à Faraday d'expliquer le phénomène du magnétisme de rotation, découvert par Arago en 1824, étudié ensuite par Babbage et Herschell.

La première forme de la machine magnétoélectrique (Faraday, 1831) donnait des courants induits par un électro aimant dans un disque tournant. Matteucci détermina les lignes de niveau électrique sur ce disque avec un appareil exposé par l'université de Pise.

Le courant électrique chauffe les fils qu'il traverse, et si la température est très élevée, on obtient l'éclairage par l'incandescence. Les relations de l'électricité avec la chaleur constituent la thermo électricité, dont nous parlerons à propos des piles thermo électriques.

La lumière électrique fut découverte en 1813 par Davy à l'aide de la pile colossale dont il disposait à l'Institution royale. La chaleur développée par l'arc voltaïque est telle qu'elle fond et volatilise la plupart des métaux : dans la section anglaise, M. W. Siemens répète sa curieuse expérience de la fusion d'un lingot d'acier dans une sorte de lampe électrique. Les relations de l'électricité avec la lumière constituent l'électro-optique, science qui a fait récemment des progrès remarquables et qui ajoute tous les jours des faits nouveaux aux preuves que l'on possède déjà de l'identité d'origine des phénomènes électriques, magnétiques et lumineux. Le point de départ de cette science est la découverte par Faraday de l'action des aimants sur la lumière polarisée (1850).

Des blocs de verre préparés par Faraday pour étudier cette action sont exposés par l'Institution royale. A l'électro-optique on peut rattacher l'actinomètre électro-chimique, inventé par M. Ed. Becquerel en 1841, et les tubes phosphorescents éclairés par les décharges électriques du même savant (collection du Conservatoire des arts et métiers).

Le courant électrique sa mesure et ses lois.

Au multiplicateur de Schweigger succède le galvanomètre à aiguilles astatiques, dont le premier modèle, présenté par Nobili à la Société italienne en 1826, se trouve dans la collection du Musée de Florence ; l'Italie expose aussi quelques autres galvanomètres simples construits par Nobili, et un galvanomètre à fils croisés de Marianini. En 1826, M. Colladon réussit à obtenir un galvanomètre qui dévie sous l'action des décharges de la bouteille de Leyde et de l'électricité atmosphérique. Son galvanomètre est exposé dans la section suisse, en même temps qu'un appareil d'électrodynamique dont se servent en 1827 Ampère et Colladon. Les études de Nobili sur les moyens de sensibiliser les galvanomètres ont été poursuivies plus tard par M. Dubois-Reymond, dont le galvanomètre physiologique décèle les plus faibles courants musculaires. Becquerel, de son côté, invente le galvanomètre différentiel et publie, dès 1826, une table des conductibilités. Peltier, Becquerel, Nobili, Melloni, Poggendorff se préoccupent de rendre les galvanomètres comparables ; mais leurs procédés ont été abandonnés depuis l'invention de la boussole des sinus (1824) par de la Rive et Pouillet, et celle de la boussole des tangentes par Pouillet (1828). Le Conservatoire des arts et métiers a, dans sa vitrine, une boussole des sinus et une boussole des tangentes de Pouillet, construites par Brunner ; Gaugain perfectionne la boussole des tangentes par son multiplicateur conique ; Weber invente le galvanomètre à suspension bifilaire, avec lunette et miroir, et amortit les oscillations par les courants que l'aimant en mouvement induit dans une masse de cuivre rouge. Comme appareils rétrospectifs de mesure, citons encore le galvanomètre à torsion de Ritchie dans la collection de l'Université de Louvain, la balance électromagnétique de Ed. Becquerel dans celle du Conservatoire des Arts et métiers, l'électrodynamomètre de Weber (1846) exposé par l'Université de Göttingue, les instruments de Kohlrausch et ceux de Wiedemann dans la section allemande.

TRANSMISSION DEL'ELECTRICITÉ

Fils, câbles et accessoires .

Pour transmettre l'électricité d'un point à un autre, on relie les deux points par un fil conducteur que l'on isole du milieu ambiant afin d'atténuer les déperditions pendant le trajet. L'examen doit donc porter en premier lieu sur les conducteurs et les matières isolantes.

SECTION I.

- I Fils conducteurs.

Cuivre .

Dans l'échelle des conductibilités, le cuivre pur tient le rang le plus élevé après l'argent qu'il suit de très près ; mais la présence de matières étrangères diminue beaucoup son pouvoir conducteur et la qualification de cuivre de haute conductibilité est synonyme de celle de cuivre très pur.

Le docteur Matthiessen (*) a étudié l'effet qu'exerce sur la conductibilité du cuivre pur (préparé par l'électrolyse) l'introduction des principales substances que l'on rencontre associées au cuivre naturel .

(*) Voir l'adresse inaugurale du professeur Abel à la société des ingénieurs des télégraphes de Londres, 24 janvier 1877.

« Il a reconnu qu'il était impossible d'augmenter le pouvoir conducteur du cuivre pur par l'addition d'une autre substance, et que certains éléments non métalliques que l'on rencontre à peu près dans tous les cuivres du commerce (notamment l'oxygène et l'arsenic) altèrent ce pouvoir dans de fortes proportions. Ainsi, la conductibilité du cuivre pur galvanoplastique étant représentée par 100, l'addition de quelques traces d'arsenic la réduit à 60, et une addition de 5 pour 100 la fait tomber à 6,5 (*). »

(*) M.Mouchel (France) expose un échantillon de cuivre avec 10 p. 100 d'arsenic, dont la conductibilité est 3,66 (voir page: 157)

« La fusion du métal pur au contact de l'air ramène au bout de très peu de temps sa conductibilité à 76, et la quantité d'oxygène ou de sous-oxyde de cuivre qui se forme est si faible qu'il est fort difficile de la doser.

« La conductibilité du cuivre est moins altérée par la présence de petites quantités d'autres métaux que par les impuretés non métalliques ; cependant le fer et l'étain la diminuent beaucoup : l'existence de 1,3 pour 100 d'étain dans le métal pur réduit sa conductibilité à 50,4 et celle de 0,48 pour 100 seulement de fer la fait tomber à 36 .

« Les travaux de Matthiessen et d'autres chimistes permettent d'expliquer les qualités de malléabilité et de ductilité que donne au cuivre l'addition d'un peu de plomb. Cependant l'addition de 0,25 pour 100 de plomb rend le cuivre cassant, et il suffit même de 0,1 pour 100 pour rendre impossible le passage à la filière ; les excellents effets produits par l'addition d'un peu de plomb dans l'affinage du cuivre prouvent donc que le plomb agit en se combinant avec des impuretés du cuivre et en s'éliminant avec elles, puisque l'analyse du cuivre ainsi traité ne révèle que la présence de quelques traces de plomb. Il est très probable que le plomb agit comme désoxydant en raison de sa grande affinité pour l'oxygène .

« Un échantillon de cuivre pur, après sa fusion au contact de l'air, avait une conductibilité de 87,25 ; en ajoutant 0,1 pour 100 de plomb, et fondant le tout dans un courant d'acide carbonique, la conductibilité est remontée à 93, et la quantité de plomb restant dans le métal était trop faible pour être dosée .

L'étain donne des résultats analogues : un alliage de cuivre pur avec 1,3 p.100 d'étain a une conductibilité de 50,4 ; mais en ajoutant 0,1 p.100 d'étain à l'échantillon de cuivre qui avait été fondu au contact de l'air, la conductibilité de ce dernier est remontée de 87,25 à 94,55, quelques traces d'étain seulement restant dans le cuivre .

« L'addition de petites quantités de substances facilement oxydables, comme le phosphore (qui cependant altère beaucoup la conductibilité du cuivre), a le même effet que celle de ces métaux oxydables. « Ainsi l'effet de l'oxygène, que l'on rencontre dans presque tous les cuivres du commerce, sur la conductibilité électrique de ce métal, peut être combattu avec succès par l'addition judicieuse de certaines autres impuretés, que l'on emploie avec avantage comme agents chimiques, bien que, si elles restaient alliées à ce métal, elles altéreraient sa conductibilité autant que l'impureté qu'elles permettent d'éliminer. Matthiessen a trouvé pour la conductibilité des cuivres commerciaux qu'il a analysés des valeurs variant de 94 à 92. » On atteint aujourd'hui facilement des conductibilités de 90 et au-dessus, rapportées au cuivre pur .

La conductibilité d'un cuivre, par rapport au cuivre pur, se calcule en sachant que 1 mètre de fil de cuivre pur pesant 1 gramme a une résistance de 0,144 ohm à la température de 0° C. Si 1 mètre d'un fil de cuivre pesant P grammes ont une résistance R0, à la température de 0°, la conductibilité de ce fil par rapport au cuivre pur sera donnée par la relation C = 14,4 × 12 / PR0

La résistance R se déduit de la résistance Ri, à la température t, par la relation Ri = R0 (1 + α t) dans laquelle α = 0,00388, ou approximativement 0,004. La comparaison se fait quelquefois à la température de 15°, 5 C (60° Fahrenheit), et dans la télégraphie sous-marine, toujours à la température de 24° C. (75° Fahrenheit). A la température de 15,5, 1 mètre de fil de cuivre pur pesant 1 gramme a une résistance de 0,1526 ohm ; et, à la température de 24° C, de 0,1575 ohm..

La conductibilité du cuivre est quelquefois rapportée à celle du mercure, en particulier quand les mesures s'effectuent en unités Siemens..

On admet alors que la conductibilité du cuivre pur est 60 fois celle du mercure pur à 0° C.

Dans les applications télégraphiques, on prend 8,89 comme densité du cuivre ; sa charge de rupture est d'environ 28 à 29 kilogrammes par millimètre carré de section.

La fabrication française des fils de cuivre de haute conductibilité est représentée à l'exposition par les maisons MOUCHEL, LETRANGE (fonderies de Romilly, Eure), LAVEISSIÈRE ET FILS, DOPPFELD (fils de cuivre rosette), VIDECOQ (Rugles, Eure), SOCIÉTÉ PARISIENNE DE FONDERIE ET DE LAMINAGE (Mines de cuivre argentifère du Var, arrondissement de Puget-Théniers, Alpes-Maritimes), WEILLER ET MONTEFIORE -LEVI (Angoulême), OESCHGER MESDACH et Ce, etc.

Les spécimens de M. Mouchel méritent une mention spéciale par leur finesse, leur longueur et les soins apportés au tréfilage. Les fils sont ronds, carrés, ovales, triangulaires.

Les fils ronds ont des diamètres depuis 10 millimètres jusqu'à 0 mm, 5 ; leur conductibilité est supérieure à 90 pour 100. On voit, entre autres, une pièce de 0 mm, 5 d'un seul bout mesurant plus de 12 kilomètres, et une autre pièce de 1 mm,3 mesurant plus de 15 kilomètres et pesant 181 kilogrammes environ.. Dans la pratique, les couronnes ne dépassent guère 80 kilo grammes. MM. Laveissière et fils exposent l'appareil servant à mesurer la conductibilité des fils ; c'est un pont de Wheatstone ordinaire. Le fil est enroulé sur une gorge hélicoïdale creusée à la surface d'un cylindre en bois : on mesure la résistance d'une longueur de 100 mètres comprise entre deux bornes serre fils..

Dans les sections étrangères, il faut citer les échantillons envoyés par la SOCIÉTÉ ANONYME DE SKULTUNA (Suède)..

Fer et acier.

Dans la construction des lignes télégraphiques aériennes, on emploie à peu près exclusivement le fil de fer galvanisé..

La densité du fer est d'environ 7,79 ; comme règle approximative, on admet souvent que le fil de fer galvanisé de 4 millimètres de diamètre pèse 100 kilogrammes par kilomètre (au lieu de 98). 'après les tables de résistances électrique spécifiques, le fer pur à 0° C. serait 5,94 fois plus résistant que le cuivre pur à la même température. Mais ce rapport doit augmenter avec la température, car le fer varie de 0,63 p. 100 par degré de température et le cuivre de 0,38 p100. A la température de 15°, 5 C., il est de 6 environ. On admet généralement que le fer employé dans la télégraphie a 7 fois la résistance du cuivre pur, ce qui, à la température de 15°, 5, met à 10 ohms environ la résistance d'un kilomètre de fil de 4 millimètres.

Les électriciens américains se sont préoccupés de spécifier la conductibilité du fil de fer galvanisé. Ils la définissent par le ohm-mile, c'est-à-dire le poids que doit avoir un mille (1609 mètres) du fil considérée pour que sa résistance soit de 1 ohm. Le ohm-mile pour le cuivre pur à 15°, 5 G. est de 872 livres. La condition imposée par les cahiers des charges de la Western Union Company est que la résistance en ohms par mille à 15°, 5 C. n'excède pas le quotient de 5.500 par le poids du fil en livres par mille. Un fil pesant 550 livres par mille ne doit pas avoir une résistance supérieure à 10 ohms par mille, ce qui revient à dire qu'un kilomètre de fil de 5 millimètres ne doit pas avoir une résistance supérieure à 6,2 ohms, ou un kilomètre de fil de 4 millimètres une résistance supérieure à 9,7 ohms. Le fil fourni actuellement à la Western Union aurait un ohm mile de 4.884 livres ; en Angleterre, où l'on commence aussi à introduire des spécifications de ce genre, le ohm mile des fils livrés au Post Office ne dépasserait pas 4.900 livres. En d'autres termes, la résistance de ce fil ne dépasserait pas 6,4 fois celle du cuivre pur.

