

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR
L'INDUSTRIE NATIONALE

PUBLIÉ

SOUS LA DIRECTION DES SECRÉTAIRES DE LA SOCIÉTÉ

MM. ED. COLLIGNON & AIMÉ GIRARD

CINQUIÈME SÉRIE. — TOME III. — 1898

Pour faire partie de la Société, il faut être présenté par un membre et être nommé par le Conseil d'administration.

(Extrait du Règlement.)



PARIS

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ, RUE DE RENNES, 44

—
1898

ÉLECTRICITÉ

BIBLIOTHÈQUE DE L'USTL
FP190-1898 - p1627
Magasin

LA TÉLÉGRAPHIE HERTZIENNE SANS FIL, PAR **M. E. Ducretét** (1).

HISTORIQUE. — Les appareils que je vais décrire permettent de réaliser un phénomène qui paraîtrait bien mystérieux si l'explication n'en était donnée.

Un télégraphiste, installé à son manipulateur, envoie, par touches longues ou brèves, une dépêche qu'enregistre, sans l'aide d'aucun fil conducteur, *dit fil de ligne*, le poste récepteur placé à une certaine distance : plusieurs kilomètres ont été ainsi franchis.

Bien plus, la dépêche ainsi envoyée dans l'espace semble tomber du ciel, et elle est enregistrée sans la présence du télégraphiste. Seul, de lui-même, l'enregistreur fait dérouler son papier dès qu'une onde électrique arrive, et il s'arrête encore de lui-même dès que ces ondes cessent de se présenter.

Le récepteur enregistreur (fig. 1 et 10) que j'ai réalisé est *automatique*, et les émissions par longues et par brèves, qu'il enregistre, constituent les signaux du code Morse que nous connaissons tous. Plus loin, cet appareil sera plus longuement décrit.

Il me faut donner quelques explications sur ces *ondes électriques* qui, lancées d'un endroit, peuvent ainsi franchir l'espace et venir actionner un appareil disposé pour les recevoir et manifester leur présence.

On sait que les oscillations électriques rapides, découvertes et étudiées par *Henri Hertz*, en 1887, donnent lieu à des actions inductrices d'une intensité remarquable, dont la propagation peut être constatée à une certaine distance par l'étincelle obtenue dans un circuit conducteur discontinu. Les expériences de Hertz démontrent l'analogie qui existe entre les ondes électriques et les ondes lumineuses, confirmant ainsi la théorie exposée par *Maxwell* en 1865.

L'appareil de Hertz comprend, dans son ensemble : l'*oscillateur* et le *résonateur*. Un *inducteur* actionne l'oscillateur.

L'inducteur généralement employé est une puissante bobine d'induction, ou transformateur, produisant des décharges périodiques que l'on fait jaillir entre deux sphères métalliques mises en communication avec des surfaces conductrices formant *capacité électrique* : c'est l'*oscillateur de Hertz*. Les étincelles qui jaillissent entre les sphères sont alors d'un blanc éblouissant, produisant un bruit sec. Si on examine l'étincelle dans un miroir tournant, on voit que l'étein-

(1) Communication faite en séance le 8 juillet 1898.

celle blanche ne se produit que dans le premier instant de la décharge et ne dure qu'un temps très court. Dans ces conditions cette *décharge est oscillante*, elle s'effectue à travers l'étincelle explosive. A chaque étincelle ainsi provoquée correspond une suite d'*oscillations électriques* dont la durée est déterminée par les dimensions des conducteurs qui en sont le siège et qui forment capacité électrique, ainsi qu'il vient d'être dit.

La période d'oscillation varie avec la capacité et la self-induction du circuit;