Une disposition simple permet de reconnaître si une couronne de fil remplit les conditions électriques exigées. Supposons, par exemple, que la résistance du fil ne doive pas dépasser 10 ohms par kilomètre, ou 0,1 pour 10 mètres. On déroule la couronne et on fait glisser le fil entre deux doubles galets à ressort qui établissent successivement dans

toutes ses parties deux contacts distants de 10 mètres. On forme un pont de Wheaststone dont la portion du fil comprise entre les galets forme l'une des branches ; les trois autres branches étant déterminées par la condition que l'équilibre est établi quand la quatrième branche a une résistance de 0,1, tout déplacement de l'aiguille d'un certain côté du zéro indiquera que la portion correspondante du fil a une résistance supérieure à celle exigée..

En France, les cahiers des charges ne spécifient pas encore de conditions de ce genre ; ils se bornent à exiger que le fil soit fondu et affiné au bois, et bien recuit ; mais la question est à l'étude (*), et, à l'instigation du service télégraphique, un certain nombre d'essais ont été entrepris.

(*) M. Hughes a appelé notre attention sur les indications que pourrait donner sa balance d'induction dans les recherches relatives aux qualités des fils de fer et d'acier destinés à la télégraphie.

La COMPAGNIE ANONYME DES FORGES DE CHATILLON ET COMMENTRY expose divers types de fils de fer pour lignes télégraphiques, provenant les uns de fers au coke, les autres de fontes au bois et affinées au bois. Ils ont été fabriqués dans ses usines du Berry (Français) et de Bourgogne (Plaines de Sainte-Colombe).

La Compagnie résume dans le tableau ci-dessous les qualités physiques et électriques de ses fils pour usages télégraphiques :

		TRACTION DE RUPTURE par millimètre carré.	ALLONGEMENT pour 100.	PLIAGES à angle droit.	SPICES sur 10 centimètres.	RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE de 1000 mètres de fil de 4 millimètres.
	Qualité ordinaire.	Kg				Ohms
Fers au coke.						
5 millimètres.	Berry, n° 1. . .	44 à 48	5 à 7	4 à 6	18 à 19	10,28
4 —	Bourgogne, n° 1.	40 à 45	6 à 10	4 à 7	18 à 20	10,01
3 —						
	Qualité extra.					
Fers au bois.						
5 millimètres.	Berry, n° 2. . .	38 à 42	7 à 10	7 à 9	19 à 22	10,34
4 —	Bourgogne, n° 2.	48 à 40	10 à 14	7 à 11	19 à 24	10,84
3 —						

Des essais faits par le service télégraphique ont donné d'autre part les résultats suivants :

DIAMÈTRE du fil.	TRACTION de rupture par millim. car.	ALLONGEMENT pour 100.	PLIAGES à angle droit.	RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE de 1000 mètres de fil de 4 millim. à 0° C.
4 millim.	44 kilog.	9	5	10,14 ohms.
3 —	40 —	13	11	9,31 —

On remarque parmi les échantillons exposés une botte de fil de 3 millimètres dépassant 1.500 mètres de long et pesant 90 kilogrammes ; c'est le maximum de poids obtenu en fabrication courante. L'acier ayant une résistance à la traction supérieure à celle du fer, son emploi dans la construction des lignes permet d'augmenter la portée et par suite de diminuer le nombre des appuis et des isolateurs. Les efforts des fabricants tendent à obtenir des aciers d'une grande résistance mécanique et dont la conductibilité se rapproche de celle du fer. Les premiers fils d'acier des forges de Châtillon et Commentry, essayés par le service télégraphique en décembre 1880, ont donné comme résultats :

DIAMÈTRE.	TRACTION de rupture par millim. car.	ALLONGEMENT pour 100.	PLIAGES à angle droit.	RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE de 1000 mètres de fil de 4 millim. à 0° C.
4 millim.	71 kilog.	5	6	13,87 ohms.
3 —	85 —	5	6	14,14 —

Les fils d'acier exposés répondraient, d'après la Compagnie aux conditions ci-dessous :

		RÉSISTANCE par millimètre carré.	ALLONGEMENT pour 100.	PLIAGES à angle droit.	SPICES sur 10 centimètres.	RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE de 1000 mètres de fil de 4 millimètres.
		Kilog.				Ohms.
Qualité pour Télégraphes.						
5 millimètres.	Acier Tronçais doux	45 à 50	5 à 7	6 à 9	18 à 19	11,09
4 —	et extra-doux.	55 à 60	5 à 6	6 à 8	18 à 21	10,30
3 —	Acier Sainte-Colombe doux.	44 à 50	9 à 12	6 à 10	18 à 25	10,35

Par des opérations convenables de trempe et de recuit, on peut obtenir les fils d'acier les plus variés sous le rapport des nuances et de la dureté. Ces fils sont utilisés dans la construction des lignes téléphoniques aériennes, où la conductibilité n'a plus la même importance que lorsqu'il s'agit de lignes télégraphiques à longues distances. La résistance à la rupture de ces fils peut alors atteindre 140, 150 et même 200 kilogrammes par millimètre carré.

La Société de Châtillon et Commentry expose des échantillons de fils d'acier de 2 millimètres pour téléphones, présentant les résistances suivantes par millimètre carré : Acier non trempé galvanisé, 80 kilogrammes ; Acier trempé galvanisé, 110 kilogrammes ; Acier trempé noir, 120 kilogrammes. La conductibilité de ces fils est environ la moitié de celle du fer.

La maison SCHNEIDER et C (forges et aciéries du Creusot) fabrique des fils en métal homogène ou acier doux galvanisé, dont la conductibilité égale au moins celle des bons fils de fer, mais dont les propriétés mécaniques seraient plutôt inférieures, d'après les expériences faites par le service télégraphique dans une notice, MM. Schneider et Ce font connaître qu'ils se sont préoccupés d'abord d'obtenir avec de l'acier la conductibilité normale du fer, pensant qu'il sera facile ensuite de donner à cet acier des qualités mécaniques supérieures à celles du fer. Ils ont entrepris des essais dans le but de rechercher les causes des variations de conductibilité des aciers ; les résultats de ces essais sont consignés dans le tableau suivant, qui donne, à côté de la résistance électrique d'un échantillon, sa composition chimique :

DÉSIGNATION.	RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE de 1000 mètres de fil de 4 millim. en ohms.	TEMPÉRATURE.	COMPOSITION CHIMIQUE.		
			CARBONE pour 100.	SILICIUM pour 100.	MANGANÈSE pour 100.
1. Fer des télégraphes français. . .	10,87	10°	»	»	»
2. Acier doux du Creusot (écrou ou non).	9,37	10°	0,15	0,075	0,18
3. id. id.	9,80	14°	0,22	0,14	0,22
4. id. id.	10,44	10°	0,17	0,13	0,32
5. Acier du Creusot (fil de clavecin, diamètre 0,39).	11,56	10°	0,57	?	0,41
6. Fil de câble (Felten et Guillaume).	12,25	8°	0,62	0,12	0,25
7. Fil de câble (Inconnu).	13, »	10°	0,80	0,21	0,41
8. Fil de câble (Richard Johnson).	14, »	8°	0,65	0,15	0,40
9. Acier du Creusot.	14, »	11°	0,65	0,31	0,62
10. id.	14,25	10°	0,35	0,35	0,64
11. Inconnu (rupture de 120 à 130 ki- logrammes).	16, »	11°	0,54	0,24	1,40
12. Fil d'acier suédois.	18,44	11°	0,78	0,59	0,41

Voici les conclusions que MM. Schneider et C tirent de leurs expériences :

« 1° La conductibilité, aussi bien que toutes les autres propriétés physiques, est une fonction de la composition des aciers ;

« 2° Le manganèse et le silicium ont une action prédominante. En effet, les aciers classés par ordre de résistance électrique croissante le sont aussi par ordre de teneur croissante en manganèse, sauf deux exceptions : l'une, n° 12 (acier suédois), correspond à une teneur considérable en silicium ; l'autre, n° 6 (fil de câble de Felten et Guillaume) a dû subir des trempes spéciales pour acquérir un haut degré de durcissement. La teneur en carbone, variant très irrégulièrement avec la conductibilité, semble n'avoir sur cette propriété qu'une influence de second ordre.

« 3° L'écroutissage ne diminue pas sensiblement la conductibilité ; un échantillon de l'acier doux n° 2 écroui spécialement, a conservé la résistance électrique moyenne des autres fils de la même coulée ; le fil de clavecin n° 5, amené au diamètre de 0,39 et non recuit, reste au rang que lui assigne sa teneur en manganèse.

« Il semble donc que l'on pourrait obtenir à volonté, aussi bien que les fils extra-doux exposés, des fils beaucoup plus résistants à la rupture sans altérer notablement la conductibilité ; il suffirait pour cela de donner la dureté par le carbone seul, en éliminant soigneusement le silicium et le manganèse ; ou, si l'on conserve les aciers doux n° 2, 3, 4, de laisser subsister en partie l'écroutissage dû à la filière. »

A titre de renseignement, et bien que cette société n'ait pas exposé, nous citerons le résultat d'expériences faites sur des fils d'acier non galvanisés de la Société des forges de Firminy. Outre son emploi dans la construction des lignes aériennes, le fil de fer sert encore dans la télégraphie à former les armatures des câbles souterrains et sous-marins ; et, à l'état de fil ténu, on le retrouve dans les paratonnerres à fil préservateur.

Ces trois usages du fil de fer se rencontrent dans l'exposition de la SOCIÉTÉ ANONYME DES HAUTS - FOURNEAUX, FONDERIES ET FORGES DE LA FRANCHE - COMTE. On y voit une botte de fil de 2,5 d'une longueur de 2.200 mètres sans soudures et des fils fins pour paratonnerres de diamètre 0mm,14 et 0 mm,21 mesurant respectivement 34.510 et 24.113 mètres en un seul bout sans soudures. La maison FELTEN et GUILLEAUME, dans la section allemande, expose les produits de son usine Carlswerk, à Mulheim-sur-Rhin, affectée exclusivement à la fabrication des fils et cordes métalliques et des câbles télégraphiques. Les fils télégraphiques sont classés en quatre catégories : 1° Fer au coke, recuit et huilé (huile de lin cuite) ; 2° Fer au bois, recuit et huilé ; 3° Flusseisen (acier décarburé) galvanisé ; 4° Fer de haute conductibilité (préparé avec les meilleurs produits allemands et suédois en fer au bois) galvanisé. Ces quatre qualités répondraient aux spécifications suivantes :

		TRACTION de rupture du fil.	ALLONGEMENT pour 100.	TORSIONS sur 0m,15 de longueur.	RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE de 1000 mètres à 15° C.
		Kil.			Ohms.
Fer au coke.	5 millimètres.	785	14	13	»
	4 —	500	14	14	»
	3 —	280	14	17	»
Fer au bois.	5 —	750	17	15	»
	4 —	475	17	17	»
	3 —	265	17	20	»
Flusseisen (acier dé- carburé).	5 —	825	19	16	7,2
	4 —	525	19	20	11,0
	3 —	295	19	27	19,5
Fil de haute conduc- tivité.	5 —	650	20	16	5,6
	4 —	415	20	20	8,8
	3 —	225	20	27	15,75

La galvanisation des fils résisterait, sans que le fil soit mis à nu, à sept immersions successives de une minute chacune dans une solution d'une partie de sulfate de cuivre et cinq parties d'eau. Les cahiers des charges en France n'exigent que quatre immersions. Pour les lignes téléphoniques, la maison Felten et Guillaume recommande l'emploi de fils en flusseisen de 2,12 et 2mm, 5 résistant à des tractions de 40 et 65 kilogrammes par millimètre carré, qui possèdent une conductibilité suffisante en même temps qu'une grande souplesse, et celui de fils en acier fondu au creuset, de 2 millimètres et 2,2 résistant à 90 et 140 kilogrammes par millimètre carré, d'une élasticité considérable, mais d'une conductibilité moindre. On peut avoir des fils d'acier fondu de toutes les résistances jusqu'à 200 kilogrammes par millimètre carré. Les fils obtenus par les procédés des exposants auraient leur limite d'élasticité très voisine de la résistance à la rupture, ce qui permet au fil de supporter la tension produite par les plus grands froids et de s'allonger de nouveau quand la température s'élève. Cette qualité les distinguerait des fils en acier Bessemer, qui n'ayant pas une limite d'élasticité supérieure à celle du fer, se brisent facilement par les temps froids. Le fil d'acier Felten-Guilleaume s'allongerait de 6 pour 100 à la rupture, alors que le fil d'acier Bessemer ne s'allongerait que de 2 pour 100 en moyenne. Citons encore des fils télégraphiques de 2,5 et des fils à ligature de 1mm,6 et 2 millimètres en flusseisen ou en fer de Suède ; des torons de 3, 4 et 7 fils de 2,5 pour haubans ; et des torons de 3 fils de 1,6 dont on se servirait en Angleterre et en Belgique comme conducteurs téléphoniques.

La collection de fils galvanisés pour armatures de câbles comprend des fils de 9,5-7,5-5-3,8 millimètres et des fils d'acier dont la résistance de rupture par millimètre carré est indiquée entre parenthèses : Fils d'acier de 2,5 (80-90-110) et de 1,85 (90 à 95) ; Fils d'acier pour câbles de torpilles de 2 millimètres et 1mm, 8 (120), de 1mm, 1-0,85 et 0,55 (100) ; Fils d'acier pour cordes de grappin de 2,5 (140) ; pour les appareils de sondage, ce sont des fils d'acier non galvanisés de 1,6-1-0,6 (180).

L'Angleterre distingue quatre qualités de fils de fer désignées par les noms de fils best, best best, extra bestbest et charcoal (au bois). Le fil best est le fil ordinaire puddlé ; en fait, cette désignation s'applique indistinctement à toute espèce de fil télégraphique ou de barre de fer. Le best best est fait avec du fer de qualité supérieure, et le fil extra bestbest s'obtient par l'introduction du fer au bois dans le fer best best.

Tandis qu'en France les cahiers des charges des Télégraphes continuent à exiger du fer au bois recuit, le Post Office y substitue maintenant le fer best best. Il n'emploie plus le fer au bois que pour le fil de ligature, fil n° 16 de la jauge de Birmingham (1,65). Le plus gros diamètre des fils télégraphiques correspond au n° 4 (6 mm, 10) ; on ne s'en sert qu'exceptionnellement et sur les plus longs circuits. Le diamètre courant correspond au n° 8 (4,31) ; pour les circuits peu importants, on use du n° 11 (3 mm, 17). Le diamètre est exigé à 0 mm,127 près (0,005 de pouce). Tous ces fils sont galvanisés. La galvanisation n'a pas d'effet appréciable sur la traction de rupture, mais diminue l'allongement.

Les épreuves mécaniques du fil de fer galvanisé sont au nombre de 4 :

1° pincé dans un étai, il doit pouvoir être plié à angle droit dans les deux sens un certain nombre de fois avant de se rompre ;

2° il doit pouvoir s'enrouler un certain nombre de fois sur lui-même sans se déchirer ;

3° il doit supporter sans se déchirer un certain nombre de torsions sur une longueur donnée : c'est l'épreuve la plus ordinaire de la ductilité ;

4° il doit supporter sans se rompre une certaine traction. Suivant M. Preece, un bon fil de fer doux, bien recuit, ne doit pas se rompre sous une charge inférieure à 40 kilogrammes par millimètre carré et avec un allongement moindre de 18 pour 400.

A toute diminution de ductilité, c'est-à-dire du nombre de torsions sur une longueur déterminée (0,15), doit correspondre une augmentation de la traction de rupture. Avec une traction de rupture minima de 40 kilogrammes par millimètre carré, le fil n° 8 (4 mm, 31) doit donner les résultats suivants :

MM. RICHARD JOHNSON AND NEPHEW (Bradford Iron Works, Manchester) exposent des échantillons de fil de fer galvanisé n° 8 (4 mm, 31) en bottes d'un seul bout pesant 63,5 kilogrammes et de fil à ligature n° 16 (1 mm, 65), répondant tous aux spécifications du PostOffice ; du fil galvanisé n° 11 (3 mm, 17), pour lignes téléphoniques, en bottes d'un seul bout pouvant atteindre 63,5 kilogrammes et du fil d'acier n° 15 (1,92) résistant à 125 kilogrammes par millimètre carré tout en pouvant s'enrouler sur un cylindre d'un diamètre double de celui du fil, pour les lignes téléphoniques des villes dont les supports doivent être très légers, et dont le fil doit pouvoir supporter une grande tension pour ne pas être exposé à se rompre et à tomber sur le sol des rues.

Pour les armatures de câble, il importe d'avoir des fils de grande longueur d'un seul bout, afin de diminuer le nombre des soudures, et par suite le nombre des arrêts des machines à câbles et le nombre des points faibles dans le câble : une botte exposée de fil best galvanisé n° 00 (9 mm, 21) a un poids qui dépasse 90 kilogrammes.

La WHITECROSS WIRE AND IRON COMPANY (Warrington) fournit également des fils de fer au gouvernement anglais ; elle présente quelques spécimens de fils télégraphiques, de fils à ligature et de fils en fer homogène pour armatures de câbles.

Deux grandes maisons de fabrication de fils de fer et d'acier figurent dans la section belge. MM. A. DAWANS et H. ORBAN (laminoirs et tréfileries de Renory, près Liège) offrent des échantillons de fils d'acier dont les diamètres varient de 12 millimètres à 0,13, de toutes les qualités depuis les aciers durs résistants à 90 kilogrammes par millimètre carré et ne s'allongeant que de 1 pour 100, jusqu'aux aciers les plus doux résistants à 35 kilogrammes par millimètre carré et s'allongeant de 21 pour 100. Le prix de ces fils est de 10 pour 100 supérieur à celui des fils de fer de mêmes dimensions. La maison a fourni une partie notable du fil d'acier galvanisé de 2 millimètres employé sur les réseaux de la Bell Telephone Company. Les fils de fer et d'acier, pour lignes télégraphiques et téléphoniques, de la SOCIÉTÉ ANONYME DE GRIVEGNÉE (près Liège) comprennent des rouleaux de fils de 1 à 6 millimètres de diamètre, pesant de 14 à 60 kilogrammes. Ces fils forment trois catégories : 1° fils d'acier, clairs, durs, résistants à 55 kilogrammes par millimètre carré, sans allongement ; 2° fils de fer recuits, résistance 30 kilogrammes par millimètre carré, avec allongement de 2 à 3 pour 100 ; 3° fils de fer galvanisés résistants à 36 kilogrammes par millimètre carré, avec allongement de 2 à 3 pour 100.

Des échantillons de fonte d'affinage et de fontes manganésifères miroitantes, ainsi que des billettes de fer fin grain et d'acier montrent les matières premières de ces fils. Les ateliers de galvanisation de Jowa (Liège) ont envoyé des spécimens de leurs fils galvanisés et l'ADMINISTRATION DES TÉLÉGRAPHES DE L'ÉTAT BELGE expose les fils de fer et d'acier galvanisés qu'elle emploie.

Le fer suédois est renommé par ses qualités mécaniques et sa conductibilité : on en trouve des échantillons dans la section suédoise, au nom de la SOCIÉTÉ ANONYME DE LESJOEFORS.

Le DÉPARTEMENT DES TÉLÉGRAPHES DE RUSSIE expose du fil d'acier depuis 2,25 jusqu'à 6 millimètres, fabriqué par Hobrecker, à Riga, et des fils télégraphiques de l'usine de Lvoff, à Saint-Petersbourg.

Fil compound (acier et cuivre) . —

On a songé à utiliser les qualités respectives du cuivre et de l'acier en associant ces deux métaux dans la composition des conducteurs télégraphiques. Le premier fil compound, fabriqué en Amérique, était du fil d'acier recouvert de cuivre par la galvanoplastie. D'après M. Prescott, le ohm-mile du fil d'acier employé était de 6.383 livres, ce qui met à 1,31 la résistance électrique de cet acier par rapport au meilleur fer (dont le ohm-mile est de 4884) et à 1,16, cette résistance par rapport au fer ordinaire (celui dont le ohm-mile est de 5.500). En désignant par A la résistance du fil d'acier, C celle de l'enveloppe de cuivre, R celle du fil composé, on a $R = AC / A + C$

Cette relation permet, connaissant la résistance d'un fil d'acier, de trouver le poids du cuivre à ajouter pour que le fil composé ait une résistance donnée. Ainsi la résistance d'un fil d'acier étant de 33 ohms par kilomètre, si on veut que le fil composé ait une résistance de 9,32, la résistance du cuivre sera donnée par $C = AR / A - R = 13$.

Le poids du kilomètre de cuivre ayant un ohm de résistance étant de 152k,6, le poids du cuivre pur à ajouter par kilomètre sera de $152,6 : 13 = 11k,74$.

Le fil composé se fabrique actuellement en enroulant un ruban de cuivre autour d'un fil d'acier étamé, passant le tout à la filière et soudant par immersion dans un bain d'étain.

On a fabriqué en France du fil d'acier de 1 mm, 7 recouvert d'une feuille de cuivre de 0 mm, 2, pesant 29 kilogrammes par 1000 mètres ; il rompt sous une charge totale de 150 kilogrammes et avait une conductibilité un peu supérieure à celle du fil de fer galvanisé. Ce fil, qui allie une grande ténacité à une conductibilité suffisante avec un poids faible, procurerait une économie notable dans le transport et une grande simplification dans la construction. Avec la même conductibilité, sous une section moindre, on diminuerait l'induction mutuelle des fils. Mais les expériences faites n'ont pas suffisamment prouvé que l'adhérence des deux métaux doive se maintenir.

MM. SIEMENS frères (Gande Bretagne) ont envoyé quelques échantillons de fil d'acier recouvert d'un tube de cuivre bien adhérent ; son poids est un tiers de celui du fil de fer de même résistance électrique. Les joints de ces fils s'effectuent à l'aide de manchons en cuivre que l'on remplit de soudure ; ils présentent une grande analogie avec ceux en usage en France sur les lignes en fil de fer.

On voit aussi du fil d'acier cuivré chez MM. DaVANS et ORBAN (Belgique).

Bronze phosphoreux .

En Belgique et en Italie, les compagnies téléphoniques font usage de fils en bronze phosphoreux dont M. MONTEFIORE LEVI (fonderie et tréfilerie d'Anderlecht) expose plusieurs spécimens dans la section belge. Tandis que le cuivre rouge ne s'érouit pas à la filière, possède peu d'élasticité et prend un allongement permanent sous de faibles charges, le bronze phosphoreux, par l'érouissage, devient élastique, durcit et peut supporter des charges de 50 et même 100 kilogrammes par millimètre carré. Comme il est absolument inoxydable, on peut l'employer en fils très fins. Or, l'emploi de fils fins dans les lignes aériennes présente de nombreux avantages. On peut augmenter les portées et diminuer le nombre des appuis, augmenter le nombre des fils sur les mêmes appuis, sans que la charge soit trop considérable ; les fils fins offrent peu de prise au vent ou à la neige et il n'est pas nécessaire d'éteindre les vibrations par des sourdines ; enfin l'induction mutuelle est diminuée. Les réseaux téléphoniques de Bruxelles et de Gand sont construits, pour la plus grande partie, en fil de 0 mm,8 dont le kilomètre pèse environ 4,500 certaines portées atteignent 500 mètres et les chevalets placés au-dessus des maisons supportent jusqu'à 150 et 200 fils. L'élasticité de ces fils serait telle que, s'ils se brisent, les deux bouts sont ramenés aussitôt vers les supports voisins, sans descendre de plus de 4 mètres au dessous de leur position primitive dans les plus grandes portées. Toutefois le maniement d'un fil aussi mince exige des ouvriers expérimentés, car le fil se brise facilement s'il se forme un nœud, et au moindre enchevêtrement le rouleau de fil est perdu.

Aussi M. Montefiore Levi recommande de préférence le fil de 1 mm, 25 dont on fait surtout usage en Italie et qui pèse 10 à 11 kilogrammes par kilomètre. Le prix du bronze phosphoreux étant d'environ 4 francs le kilogramme, le fil de 0 mm, 8 revient à longueur égale au même prix que le fil d'acier de 2 millimètres ; en tenant compte des économies dans la pose, M. Montefiore Levi estime que le prix d'une ligne en fil de bronze de 1,25 est encore inférieur à celui d'une ligne en fil d'acier de 2 millimètres.

On voit dans la vitrine de MM. WEILLER et MONTEFIORE-LEVI (fonderie et tréfilerie d'Angoulême, France) 30 fils de 0 mm, 14 supportant ensemble un poids de 45 kilogrammes, soit plus de 100 kilogrammes par millimètre carré et un fil, en un seul bout de 19.280 mètres, dépassant 110 kilogrammes par millimètre carré. Par le recuit, le bronze phosphoreux perd sa dureté et son élasticité et prend un grand allongement sous un faible effort ; un spécimen exposé s'allonge de 0,52 par mètre. La conductibilité électrique du bronze phosphoreux est assez variable ; les fabricants paraissent jusqu'ici s'être surtout préoccupés de sa résistance à la rupture. Certains essais faits en Belgique et en Suisse mettent sa conductibilité à 1/5 de celle de cuivre, soit une résistance de 1,4 fois plus faible que celle du fer. Quelques essais faits à Paris à la température de 0° C. ont donné les résultats suivants :

DIAMÈTRE.	TRACTION de rupture par millimètre carré.	ALLONGEMENT pour 100.	PLIAGES à angle droit.	RÉSISTANCE électrique de 1000 mètres de fil de 1 millimètre.	RÉSISTANCE électrique de 1000 mètres de fil de fer de 1 millimètre.
millimèt.	kilogr.				
1,21	39,13	8	17	90,325	161,840
1,46	53,50	4,8	10	100,974	161,840
2,34	53,50	4	14	97,933	161,840
0,815	55,55	8,5	35	164,834	161,840

Le fil de bronze phosphoreux de MM. FELTEN GUILLEAUME (section allemande) aurait, d'après le fabricant, une résistance de 6,5 unités Siemens rapportée au fil de 4 millimètres et une traction à la rupture de 55 kilogrammes par millimètre carré.