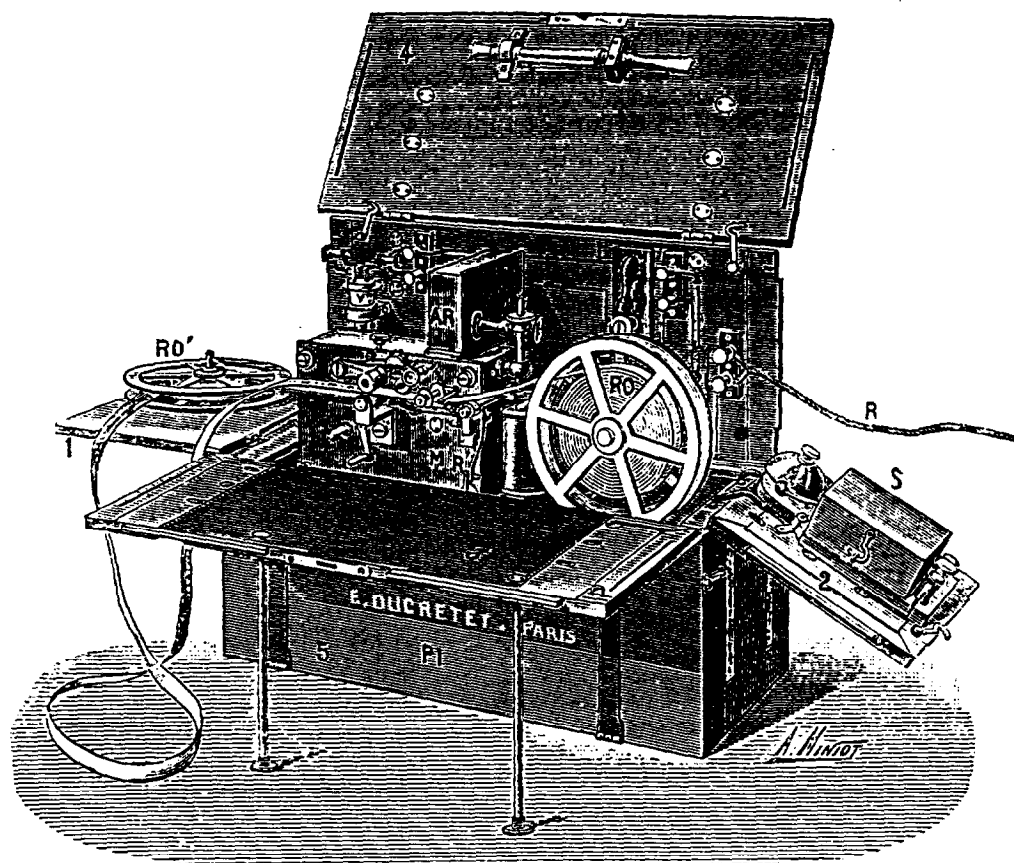


Fig. 1. — Récepteur Morse portatif automatique.

en diminuant l'une et l'autre, on obtient des périodes très courtes, que M. le professeur *Bose*, de Calcutta, estime à 50 000 millions par seconde avec des sphères de 6 millimètres de diamètre; mais cette rapidité n'est pas comparable à celle des vibrations lumineuses, dont le nombre est estimé à environ 500 trillions dans le même temps.

Cette étincelle oscillante peut jaillir dans l'air ou dans les gaz. MM. *Ed. Sarasin* et *L. de la Rive*, dans leurs expériences, ont montré que les effets étaient plus durables et plus énergiques en faisant éclater l'étincelle de décharge dans un liquide isolant.

M. N. Tesla, en 1893, pour les transmissions à grande distance sans fil, recommandait de mettre une des sphères de l'oscillateur électrique en communication avec la terre et l'autre avec un corps isolé de grande surface. La terre joue certainement le rôle de capacité électrique, de même que les conducteurs isolés, rectilignes ou enroulés en solénoïde ainsi qu'ils sont utilisés pour les appareils de haute fréquence (MM. Tesla, Oudin). Les conducteurs isolés, enroulés en solénoïde, étant munis d'un curseur mobile, il est ainsi possible de faire varier la self-induction du système.

Dans les expériences de Hertz, l'action inductrice de ces décharges ne pouvait être observée qu'à une très faible distance, par l'étincelle jaillissant dans l'intervalle très court du conducteur métallique, discontinu, recourbé en forme de

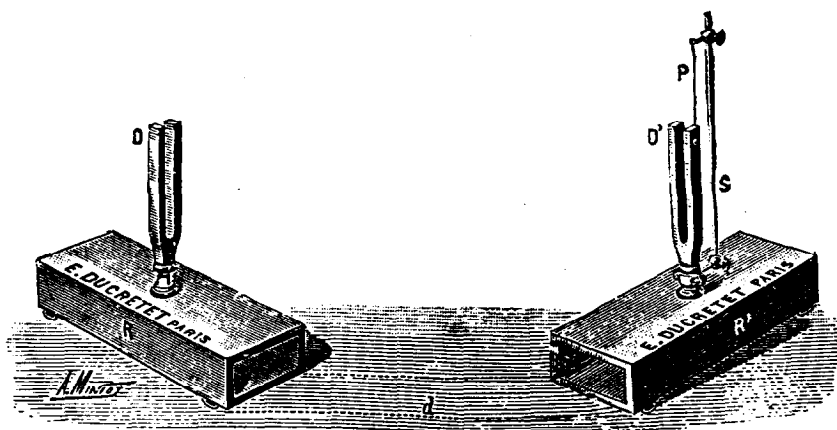


Fig. 2.

cercle ou de rectangle, qui constitue le *résonateur de Hertz*; cette étincelle secondaire est à succession rapide et elle peut jaillir dans des tubes à vide (MM. Egoroff, Zehnder, Righi).