Fils pour bobines de résistance.

L'alliage le plus généralement usité dans la construction des bobines de résistance est le maillechort ou argent allemand (4 cuivre, 2 nickel, 1 zinc), qui possède une grande permanence et dont la résistance électrique assez élevée (13 fois celle du cuivre) varie peu avec la température (10 fois moins que le cuivre).

M. MOUCHEL (France) présente un fil de maillechort de 0 mm, 02 d'une conductibilité de 6,51 p. 100 par rapport au cuivre pur et d'une résistance kilométrique de 779.433,5 ohms; un autre de 0,08 d'une conductibilité de 4,77 pour 100 et d'une résistance kilométrique de 66.422,5 ohms. En introduisant de l'arsenic dans du cuivre même fabricant a obtenu des alliages dont la conductibilité descend jusqu'à 3,66 pour 100 (avec 10 pour 100 d'arsenic): un fil de 0,24 a alors une résistance kilométrique de 9.809 ohms.

Mme BONIS (France) fabrique un fil de platine de 1/40 de millimètre dont un centimètre a une résistance de 11,22 ohms et rougit avec un élément Leclanché.

L'Exposition internationale d'électricité a été ouverte le 11 avril 1881, et l'on sait quel est son succès.

Elle a été complétée par un congrès des électriciens dans lequel des décisions importantes ont été prises, notamment en ce qui concerne les unités électriques. Nous bornerons pour le moment à donner la **liste complète des objets exposés dans le pavillon du ministère des postes et des télégraphes français**,

ANCIENS MODÈLES.

Ancien appareil français à deux indicateurs et un régulateur.

Le régulateur indique la clef à laquelle se rapporte la lecture.

Ancien appareil français à un seul indicateur (Breguet). Ancien télégraphe français (système Pouget).

Poste complet avec paratonnerre, galvanomètre et commutateur.

Le manipulateur porte sur son pourtour quatre petits contacts métalliques qui viennent successivement se mettre en relation avec un petit cylindre métallique horizontal. Le levier est mobile sur un disque portant huit entailles destinées à recevoir une saillie et à le maintenir immobile.

Appareil à cadran de M. Cacheleux, reproduisant les lettres ou les signaux du télégraphe Chappe.

APPAREILS A CADRAN.

Poste à cadran pour deux directions.

Modèle des chemins de fer de l'État. Le poste complet, avec toutes ses communications, est enfermé dans une boîte portative comprenant: un manipulateur, un récepteur à cadran, deux sonneries, deux paratonnerres à fil, deux galvanomètres.

Récepteur à cadran de M. Guyot (Abel). Le réglage est évité au moyen de deux électro-aimants verticaux et d'un levier portant deux armatures polarisées qui, sous l'influence du courant, bascule comme un levier de balance.

Manipulateur à cadran à inversion de courant (Digney), produisant l'inversion du courant à chaque émission. Récepteur à cadran sans réglage de M. Digney. L'armature oscille entre les deux pôles d'un électro-aimant polarisé. Anciens manipulateurs à cadran de M. Bréguet. Le mouvement alternatif de la tige qui donne les contacts est produit par un disque denté.

Poste à cadran avec accessoires. (Paratonnerres, galvanomètre, commutateurs, sonnerie.)

Poste à cadran complet, construit par MM. Digney frères en 1862 et destiné à l'empereur du Maroc. En regard des signaux français se trouvent les signaux arabes correspondants.

APPAREILS MORSE.

Récepteur Morse Bréguet, à pointe sèche, à relais et à ressort.

Récepteur Morse Bréguet, à pointe sèche, sans relais.

Récepteur Morse Digney, à pointe sèche et relais, à poids, armature cylindrique.

Récepteur Morse Mouilleron, à pointe sèche, sans relais, armature plate.

Récepteur Morse Mouilleron, à pointe sèche, à relais, à mouvement d'horlogerie, armature plate.

Récepteur Morse Cacheleux, à pointe sèche et à relais avec sonnerie d'appel.

Récepteur Morse (1858), modèle de l'Administration, à pointe sèche et à relais avec commutateur permettant de bifurquer le courant dans les bobines.

Récepteur Morse (Digney, 1857), à molette et à relais.

Récepteur Morse (Digney), à molette mobile, sans relais.

Récepteur Morse (Digney) à molette et à relais. Transformation d'un récepteur Mouilleron à pointe sèche.

Récepteur Morse de Bréguet, à molette et à relais, levier sur couteau.

Récepteur Morse, système Cacheleux (1854), à tireligne, relais et sonnerie.

Récepteur à molette sans relais de M. Abel Guyot, à levier brisé pour assurer la translation.

Récepteur Morse à déclenchement automatique, déclenchement intérieur et relais.

Récepteur Morse à déclenchement automatique, système Anfonso (1863), à déclenchement extérieur et relais.

Récepteur Morse à déclenchement automatique, sans relais, système Meyer (1863).

Récepteur Morse à déclenchement automatique de Leydier (1876). Une ailette attachée au rouet est arrêtée par une pièce de l'armature et déclenchée dès que le courant passe.

Récepteur Morse à déclenchement automatique, modèle des ateliers de l'Administration (1860).

Récepteur Morse Dumoulin-Froment, à électro-aimant mobile.

Appareil Morse portatif de MM. Rault et Chassan (1875). Poste complet comprenant: récepteur, manipulateur, paratonnerre, galvanomètre et commutateurs, le tout monté sous un très petit volume dans une boîte. Un modèle spécial d'encrier permet de mouiller constamment la molette. Les noyaux de l'électro-aimant sont mobiles, et une vis les déplace pour régler l'appareil.

Appareil Morse Rault et Chassan à encrage automatique (1877). L'encrier est au-dessus du tampon et un petit piston fait régulièrement sortir une goutte d'encre. L'électro-aimant est à noyaux mobiles. Le volant du mouvement d'horlogerie peut se régler à volonté.

Appareil Morse portatif de MM. Gaiffé et Darlot.

Appareil Morse portatif de M. Digney (1865). Poste complet pour télégraphie militaire.

Appareil Morse portatif de M. Charles (1864). Poste complet avec sa boîte.

Installation ordinaire de deux postes Morse. Les récepteurs sont du modèle le plus récent.

Installation de trois postes Morse embrochés. Les trois postes communiquent entre eux à volonté.

Installation Morse en duplex (système différentiel). Deux postes complets avec les résistances additionnelles. Ce système permet d'envoyer simultanément et dans les deux sens des dépêches par le même fil. Le courant se bifurque au départ, traverse en sens contraire les bobines du récepteur, et, par suite, n'actionne pas l'armature qui n'est attirée que si un courant envoyé par le poste correspondant vient détruire l'équilibre. Installation Morse duplex à courant continu (système Mandroux). Deux postes complets avec leurs résistances.

Transmission de deux dépêches dans le même sens par un seul fil (1er système Sieur).

L'installation comprend: deux Morse, un relais Sieur, deux rhéostats. Les deux manipulateurs peuvent envoyer sur la même ligne: le premier, un courant d'intensité 1; le deuxième, un courant contraire d'intensité 3; la superposition des deux courants donne l'intensité 2. La ligne aboutit à un relais polarisé à deux armatures dont l'une est sensible aux intensités 1 et 2, l'autre aux intensités 2 et 3. Chacune des armatures actionne un récepteur. Cette installation montée en duplex donne un système de transmission quadruple.

Transmission de deux dépêches dans le même sens par un seul fil (2° système Sieur 1872). Une roue tournant très vite envoie sur la ligne des émissions alternativement positives et négatives. Ces émissions traversent un double relais polarisé dont chaque armature peut vibrer sous l'action d'un seul des deux courants. L'armature en vibrant ne touche aucun buttoir. Si la manipulation interrompt un des courants, l'armature correspondante s'arrête, touche son buttoir, et le relais fonctionne.

Appareil Morse à transmission automatique et à composition préalable de M. Digney, imaginé en 1859. Cet appareil à composition préalable comprend: un perforateur, un transmetteur et un récepteur. Perforateur à une seule touche, portant un emporte-pièces, découpant des trous longs ou courts sur une bande de papier. Perforateur à trois touches donnant l'une des points, l'autre des traits, la troisième faisant avancer le papier. Les trous correspondent aux traits et aux points sur deux lignes parallèles.

Transmetteur simple. Une pointe pénétrant dans les trous du papier fait osciller une lame entre les deux buttoirs. Les contacts de cette lame lancent les courants.

Transmetteur double, pour une bande perforée par le second perforateur. La pointe et la lame sont doubles. On peut utiliser avec le premier un récepteur Morse ordinaire, et l'on se sert pour le second d'un récepteur à deux styles.

Il existe à l'Exposition un appareil à double face, comprenant à la fois le transmetteur et le récepteur pour l'emploi d'un seul style.

Manipulateur Morse (Breguet).

Manipulateur Morse à ressort (1875).

Manipulateur Morse, modèle de l'Administration, avec commutateur de pile et de translation. (Deux modèles différents, 1858.)

Manipulateur Morse à contacts doubles.

Manipulateur Morse à levier brisé (1861) Pour transmission par courant continu.

Manipulateur Morse (Parthenay) Avec commutateur à manette . Manipulateur Morse à quatre directions de M. Chassan (1868). Pour communiquer simultanément avec quatre postes .

Manipulateur à crayon de M. Ailhaud, neuf modèles. On trace sur le papier des traits et des points, la pression donnée au crayon déplace une lame entre deux buttoirs et l'émission du courant sur la ligne.

Manipulateur Morse à clavier de M. Ailhaud, Comprend un clavier sur les touches duquel sont inscrites toutes les lettres de l'alphabet; chaque touche abaissée met une pièce de contact en présence d'un cylindre sur lequel sont incrustés les signaux Morse. Dans le premier système, les lettres étaient inégalement espacées. Dans les systèmes suivants, M. Ailhaud a obvié à cet inconvénient.

Manipulateur Morse circulaire de M. Nacfer. Ce manipulateur est à cadran et porte huit divisions dont quatre correspondent à l'envoi du courant. On transmet des points ou des traits selon que l'on franchit rapidement ces divisions ou qu'on s'y arrête un instant.

RELAIS ET APPAREILS DE RAPPEL .

Relais à double effet de Froment. Relais translateur de Froment.

Relais Dutertre. Les armatures sont fixes et les noyaux mobiles .

Relais double Mouilleron. Relais translateur, Bourbon .

Relais Morse , à armatures aimantées. Relais Bréguet , à électro-aimant horizontal.

Relais translateur, de M. Abel Guyot. Relais différentiel pour duplex.

Relais à armatures aimantées. Relais de M. Darcq. Quand le relais fonctionne avec un certain sens du courant, le circuit local de la sonnerie est fermé; lorsque le sens du courant est changé, la sonnerie reste au repos.

Relais de M. Breguet , pour sonneries. Relais sans réglage de M. Sambourg (1858) . L'armature oscille entre deux électroaimants bifurqués ; l'un est à deux bobines et le second n'en porte qu'une seule. Le courant d'une pile locale traverse une des bobines du premier électro-aimant, et polarise l'armature. Les deux autres bobines sont traversées par le courant de ligne, dont l'effet dans les bobines et sur la palette est contraire à celui de la pile locale. L'armature oscille et ferme un circuit.

Relais translateur pour deux lignes, de Bréguet. Relais de M. Marcillac, pour lignes souterraines. Une petite bobine très légèrement suspendue oscille entre les pôles de deux électro-aimants polarisés ; les contacts s'établissent entre deux pointes et deux petits godets de mercure envoient des courants alternés dans le récepteur.

Relais de M. d'Arlincourt . Ce relais permet d'effectuer des translations dans deux directions opposées : son principe est basé sur l'emploi de quatre électroaimants à armatures polarisées. Les palettes de deux d'entre eux peuvent se mouvoir d'une façon symétrique par rapport aux pôles qui agissent dissymétriquement , et donnent, à la fin de chaque translation d'un signal, un coup de fouet qui décharge la ligne en la mettant à la terre. Deux parleurs et deux manipulateurs intercalés dans le circuit permettent de communiquer avec les postes extrêmes .

Relais transmetteur de M. Héquet. Électro-aimants à culasse coupée et mobile; décharge obtenue mécaniquement; la ligne se trouve mise à la terre un instant avant et après chaque émission. Un système spécial de réglage permet d'avoir une tension plus forte du ressort antagoniste à mesure que l'armature se rapproche des pôles. Ce relais est utilisé au poste central entre Marseille et Londres .

Parleur ordinaire .

Parleur militaire (modèle 1872) .

Parleur militaire de M. de la Presle. Un petit commutateur permet de s'en servir à volonté pour la transmission à courant ordinaire ou pour celle à courant continu.

Parleur à une bobine et noyau mobile, modèle des ateliers de l'Administration (1875) .

Parleur avertisseur de M. Gras (1878) . Des commutateurs permettent de changer instantanément les communications et de faire varier la résistance de la bobine.

Appareil de rappel à déclenchement de M. de Meaux. Indicateur de sonnerie de M. Lorin, Employé pour le rappel des bureaux municipaux.

Rappel par inversion de M. Vinay. Indicateur de M. Olsen, télégraphiste à la Rochelle, faisant connaître d'où partent les rappels de nuit. Un voyant détaché par l'appel tombe devant une fenêtre et ferme le circuit d'une sonnerie .

Rappel de M. Callaud. Le manipulateur est construit comme celui du télégraphe à cadran et produit des émissions successives. Dans chaque récepteur, la première émission ferme le circuit de sonnerie, la deuxième l'ouvre et se transmet au poste suivant. Il suffit, pour appeler un poste, de placer la manette sur le numéro correspondant.

Rappel à sonnerie de MM. Grassi et Beux (1878) Sans aimantet sans courant continu, destiné à rappeler les postes.

Rappels à tiges vibrantes de M. de Coigny. Cinq appareils, deux pour têtes de ligne, trois pour postes intermédiaires , permettant à un poste de communiquer séparément avec plusieurs autres échelonnés sur un fil . L'appareil tête de ligne consiste en une tige vibrante de longueur variable dont le mouvement est entretenu par un électro-aimant. Cette tige lance sur la ligne des courants interrompus. A chacun des postes intermédiaires, les courants traversent une bobine dont l'armature est une tige vibrante de longueur fixe qui forme relais et actionne la sonnerie. Lorsque le poste tête de ligne veut communiquer avec un autre poste, il donne à sa tige la longueur connue, vibrant à l'unisson de la tige qu'il veut ébranler. Le poste appelé est seul actionné, toutes les autres tiges restent muettes. M. l'abbé Laborde a fait en 1860, à l'Institut, une communication au sujet d'un système télégraphique reposant sur le même principe (Annales télégraphiques de 1860, p. 427.)

Galvanomètre rappel de M. Estienne (1864) .La branche de cuivre de l'aiguille établit un contact lorsque le courant atteint une certaine intensité. Électro-aimants de M. Héquet. Deux modèles différents . Dans le premier, la culasse est coupée et l'une des parties peut être plus ou moins rapprochée de l'autre, ce qui constitue un mode de réglage. Dans le dernier, la culasse est indépendante des noyaux sous les extrémités desquels on peut la faire glisser, de façon ou à établir un contact métallique ou à n'avoir d'influence qu'à travers de petites lames d'ébonite encastrées convenablement dans la culasse . Ces deux systèmes diminuent considérablement l'intensité du magnétisme rémanent. Un cadran et un Morse, munis de ses électro-aimants, permettent la comparaison.

Appareil avertisseur de rappel de M. Petit. Poste central avec cadran et poste secondaire. Pour donner l'alarme il suffit de presser un bouton au poste secondaire pour que la sonnerie fonctionne aux deux postes, jusqu'à ce que l'on ait également pressé un bouton au poste central. Pour que le poste d'appel signale son numéro d'ordre , il abaisse une touche qui permet l'envoi automatique, au moyen d'une roue à cames, d'autant de courants successifs de sonnerie qu'il en faut pour que l'aiguille du cadran arrive devant le numéro d'ordre au poste central. Système de translation pour télégraphie militaire (1875) .

Montage de deux parleurs .

APPAREILS IMPRIMEURS.

Appareils Hughes ordinaire avec l'échappement mécanique de la détente, de MM. Terral et Mandroux.

Appareils Hughes montés en duplex. Ces appareils, construits d'après le modèle adopté par l'administration et mis en mouvement par des turbines (système Humblot), sont disposées de façon à permettre l'échange simultané de dépêches dans les deux sens, par le même fil. La méthode employée est celle du pont de Wheatstone.

Appareil Hughes, duplex de M. Terral.

Appareil à double face, comportant le transmetteur et le récepteur. Il est disposé mécaniquement et électriquement pour transmission simultanée en sens contraire. Pas de ligne factice.

Appareil Hughes (système Demanet).

Appareils Hughes à clavier mobile, modèle des ateliers de l'Administration . Cet appareil ne diffère de l'appareil réglementaire qu'en ce que le clavier et la boîte à goudjons peuvent être enlevés très facilement. Il suffit de retirer les deux vis qui accompagnent le clavier.

Appareil imprimeur de M. Olsen . Cet appareil, qui dérive de Hughes, est basé sur le synchronisme de deux roues des types, l'une au départ, l'autre à l'arrivée. Il peut servir à la transmission directe au moyen d'un manipulateur à clavier, ou à la transmission automatique au moyen d'un perforateur qui prépare la dépêche sur une bande de papier. Ce dernier système correspond au rendement maximum. L'organe électro-magnétique, comprenant une bobine simple, deux armatures et un aimant artificiel, assure un fonctionnement plus rapide que celui du Hughes : la vitesse peut donc être supérieure. En outre, par suite de cet accroissement de vitesse, les écarts du synchronisme pouvant atteindre des limites plus étendues, la circonférence de la roue correctrice a été divisée en quinze parties (au lieu de vingt-huit comme dans le Hughes), ce qui permet à la came correctrice de corriger des écarts presque doubles (1/30 au lieu de 1/56) . Chaque poste comprend trois appareils distincts : appareil récepteur et transmetteur, organe automatique, perforateur. Les goudjons, au nombre de vingt-huit, sont alternativement reliés à l'un ou l'autre des pôles de la pile locale, de façon que l'impression d'un même caractère a toujours lieu sous l'influence d'un même courant, dont le sens change d'un goudjon à l'autre. Le perforateur est muni d'un clavier. Trois poinçons perforent des trous sur une bande de papier. Les trous perforés par le premier sont destinés à établir le passage du courant positif ; ceux perforés par le second établissent la communication avec le pôle négatif ; enfin, ceux produits par le troisième, qui est plus fin, caractérisent le blanc des lettres, en sorte que, si l'on appuie sur la touche du blanc, on fait agir deux poinçons, et un second trou est perforé à côté du trou perforé par le poinçon négatif. Une perforation exige un tour entier de l'axe .

Appareil imprimeur Rouvier. Modification de l'appareil Hughes par l'emploi de courants positifs et négatifs. Les deux roues des types correspondent, comme dans l'appareil Olsen , aux deux sens de courant, cette disposition permet de leur donner une vitesse de rotation plus grande et d'obtenir une transmission plus rapide.

Appareils de M. Dujardin.

Appareil imprimeur (1er type) . Le manipulateur est du modèle dit à cadran . Sa manivelle émet, en tournant, des courants alternatifs se succédant sans interruption et qui ont pour effet de faire progresser la roue du poste récepteur d'un angle correspondant à celui dont le transmetteur se déplace. Lorsqu'on abaisse la manivelle, aucun courant ne passe

sur la ligne, et l'impression a lieu à l'arrivée. La roue des types du récepteur est mue par un mécanisme d'horlogerie, dont la marche est entravée par l'armature polarisée d'un électro-aimant en relation avec la ligne. Chaque oscillation de cette palette laisse avancer la roue d'une division. Lorsque celle-ci présente au papier la lettre voulue, l'impression se produit sous l'action d'un électro-aimant dont le circuit est alors fermé par une deuxième armature très légère, située à l'extrémité postérieure de l'électro-aimant de ligne et qui n'abandonne cette position qu'au moment où aucun courant n'est envoyé par le poste transmetteur.

Appareil imprimeur (2^e type). Le manipulateur est formé d'un axe armé de chevilles implantées en hélice et susceptibles d'être arrêtées au passage par les touches correspondantes d'un clavier alphabétique situé au-dessus d'elles. Une pédale analogue à celle des machines à coudre transmet à l'axe un mouvement de rotation continu pendant lequel un commutateur fixé sur cet arbre émet sur la ligne des courants alternatifs. Ces courants commandent à l'arrivée le débit de la roue des types. La rencontre d'une cheville par la touche du même rang abaissée par l'opérateur prolonge l'émission du dernier courant et fixe l'armature polarisée du récepteur et conséquemment la roue des types dans la position qu'elles occupent alors. A ce moment, un échappement, dont le jeu était entravé par le mouvement même de la roue des types, fonctionne, et l'impression se produit mécaniquement. Premier appareil à signaux conventionnels. Les lettres sont représentées par des points convenablement groupés, tracés à l'encre sur une feuille de papier. Le transmetteur est un manipulateur magnétoélectrique. L'armature du récepteur est polarisée. Cet appareil a fonctionné à titre d'essai entre Paris et Lille en 1849.

Nouvel appareil à signaux conventionnels. Cet appareil produit les signaux à l'aide de points convenablement groupés, imprimés sur une bande de papier. Le manipulateur est formé d'un cylindre horizontal mis en mouvement par une pédale d'une machine à coudre et qui commande un commutateur inverseur des courants. Ce cylindre porte vingt huit disques métalliques dont la circonférence est divisée en saillies correspondant au nombre et aux signaux à produire. Ces signaux sont recueillis et lancés sur la ligne à l'aide des touches d'un clavier. L'organe essentiel du récepteur comprend une armature aimantée dont l'extrémité libre porte une molette encreée par un tampon : les courants de nom voulu amènent cette molette contre la bande de papier sur laquelle elle trace un point; ceux de nom contraire l'en éloignent. Appareil imprimeur de M. d'Arlincourt. Le manipulateur et le récepteur sont réunis. Des touches correspondant aux différents caractères sont disposées en cercle sur le manipulateur. Quand on abaisse l'une d'elles, une aiguille tourne au centre du cadran, en vertu d'une disposition analogue à celles des trembleurs, et est arrêtée mécaniquement en face de la touche abaissée. Cette rotation est produite par une dérivation du courant de ligne. Au poste correspondant, les émissions successives du courant de ligne, agissant sur un électro-aimant récepteur, font tourner une aiguille identique, qui finalement s'arrête en face de la même lettre. A ce moment intervient un second électro-aimant. Grâce à un réglage convenable et à la rapidité des émissions du courant, celui-ci ne peut faire mouvoir l'armature de l'électro-aimant en question, pendant la rotation des deux aiguilles. A l'instant de l'arrêt, le courant agit avec toute son intensité et fait soulever un marteau contre la lettre correspondante d'une roue de types qui suit les mouvements des aiguilles.

APPAREILS ÉLECTRO-CHIMIQUES ET AUTOGRAPHIQUES.

Appareil Morse électro-chimique de M. Pouget, avec relais et pile locale. Appareil rapide à composition préalable de MM. Chauvassaignes et Lambrigot; et comprenant trois parties : le composteur, le transmetteur et le récepteur. Le composteur est un appareil Morse fonctionnant en local et imprimant au moyen de résine des traits et des points sur une bande de papier métallique, la molette, chauffée par une petite lampe, pénètre dans le réservoir à résine et s'imprègne de matière isolante. Le transmetteur et le récepteur sont réunis. Pour transmettre on fait passer la bande préparée sous un style frotteur; le papier métallique étant en relation avec la terre et le style avec la pile et avec la ligne, le courant n'est envoyé au poste correspondant que quand ce dernier passe sur les signaux marqués par la résine. La réception se fait par décomposition chimique; une bande de papier, constamment sensibilisée par une molette imprégnée d'une dissolution d'iode de potassium, reçoit une trace à chaque passage du courant. Pantélographie Caselli à pendule régulateur.

Appareil autographique électro-chimique. Un courant local émis périodiquement par un pendule règle, par l'intermédiaire de forts électro-aimants, les oscillations d'un grand balancier qui commande le style parcourant le dessin. Le style métallique décrit des lignes droites parallèles et très rapprochées, chaque fois qu'il rencontre un trait du dessin qui a été exécuté avec de l'encre isolante sur du papier métallique, un courant est envoyé sur la ligne, suit le style de l'appareil récepteur qui est animé du même mouvement que celui du départ et décompose par son passage à travers le papier la substance chimique dont il est imprégné. On obtient ainsi à l'arrivée un trait d'une longueur égale à celle qui a été parcourue au départ. Appareil autographique Lenoir (1864).

Appareil électro-magnétique. Le récepteur est une plume actionnée par un électro-aimant à armatures polarisées, et dont le mouvement de translation est le même que celui du style du départ. Le papier métallique transmetteur et le papier récepteur sont enroulés sur des cylindres égaux marchant synchroniquement. On règle ce synchronisme par une disposition correctrice spéciale utilisant l'action d'un électro-aimant sur un disque de fer doux qui forme la partie intérieure du volant de l'appareil. M. Lenoir est arrivé à reproduire des épreuves photographiques obtenues sur papier métalliques.

Appareil autographique d'Arlincourt.

Appareil électro-chimique. Le synchronisme est obtenu par un système de deux tiges vibrantes formant diapason. Les papiers de transmission et de réception sont égaux, mais enroulés sur des cylindres inégaux. Pour obtenir une reproduction exacte, les vitesses angulaires des cylindres doivent être en raison inverse de leurs rayons. La lacune existant dans la conductibilité de ces cylindres permet l'envoi d'un courant régulateur qui, issu du récepteur, opère le déclenchement du mécanisme de départ, immobilisé, dans le cas contraire, à la fin de chaque tour du cylindre. On obtient par ce moyen un synchronisme parfait.

Appareil autographique Meyer.

Appareil autographique électromagnétique. Synchronisme obtenu à l'aide d'un pendule conique qui règle le mouvement d'horlogerie de l'appareil. Au départ, un style de platine, animé d'un mouvement de translation très lent, décrit une hélice à pas très serré sur un dessin exécuté à l'encre isolante et enroulé sur un cylindre entraîné par le mouvement d'horlogerie. A l'arrivée, un autre cylindre tourne sur un axe parallèle à l'arrêt d'un cadre qui porte une large bande de papier. Ce cylindre est armé d'une nervure hélicoïdale d'un pas égal à sa longueur. Les deux cylindres (départ et arrivée) déroulent synchroniquement; les points de l'hélice du récepteur viennent passer successivement en face du papier suivant une ligne droite qui représente le développement de la spire décrite par le style transmetteur autour du cylindre de départ. Chaque fois que le style rencontre le trait du dessin, le courant est envoyé sur la ligne et, grâce à un électro-aimant, le châssis qui supporte le papier à l'arrivée est jeté contre l'hélice qui est constamment imprimée d'encre et qui trace un trait égal au premier et symétriquement situé.

APPAREILS A TRANSMISSION RAPIDE.

Appareil Wheatstone. Cet appareil comprend à chaque poste : un perforateur, un transmetteur et un récepteur. La dépêche à transmettre est d'abord composée en signaux au moyen du perforateur. Trois touches abaissées produisent sur une bande de papier huilé : la première, deux gros trous sur une perpendiculaire à la longueur de la bande et un petit trou au milieu; ces deux gros trous représentent le point de l'alphabet Morse; la seconde fait percer à égale distance des bords un petit trou qui sert à l'avancement du papier; enfin la troisième, deux gros trous sur une oblique de 45°, inclinée de gauche à droite, et deux petits trous dans la rangée du milieu; c'est le trait de Morse. La bande ainsi préparée est soumise au transmetteur. Cet appareil, au moyen d'un jeu alternatif de deux aiguilles pouvant rencontrer dans leur course les gros trous de la bande perforée, et d'un organe spécial inverseur de courants, envoie sur la ligne des courants alternativement positifs et négatifs, à des intervalles plus ou moins rapprochés, suivant les positions relatives des gros trous de la bande. La partie essentielle du récepteur est un électro-aimant polarisé dont l'armature, attirée par un courant, ne revient à sa position première que sous l'influence du courant contraire. Suivant la durée de l'intervalle séparant l'émission des deux courants inverses, le récepteur imprime un trait ou un point sur une bande de papier qui se déroule devant une molette. A côté du perforateur ordinaire se trouve un perforateur pneumatique, où l'abaissement des touches est produit par la pression de l'air, dont l'émission est réglée par la manipulation d'un petit clavier à trois touches.

Appareil multiple à signaux conventionnels de Meyer, basé sur la division du temps, c'est à dire qu'il y est assigné à chaque transmission un intervalle de temps égal pendant chaque révolution d'un organe distributeur qui tourne constamment. Dans une seconde, par exemple, le premier quart de seconde sert à la transmission de la première lettre d'un mot, et les trois autres quarts à la transmission indépendante de trois premières lettres de trois autres mots; le premier quart de la seconde suivante est occupé par la transmission de la deuxième lettre du premier mot, et ainsi de suite. L'appareil exposé est à quatre transmissions. La ligne est mise successivement à la disposition de quatre employés, ce qui donne le temps de préparer à la main le signal à transmettre. Le passage de la ligne d'un appareil à l'autre aux stations correspondantes s'effectue au moyen de deux distributeurs divisés en quatre secteurs et devant chacun desquels tourne une aiguille munie de frotteurs en communication avec le fil de ligne. Chaque secteur comprend douze contacts reliés soit aux touches du manipulateur, soit à la terre pour décharger la ligne. Les récepteurs se composent de cylindres qui sont animés du même mouvement de rotation que l'aiguille du distributeur, et dont chacun porte en saillie, dans le sens longitudinal, un quart d'hélice imprégné d'encre correspondant à un secteur de la circonférence. C'est le même principe que dans l'appareil autographique du même inventeur. Un relais, placé à chaque station entre le distributeur et la ligne, est traversé par tous les courants, et ferme ou ouvre le circuit d'une pile locale qui a pour effet, par l'intermédiaire d'un électro-aimant, de presser une large bande de papier contre l'hélice du récepteur correspondant au secteur en ce moment parcouru par le ressort de la ligne. Le système peut s'appliquer au service simultané de plusieurs bureaux ou de plusieurs villes par un seul conducteur; l'appareil qui figure à l'Exposition a été précisément disposé dans ce but par M. Willot. Il doit être placé à un poste intermédiaire. Une simple manœuvre de commutateur permet d'obtenir diverses combinaisons dans les communications des bureaux entre eux. Le synchronisme est obtenu par un régulateur analogue à celui de l'appareil Hughes, mais disposé verticalement. Un système correcteur rectifie les écarts à chaque tour. Appareil multiple Meyer et récepteurs indépendants. Contrairement à ce qui se passe dans le système précédent, les récepteurs sont ici indépendants les uns des autres, indifféremment pour des transmissions quadruples, septuples, etc. L'hélice de chaque récepteur est mue par un mouvement d'horlogerie qu'un contact du distributeur fait déclencher au moment opportun.

Appareil à transmission multiple de M. Willot. La disposition de l'appareil permet de mettre en communication simultanée plusieurs villes desservies par le même fil. Le principe est le même que celui de l'appareil de M. Meyer, mais le récepteur est disposé de façon à reproduire les signaux sur une bande Morse ordinaire. Un électro-aimant fait déclencher un rouage spécial qui n'entraîne la bande que le temps nécessaire à l'impression du signal. Appareil multiple imprimeur Baudot. Le distributeur est divisé en six secteurs; chacun de ces secteurs comporte cinq pièces de contact égales, sur lesquelles passe successivement un frotteur en relation avec la ligne au départ, les cinq contacts de chaque secteur sont reliés aux cinq touches qui constituent le manipulateur, et à l'arrivée à cinq relais. En abaissant les touches suivant une combinaison quelconque, on envoie successivement le courant dans les relais qui leur correspondent, et l'on reproduit ainsi à l'arrivée la combinaison du départ. Ces combinaisons sont reproduites en caractères

imprimés sur une bande de papier par l'intermédiaire d'un organe spécial appelé combinateur. Cet appareil est celui qui réalise la plus grande vitesse de transmission; à l'Exposition, six récepteurs marchent simultanément avec la plus grande régularité.

APPAREILS POUR LA TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE .

Appareils Hughes disposés pour la transmission sur les câbles sous-marins . Essais commencés en 1877 par M. Ailhaud, continués en 1881 par M. Mandroux, sous la direction de M. Belz, directeur ingénieur à Marseille . Des appareils construits avec cette disposition fonctionnent sur les câbles entre Marseille et l'Algérie . La pièce caractéristique de cet appareil est un petit distributeur composé d'un certain nombre de secteurs métalliques parcourus par une aiguille qui communique avec le câble. Une des armatures d'une batterie de condensateurs est reliée à un petit levier qui oscille entre deux butoirs communiquant l'un avec le pôle positif de la pile, l'autre avec la terre. Le câble est relié à l'autre armature du condensateur. Le premier secteur que parcourt l'aiguille comprend les 5/12 du distributeur ; il est isolé. Pendant tout ce trajet, le levier est en communication avec la pile. Il y a donc émission d'un courant positif : une face du condensateur se charge positivement, l'autre négativement, ce qui provoque un courant positif sur la ligne. Le levier touchant ensuite le butoir de terre, le condensateur se décharge, et un courant négatif est émis dans le câble. L'aiguille parcourt ensuite un secteur qui communique à la terre à travers une résistance, puis un autre secteur qui est directement à la terre, et le câble est ainsi déchargé. Un galvanomètre à miroir très sensible indique l'état du câble après chaque émission transmise ou reçue, et permet de régler avec précision les compensations . Le courant émis dans le câble actionne un relais polarisé de Mandroux. L'appareil récepteur possède également un distributeur analogue au précédent, mais divisé différemment. Au départ, l'aiguille se trouve sur un petit secteur en ébonite, et le relais recevant tout le courant fonctionne. L'aiguille parcourt ensuite différents secteurs qui sont en communication avec la terre, puis avec une pile de décharge et enfin avec la terre. Le câble est ainsi déchargé par les deux bouts . Galvanomètre à miroir, pour le service en duplex sur les câbles entre Marseille et Alger. L'équilibre de l'état permanent est obtenu par un pont de Wheatstone ordinaire . Pour équilibrer les phénomènes de charge et de décharge, une ligne factice aboutit à l'une des faces d'un condensateur ; l'autre face est reliée à un fil qui traverse une résistance et est enroulé autour du galvanomètre en sens inverse du premier fil, pour aller de là à la terre. Cet appareil , avec cette disposition, a fonctionné sur le câble de 1871 depuis le mois de novembre 1876 jusqu'à la rupture du câble en 1879. Il fonctionne aujourd'hui sur les câbles de 1879 et de 1881 . Relais polarisé différentiel de M. Mandroux pour les essais de transmission duplex à translation (système de M. Barbarat) faits sur les câbles d'Antibes à Saint-Florent . Il se compose de quatre bobines opposées deux à deux. L'armature aimantée par un fort aimant se meut entre les deux couples de bobines . La ligne réelle traverse les deux bobines supérieures, la ligne factice les deux bobines inférieures en sens inverse. De cette manière, si l'on émet un courant qui donne à une des bobines supérieure un pôle nord, il se développera dans la bobine inférieure du même couple un pôle sud de même intensité et l'action résultante des deux bobines sur la palette sera nulle. Clef double pour transmission sous-marine. On envoie sur la ligne un courant positif ou un courant négatif, suivant que l'on appuie sur un bouton ou sur l'autre. Commutateur verrou pour transmission sous-marine. Cet instrument, employé dans la transmission sous-marine, sert pour le passage du transmetteur au récepteur. Caisses de résistance . Elles se composent d'une série de bobines de résistance connue. Les extrémités du fil de chaque bobine sont soudées à deux plaques de cuivre séparées les unes des autres par des trous que l'on peut boucher avec des chevilles de laiton à tête isolante. On introduit une bobine dans le circuit en retirant la cheville du trou correspondant. Galvanomètre à miroir de Thomson. Galvanomètre astatique à réflexion. Le miroir, en réfléchissant un faisceau lumineux, permet de lire les déviations de l'aiguille amplifiées sur un écran gradué.

GALVANOMÈTRES , COMMUTATEURS , SONNERIES , PARATONNERRES , ETC.

Galvanomètre vertical de Molteni .

Galvanomètre vertical de Moulleron .

Galvanomètre horizontal. Galvanomètre différentiel de Loiseau .

Galvanomètre Chatellun . La bobine est en forme de cocon et enveloppe complètement l'aiguille aimantée.

Galvanomètre d'embarcation , aiguille suspendue à la Cardan .

Galvanomètre à deux niveaux.

Boussole de sinus pour marine. Suspension à la Cardan .

Boussole de sinus d'expériences. Boussole de tangentes.

Boussole de sinus à zéro variable de M. Lagarde.

Commutateur suisse modèle de l'administration , à 10 fils (1858) .

Commutateur bavarois , pour postes d'écluses .

Commutateur rond .

Commutateur inverseur double.

Commutateurs suisses à 3 et 5 fils .

Commutateur inverseur. Commutateur bavarois .

Commutateur de M. Charles à 5 fils .

Pièces diverses d'appareils. Bornes de divers modèles, volants, guide-papiers, etc.

Sonnerie à déclenchement avec mouvement d'horlogerie,

Sonnerie aimantée de M. Blanc, pour rappel par inversion des courants .

Sonnerie pendulaire de rappel de M. Abel Guyot.

Ancienne sonnerie à mouvement d'horlogerie de M. Breguet. Le passage du courant de ligne fait déclencher un mouvement d'horlogerie. Le tintement dure jusqu'à ce que la paroi de la boîte arrête un petit bouton métallique fixé à l'extrémité d'un fil qui s'enroule autour d'un barillet horizontal, dont la rotation est entretenue par le mécanisme d'horlogerie.

Sonnerie de M. Aubine. L'armature, au repos, est solidaire d'un levier qu'un ressort sollicite de haut en bas, et qui tombe dès que l'armature qui le soutient est attiré. Cette chute ferme le circuit local . Sonnerie à trembleur à grande résistance . Installée sur un long circuit, elle doit fonctionner sous l'action de faibles courants. La construction en est plus soignée et les pièces en sont plus délicates que pour les sonneries ordinaires.

Sonnerie polarisée à trembleur de M. Bourseul; ne fonctionne que lorsque le courant a une direction déterminée.

Sonnerie à trembleur et à courant continu. Le courant de ligne, passant dans un électroaimant, attire son armature qui porte le marteau frappeur. Il se produit alors un déclenchement qui donne naissance à un circuit local à travers la sonnerie ; celle-ci tinte dès lors comme une sonnerie à court circuit jusqu'à ce qu'on l'arrête.

Paratonnerre à fil préservateur et à pointes mobiles.

Paratonnerre à peigne. Paratonnerre à pointes et à fils , pour deux directions.

Paratonnerre Testut , à pointes mobiles, deux directions.

Paratonnerre Sarrazzy. à fil préservateur.

Paratonnerre Bertsch, à 6 fils. L'écoulement à la terre se fait entre une pointe et un fil.

Paratonnerre à pointes de Bertsch . La foudre a fondu les pointes du paratonnerre.

Paratonnerre Montagnole (1870) . Le fil, lorsqu'il est brûlé par l'étincelle électrique, laisse tomber un marteau qui met le fil de ligne à la terre . Paratonnerre à métal fusible de M. Beaufils , sert en même temps d'avertisseur .

Paratonnerre Pouget. à fil et à pointes.

Paratonnerre à alcool . Deux cylindres métalliques sont séparés par de l'alcool , à travers lequel se fait la décharge .

Paratonnerre Masson . Cylindre hérissé de pointes enveloppé dans un autre cylindre .

Paratonnerre Lainette . Un fil métallique tendu est brûlé par la foudre et débânde un ressort qui met la ligne à la terre .

Paratonnerres de M. Germain . à fils , à pointes et à feuilles .

Condensateur de 5 1/2 microfarads . Se compose de feuilles d'étain , séparées par des feuilles de papier paraffiné . (Ateliers de l'Administration)

Clef de court circuit. Elle sert à mettre une résistance quelconque hors d'un circuit en ouvrant au courant un passage sans résistance. (Ateliers de l'Administration .)

Caisse de cinq rhéostats circulaires construits pour les essais de transmission duplex. Dans ces rhéostats, on fait varier les résistances en déplaçant un bras, mobile autour du centre, et dont l'extrémité vient appuyer sur des contacts, placés aux points de jonction des bobines consécutives. (Ateliers de l'Administration.)

Rhéostats à curseur et à fiches et pont de Wheatstone, de M. Marcillac . Les bobines de fil fin sont remplacées par des cylindres d'agglomérés spéciaux dont la résistance varie de 1 à 100,000 ohms . Rhéostats à un cylindre en ébonite à petite résistance . La résistance variable est donnée par un fil de cuivre encastré dans un cylindre en ébonite. On fait varier d'une façon continue la longueur du fil de cuivre intercalé dans le circuit ; on a par suite une variation continue de résistance .

Condensateur avec un nouveau diélectrique en soie caoutchoutée de M. Lagarde. Rhéostat continu (système Dini). La résistance variable est celle d'une couche très mince de platine déposée à la surface d'une glace. Un frotteur à manette tourne sur un cadran gradué et presse la circonférence platinée. Ce rhéostat, tout nouveau et très simple, permet de faire varier rapidement et dans de grandes limites (de 0 à 1.200 ohms pour le modèle exposé) les résistances introduites. On platine la glace par voie sèche en la chauffant fortement en présence d'un mélange de chlorure de platine et d'essence de lavande.

INSTRUMENTS DIVERS , LIVRES, PLANS.

Transmetteur à quatre distributeurs de courants (Froment) .

Appareil d'expériences.

Appareil enregistreur électro-chimique (Froment) ; peut servir en même temps de chronographe et d'enregistreur. Machine à mesurer la vitesse de l'électricité de Guillemin , construit par M. Froment. Roue des types en galvanoplastie de M. Gautret.

Galvanomètre de précision de M. Charles .

Galvanomètre astatique et à miroir. La bobine est formée d'un fil très fin qui fait 38.000 tours . Cet appareil a été construit dans les ateliers de l'Administration.

Balance électro-magnétique de M. Charles (deux modèles) . Cet instrument, qui a été construit dans les ateliers de l'Administration, permet de mesurer avec une grande précision la force attractive d'un électro-aimant, en permettant de faire varier de toutes les manières possibles les positions relatives de l'électro-aimant et de la palette.

Échantillons des fils entrant dans la composition des électro-aimants .

Rhéomètre destiné à mesurer l'action calorifique d'une décharge électrique sur un paratonnerre, de M. Jacquez. Cet instrument, construit par M. Jacquez , a pour pièce principale une hélice de zinc qui , sous l'influence d'une action calorifique ou d'un courant électrique, se déroule régulièrement et s'enroule de même par un refroidissement correspondant.

Téléphones divers .

Microphone de M. Bourseul. Il se compose de deux plaques de bois encastrées parallèlement dans des plaques de caoutchouc pour éviter les vibrations des corps solides. Elles sont reliées par un petit cylindre de charbon divisé en deux parties que l'on rejoint par une petite enveloppe en caoutchouc et entre lesquelles on a mis de la poussière de charbon. Pendule électrique de M. Bizot. en bois découpé; moteur et compensateur électrique. Pendule à répétition électrique de M. Bizot.

Pyromètre de M. Germain. La dilatation du métal établit un contact électrique à une température déterminée.

Fil recouvert (système de M. Germain) .

Appareil électrique contre la gelée des vignes de M. Germain .

[Plan du réseau pneumatique de Paris](#). Ce plan a figuré à l'Exposition universelle de 1878. Il représente les communications pneumatiques qui existaient à cette époque entre divers bureaux de la capitale, ainsi que la position des ateliers de production d'air comprimé ou raréfié et la canalisation amenant cette force aux différents postes télégraphiques .

Plan du réseau télégraphique de Paris. La couleur des fils permet de distinguer les lignes en galeries d'égout, les lignes en tranchée et les lignes aériennes ; les perles colorées indiquent les bureaux de l'État et les divers bureaux spéciaux d'intérêt privé, du service municipal, du service militaire. Ce plan a été exécuté par MM. Fournier et Beau .

Clichés galvanoplastiques exposés par la manufacture des timbres-postes .

Petit modèle de communications électriques automatiques entre deux trains en marche ainsi qu'avec les stations, au moyen d'un conducteur isolé situé au milieu de la voie et d'un système particulier de contacts et du commutateur (système Sozerat et Lorel) .

Tableaux, statistiques, cartes, réseau d'intérêt privé par départements, plan de l'École supérieure de télégraphie.

Plan et description d'un appareil télégraphique de M. Anselme.

Atlas de divers modes d'installation des postes de M. Bizot.

Étude du télégraphe Hughes de M. Borel. Étude du télégraphe Wheatstone de M. Le Tual.

Manuel de télégraphie de M. Houzeau. Dictionnaire allemand-français et français-allemand de technologie électrique de M. Jacquez.

Machine à voter de M. Davillé. Dans le pupitre de chaque membre de l'Assemblée sont deux boutons pour l'expression du vote. Le courant, qui est alors envoyé dans l'une ou l'autre des deux urnes, fait basculer le support d'une boule qui vient se placer dans un tableau indicateur et provoque sur son passage la fermeture d'un circuit spécial. Dans ce circuit est intercalé un appareil indicateur à cadran qui permet de contrôler le vote.

[Télégraphe pneumatique de Paris](#). Réseau pneumatique formé de tubes de cristal d'un développement total de 200 mètres. Une pompe à air à double effet permet de faire circuler dans ce tube un curseur mis en mouvement par aspiration ou refoulement. La colonne de gauche et celle de droite (vide et pression) communiquent avec l'une ou l'autre des extrémités du tube au moyen du jeu de quatre robinets. Deux portes permettent l'introduction des curseurs .

Appareil pour rechercher les dérangements dans les tubes pneumatiques. Deux anciens récepteurs horizontaux disposés pour la recherche des dérangements. L'onde sonore produite par la décharge d'un pistolet se propage dans le tube et revient à son point de départ après s'être réfléchi sur l'obstacle . Le temps qui s'écoule entre l'aller et le retour permet de calculer la distance de l'obstacle. Une membrane de caoutchouc appliquée à l'extrémité d'un des tubes vibre sous l'influence de deux ondes et permet de déterminer exactement par un contact électrique le moment précis de la vibration. En effet, le courant ainsi établi agit sur un électro-aimant commandant un style léger qui trace des indications sur un cylindre tournant et recouvert de noir de fumée. Cet enregistreur peut également recevoir les indications d'un style donnant le temps au moyen d'un courant interrompu par un pendule à seconde. Enfin les variations de pression de l'air dans le tube s'inscrivent sur le cylindre par un style faisant corps avec un piston mobile communiquant avec le réseau pneumatique.

Avertisseur d'incendie à métal fusible, de M. Barbier.

Avertisseur thermoélectrique de M. Lacanau. PILES . Élément Daniell . Modèle ordinaire et à grande surface .

Élément Callaud , 1857 . La différence de densité de la solution saturée de sulfate de cuivre et de l'eau acidulée est utilisée pour la suppression du vase poreux. Le cuivre est maintenu à l'aide d'un gros fil de cuivre recouvert de gutta-percha. Élément Samson .

Élément analogue à l'élément Callaud, sauf que le fil, recouvert de gutta-percha, est remplacé par du fer émaillé. Élément Marié Davy. A charbon et sulfate de sous-oxyde de mercure.

Élément Leclanché, A l'extérieur du vase poreux, une solution de sel ammoniac; à l'intérieur, un mélange de charbon et de bioxyde de manganèse.

Élément Beaufils à aggloméré dépolarisateur. Modèles divers . Dépolarisateur mélange de charbon et de sulfate de sous -oxyde de mercure .

Élément Bizot, Système Callaud avec tube d'alimentation centrale.

Élément de pile de M. Germain. Échantillons des produits chimiques ou naturels employés dans la confection des piles ou le service télégraphique. Charbon de cornue concassé, paraffine, bleu de Prusse, charbon en poudre, sulfate de cuivre, gutta-percha de Macassar et de Bornéo , caoutchouc de Para , sulfate d'oxydure de mercure , bioxyde de manganèse , sulfate de plomb, aggloméré Beaufils, bichromate de potasse, bisulfate de mercure, chlorure de sodium, ferrocyanure de potassium, chlorure de plomb, sulfate de soude , chlorate de potasse, sel ammoniac, sulfate d'ammoniaque .

Piles diverses desservant les appareils du pavillon (galerie nord de la nef) .

MATÉRIEL DE LIGNE .

Fils avec les divers modes de raccordements isolateurs à cloches ; isolateurs arrêts, etc. , supports ; tendeurs. Isolateurs de M. Lagarde. Cloche extérieure en fer malléable et galvanisé ; isolateurs utilisés actuellement en Algérie et Tunisie.

Poteaux en bois et en fer, modèles divers.

Outils employés dans la construction des lignes aériennes . Serrefils, clefs, tire-bonds, mouffes, cordages, pinces plates et coupantes, ciseaux, étriers, etc. Tuyaux en fer pour lignes souterraines.

Raccordements à l'aide de bagues en plomb matées à froid. Modèle de regard, de bobine avec câble, de treuil, etc.

Modèles de câbles à un ou plusieurs conducteurs.

Disposition adoptée pour les lignes souterraines .

Conducteur formé de 7 torons de cuivre enroulés en spirale.

Enveloppe isolante composée de deux couches successives de gutta-percha.

Enveloppe protectrice entourée d'une bande de clinquant enroulée en spirale, d'un guipage de coton goudronné, d'un ruban goudronné et enfin d'un dernier guipage de coton non goudronné.

Spécimens de câbles sous-marins construits par l'usine Menier.

Spécimens du câble Marseille-Alger, construit par la maison anglaise Silvertown, avec ses trois dimensions pour les grandes, les moyennes et les faibles profondeurs .

Spécimens du câble transatlantique de la Cie française de Paris à New York .

Spécimens de câbles divers construits par l'usine Rattier. Spécimens de divers câbles sous plomb, pour égouts, tunnels, etc. (construits chez Menier et chez Rattier) .

Spécimens de câbles téléphoniques fournis par MM. Berthoud et Bore et par l'usine Rattier.

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE TÉLÉGRAPHIE.

Organisation de l'école supérieure de télégraphie. Un grand tableau synoptique renferme les données principales de cette organisation : recrutement de l'école, conditions d'admission personnel d'administration et d'enseignement, emploi du temps des élèves, etc. Il contient aussi des indications relatives aux cours préparatoires à l'école supérieure et aux cours d'instruction pour les agents mécaniciens .

Matériel d'enseignement et travaux des élèves ingénieurs à l'École supérieure de télégraphie. Ce matériel et ces travaux consistent en livres, journaux de missions , dessins exposés sur l'une des tables affectées à l'école et dans un portefeuille ; En face se trouve le plan des locaux de l'école et du laboratoire.

Installation des appareils de mesure électrique du laboratoire de l'École supérieure de télégraphie. Sur une table de pierre solidement encastrée dans le sol sont placés un galvanomètre à miroir et un électromètre à quadrants; en avant sur un socle une jauge électrique de Thomson modifiée de façon que ses indications soient projetées sur un écran, ainsi que celles des deux autres instruments . A cet effet, une lampe à pétrole enfermée dans une lanterne éclaire les trois instruments à l'aide de trois lentilles dont deux

munies d'un réticule. L'image des deux réticules est obtenue à l'aide de faisceaux lumineux réfléchis sur deux miroirs plans et les miroirs concaves du galvanomètre et de l'électromètre ; elle se produit sur deux règles divisées en verre dépoli fixées à une traverse sur une table, sur la quelle sont disposés les autres instruments de mesure, rhéostats, shunts, condensateurs, clefs.... Sur la même traverse est fixée, à portée de la main de l'opérateur une petite machine électrique réversible de M. Humblot qui sert à charger simultanément la jauge et l'électromètre, et à maintenir cette charge constante. Tous ces appareils sont enveloppés de rideaux produisant une demi-obscurité. Électro-diapason interrupteur à amplitude constante et à période variable de M. Mercadier. Un électro-aimant à une seule bobine est placé entre les deux branches d'un diapason : un pôle regard de chacune des branches. Une des extrémités du fil de la bobine est mise en communication avec l'un des pôles d'une pile, l'autre extrémité avec le second pôle ; l'intermédiaire du diapason , d'un style de platine et d'un plan de même métal. Lorsque le diapason est au repos, le style et le plan de platine sont séparés, le circuit de la pile est alors ouvert. Mais si l'on fait vibrer l'instrument, le style vient buter contre le plan de platine, le circuit de la pile se ferme, et l'électro-aimant attire les branches du diapason ; puis le circuit de la pile s'ouvre, le style vient ensuite fermer de nouveau le circuit, et de même à chaque période ; de sorte que les vibrations de l'instrument sont entretenues automatiquement, et cela d'une façon intermittente au moment du plus grand écart des branches et lorsque leur vitesse devient nulle. Une disposition simple permet de faire varier le point de contact du style et de la surface de platine. On évite ainsi les mauvais contacts que produiraient l'usure du platine ou son oxydation par l'étincelle. Par ce procédé on peut déplacer le contact le long d'une circonférence du battoir, faire ensuite varier le rayon de celle-ci, de manière à user successivement et à propos toute la surface du platine. On mesure micrométriquement l'amplitude des vibrations. Sur un petit carré de papier épais on a tracé une échelle verticale graduée, et à partir du zéro de la graduation un second trait beaucoup plus gros et oblique. Ce papier est fixé au moyen de cire molle à l'extrémité de l'une des branches du diapason. Pendant la vibration et par l'effet de la durée des impressions sur la rétine, ces deux lignes peignent en gris le fond blanc du papier. Ces deux teintes grises ont une partie commune plus foncée partant du zéro et s'étendant d'autant plus bas sur la graduation que l'amplitude est plus grande. Le point où s'arrête cette teinte plus foncée peut donner par une simple lecture l'amplitude de la vibration. L'instrument porte des masses métalliques mobiles permettant de faire varier la période vibratoire. L'électro-aimant est mobile parallèlement aux branches du diapason, ainsi que dans le sens vertical. Le noyau de fer doux creux est fileté : dans ces deux sortes d'écrou s'engagent des vis de fer doux, au moyen desquels on éloigne ou l'on rapproche les pôles des branches. On peut ainsi faire varier l'amplitude. Enfin , l'ensemble de l'instrument peut se mouvoir dans deux plans rectangulaires, et, par ce moyen, être mis dans une position quelconque. Électro-diapason pour essais de piles de M. Mercadier. Il est entretenu par trois électro-aimants. Il est destiné à fermer et ouvrir successivement par ses vibrations les circuits de plusieurs piles. Il remplace ainsi la manipulation de plusieurs employés, et permet de juger de la valeur d'une pile au point de vue du service télégraphique. Dans ce but on a disposé sur chaque branche un butoir horizon tal . A chaque vibration ces deux butoirs poussent de petites lames en nombre égal à celui des piles à éprouver. Cette poussée ferme les circuits des piles, qui s'ouvrent au mouvement inverse du diapason . On mesure avant l'épreuve et ensuite tous les jours la force électromotrice et la résistance intérieure des piles étudiées. Connaissant chaque fois le temps écoulé, la période vibratoire du diapason et, par suite, le nombre d'émissions de courant, on peut facilement apprécier la valeur pratique des piles à l'épreuve .

Chronographe enregistreur à vitesse variable de M. Mercadier . Il est destiné à enregistrer avec une grande précision les phénomènes de courte durée. L'enregistrement est recueilli sur un cylindre horizontal animé par un poids d'un mouvement hélicoïdal le long d'un pas de vis parallèle à son axe : dans ce but, on enroule sur cette surface une bande de papier télégraphique que l'on enfume. Un électro-diapason muni d'un style très léger frotte sur le papier enfumé. Au-dessus et portés par une tringle horizontale se trouvent deux petits électro-aimants également munis de style qui se meuvent à côté du précédent. Les nombreux réglages des divers organes permettent d'inscrire les mouvements des trois styles côte à côte sur la largeur du papier employé . Ces petits électro-aimants sont destinés à enregistrer les époques de deux phénomènes quelconques ou leurs durées , pendant que le diapason inscrit le temps ou fractions de secondes . Avec cet instrument, on a enregistré la seconde, le centième ou le millième de seconde. On emploie pour cela suivant les cas des modérateurs à ailettes de dimensions diverses qui laissent prendre au cylindre une vitesse convenable. Pour apprécier le résultat de l'expérience, on n'a qu'à détacher du cylindre la bande de papier sur laquelle les inscriptions se suivent d'une manière continue .

Appareils radiophoniques de M. Mercadier.

1° Photophone. Un rayon de lumière émis par une source lumineuse quelconque vient tomber sur une roue opaque présentant des fenêtres transparentes. La rotation rapide de cette roue intercepte le rayon à des intervalles très petits et envoie des émissions lumineuses intermittentes sur une surface de sélénium introduite avec un téléphone dans le circuit d'une pile. La résistance du sélénium varie avec l'intensité de la lumière incidente, le courant varie avec cette résistance, et la plaque du téléphone se met à vibrer. La hauteur du son rendu correspond au nombre d'interruptions que le rayon lumineux a subies . Dans l'appareil exposé la roue est en verre recouvert de papier noir. Des trous percés régulièrement suivant quatre circonférences, produisent des émissions lumineuses . Ces circonférences comprennent 80, 60, 50, 40 trous , de telle sorte que les quatre sons produits suivant que le rayon tombe sur l'un ou l'autre de ces cercles donnent les intervalles de l'accord parfait. 4 écrans mis par des touches obstruent les séries de trous et permettent de découvrir à volonté l'une d'entre elles . Si les 4 écrans sont ouverts simultanément le téléphone fait entendre l'accord parfait . Le récepteur de sélénium est disposé de la manière suivante : deux lames métalliques séparées par une bande de parchemin sont enroulées en spirale et communiquent l'une avec la borne d'arrivée l'autre avec la borne de sortie du courant, Sur la branche de la spirale ainsi formée, on dépose une mince couche de sélénium que le courant est forcé de traverser sur une très grande surface et une petite épaisseur.

2° Appareil photophonique horizontal. La roue en mica a été rendue opaque au moyen d'une couche de blanc de zinc et présente deux rangées circulaires de fenêtres carrées, la roue est horizontale et mise en rotation par un mouvement d'horlogerie.

3° Récepteurs à sélénium pour les appareils précédents. Les uns sont en platine, les autres en cuivre.

4° Thermophone. Un rayon de lumière intermittente obtenu au moyen d'une roue semblable à celle du photophone, vient tomber sur un récepteur beaucoup plus simple : une feuille de métal ou même de papier recouverte de noir de fumée est enfermée dans un petit tube de verre. Les émissions de chaleur rayonnante qui frappent cette lame dilatent l'air retenu dans le noir de fumée, ces alternatives de dilatation et de contraction font vibrer cet air et donnent un son. Un tuyau de caoutchouc muni d'un cornet et adapté au tube de verre permet d'entendre le son produit.

Transmetteur photophonique pour la transmission de la parole.— On parle dans un cornet communiquant avec une chambre à air cylindrique fermée par une cloison de caoutchouc. Derrière cette cloison et séparée d'elle par une seconde chambre à air, un miroir en verre argenté extrêmement flexible vibre comme la membrane de caoutchouc. Des rayons lumineux parallèles , réfléchis par ce miroir tombent au poste d'arrivée, sur un récepteur à sélénium ou un thermophone : les vibrations du miroir sont traduites par des variations d'intensité du rayon lumineux, et le téléphone placé dans le même circuit que le sélénium ou le thermophone vibre à l'unisson du miroir et reproduit la parole. Modèle d'appareil pouvant servir à la production de signaux de lumière électrique dans les phares de M. Mercadier. Le déclenchement d'un mouvement d'horlogerie communique un mouvement de rotation uniforme à une roue verticale qui porte deux sortes de comes, l'une très courte, destinée à produire le courant, l'autre concentrique à la roue et plus ou moins longue destinée à produire les signaux. Un bras de levier vertical s'appuie sur le pourtour de la roue par son extrémité inférieure, terminée par une petite roulette, qui se trouve par suite successivement en contact avec la came supérieure, la came intermédiaire et la roue. Dans le premier cas, un contact s'établit entre un charbon cylindrique horizontal et un charbon vertical, et il y a production du courant à travers ces charbons . La durée du contact est très courte, et, la roulette s'abaissant sur la seconde came, une pince saisit le charbon supérieur et le soulève à une distance assez faible pour qu'il y ait production d'un arc voltaïque plus ou moins long suivant la longueur de la came. Enfin, dans le troisième cas, le charbon supérieur est de nouveau soulevé, et il y a éclipse. De plus, une disposition simple permet d'user le charbon horizontal sur toute sa surface. A cet effet, une seconde roue montée sur l'axe de la première, porte un évidement et une saillie circulaires, qui agissent sur une série de quatre comes rectangulaires dont l'axe coïncide avec celui du charbon inférieur, et communiquent à ce charbon un mouvement de rotation intermittent, ne se produisant que lors des éclipses. Le déplacement longitudinal est réalisé au moyen d'une vis fixe dont la pointe pénètre dans les rainures d'une hélice disposée suivant l'axe précédent.

Commuteur général de piles . Cet appareil permet de réaliser avec 20 éléments de piles tous les accouplements possibles, soit en tension, soit en quantité.. Pour cela des blocs de cuivre isolés et numérotés (par ex. -1 pôle négatif du 1^{er} élément + 1, 2, etc) sont reliés respectivement à des bornes portant les mêmes numéros et destinés à recevoir les fils. Des clefs permettent d'ailleurs d'établir une communication entre tels blocs que l'on veut . Matériel portatif pour les essais électriques , Exposé par M. Seligmann-Lui, sous-ingénieur des télégraphes. Il se compose d'un galvanomètre asiatique, d'un pont de Wheatstone, de clefs, d'un shunt, d'une échelle et d'une lanterne à bougie. On y joint un carnet de diagrammes explicatifs des diverses mesures électriques ordinaires .

Machine électrique de M. Humblot. Cette machine se compose de deux disques d'ébonite collés Pun sur l'autre et entre lesquelles se trouvent de petites plaques de cuivre qui constituent les induits et qui se terminent à l'extérieur par un petit bouton métallique. Le double disque d'ébonite tourne entre deux frotteurs . sur le disque. Deux ressorts ou collecteurs appuient également par le frottement, l'ébonite se charge d'électricité négative. Il en est de même des plaques de cuivre intérieures qui déposent leur électricité sur les collecteurs . Cette machine fonctionne même par les temps humides.

Machine électrique réversible de M. Humblot. Elle se compose, comme la précédente, d'un double disque de d'ébonite. Seulement les plaques métalliques sont prolongées par de petits appendices qui viennent émerger sur la circonférence un peu en arrière de la plaque, si la roue tourne dans le sens des aiguilles d'une montre. Un frotteur et un collecteur jouent le même rôle que précédemment. Mais il y a en plus un petit ressort métallique qui communique avec le frotteur et vient appuyer sur la circonférence de la roue . Grâce à cette disposition , lorsque la roue tourne dans le sens des aiguilles d'une montre le collecteur est chargé positivement. Lors qu'elle tourne en sens inverse il est chargé négativement.

Appareil de démonstration pour la transmission électrique double en pont de MM. Humblot et H. Terral , chef d'atelier du laboratoire de l'École supérieure de télégraphie. Dans cet appareil les piles sont remplacées par des souffleries, les rhéostats par des robinets, la ligne par une conduite d'air, et l'atmosphère représente la terre comme réservoir commun.

Turbine de M. Humblot. Cette turbine sert à faire fonctionner le télégraphe Hughes en permettant la suppression des poids et de divers organes. Elle se compose de 20 ailettes coudées à angle droit, rivées à deux disques qui sont fixés à l'axe; elle forme ainsi une chambre pour la détente des gaz ou des vapeurs ; car sans aucune modification on peut l'utiliser aussi bien avec un autre fluide qu'avec l'eau sous pression. Ce moteur, appliqué à l'appareil Hughes, peut être placé dans l'espace laissé libre par la suppression de trois mobiles du mouvement d'horlogerie, une légère chaîne de Vaucanson communique le mouvement de la turbine au volant de l'appareil. Il est peu volumineux, d'une installation très simple et ne se dérange jamais .

Il est inutile d'insister davantage sur cette organisation du pavillon de la Société Générale des Téléphones à l'Exposition. Nous dirons seulement que les employés qui faisaient le service ont fait preuve de la plus grande patience et de la plus grande courtoisie, car on ne peut se figurer toutes les sottises, tous les lazzi, toutes les facéties que les mauvais plaisants se permettaient dans les différentes guérites de l'Exposition. Ces guérites étaient du reste fort bien organisées; elles étaient matelassées et capitonnées à l'intérieur pour amortir les sons extérieurs, et c'étaient des transmetteurs et récepteurs d'Ader dont on se servait.

Le transmetteur, du modèle à pupitre était appliqué contre la paroi du fond, et sur les deux côtés étaient accrochés les deux téléphones qui, par leur poids, faisaient agir le commutateur appelé à mettre le circuit de l'interlocuteur en rapport avec la sonnerie du bureau ou avec le circuit téléphonique. En définitive le tout a été parfaitement organisé, et le jury en accordant à la Société un Diplôme d'honneur n'a fait que lui rendre justice.