H. Hertz démontra qu'il existait un rapport entre les dimensions des conducteurs primaire et secondaire pour lequel leur action réciproque était maximum, produisant ainsi par leur accord un phénomène analogue aux *phénomènes de résonance* observés en acoustique (fig. 2).

Je ne décrirai pas les expériences de Hertz, montrant que les ondes électriques traversent les milieux isolants; qu'il est possible de les faire réfléchir, réfracter, interférer, diffracter et de leur imprimer la polarisation rectiligne, elliptique et circulaire. Celles de leur *propagation à distance*, seules, vont me permettre d'aborder la description de la *télégraphie hertziennne sans fil*, réalisée, en 1895, par un savant russe, M. le professeur A. Popoff; puis, dans les mêmes conditions, en 1896, par M. Marconi; l'un et l'autre utilisant le tube à limaille de notre compatriote, M. le professeur Branly, qui constitue l'organe indispensable de cette application des ondes électriques.

Ce tube à limaille, qui est un révélateur extrêmement sensible, même à grande distance, de courants induits, remplace, par suite, les résonateurs de Hertz connus. M. le professeur *Lodge*, en Angleterre, et MM. *Le Royer et van Berchem*, à Genève, en font avantageusement usage, depuis 1893, pour déceler la présence des ondes électriques produites à une assez grande distance du tube à limaille de M. Branly.

C'est en 1890 que M. Branly a mis en évidence l'action des radiations électriques sur les limailles métalliques, libres ou agglomérées dans un isolant, comprises entre deux conducteurs formant un circuit dans lequel se trouvent une pile et un galvanomètre. Ces limailles, primitivement isolantes ou d'une résistance électrique très élevée, deviennent conductrices lorsqu'elles sont frappées par l'onde électrique; et, en outre, leur conductibilité disparaît par un choc pour réapparaître quand une nouvelle onde vient les frapper.

Le galvanomètre placé dans le circuit du tube à limaille dévie très fortement dès qu'une étincelle éclate à distance : le choc sur le tube ramène la résistance initiale et le galvanomètre à zéro. Il est possible, nous le verrons, de produire automatiquement le choc sur le tube sensible. Cette expérience est fondamentale. L'étincelle produite par une machine de Holtz ou de Wimshurst donne les mêmes résultats.

M. Branly a donné le nom de *radioconducteurs* à ses tubes à limaille : ce nom rappelle que leur conductibilité s'établit sous l'influence du rayonnement électrique qui émane d'une étincelle produite par une source électrique quelconque. La sensibilité de ce révélateur est très grande, et elle se manifeste à distance, même à travers les cloisons et les murs.

M. Branly démontre encore l'extrême sensibilité du radioconducteur en le mettant, en un point quelconque de son circuit, en communication avec un long fil fin de métal. En approchant de ce conducteur une faible source d'électricité produite par une plaque d'ébonite électrisée ou par la plus faible décharge électrique, le tube à limaille devient instantanément conducteur.

Le radioconducteur mis à l'intérieur d'une boîte en métal *hermétiquement fermée* n'est plus influencé par les ondes électriques, même à faible distance. Il est facile de s'en rendre compte en enfermant dans cette boîte : le radioconducteur, les piles et le galvanomètre ou relais actionnant une sonnerie également mise à l'intérieur de la boîte. La moindre fissure dans la fermeture laisse pénétrer les ondes électriques et la sonnerie se fait entendre.

M. Popoff, dans son mémoire de 1895, rappelle ces intéressantes expériences susceptibles d'applications (*C. R. Académie des Sciences des 4 et 18 juillet 1898*, notes de M. Branly).

Si nous transformons le galvanomètre en *relais* venant alors fermer un circuit local, ou si nous le remplaçons par un relais télégraphique très sensible (fig. 3),

nous pourrons produire en circuit local des actions énergiques dont le point de départ est l'onde électrique, transmise dans l'espace sans fils conducteurs par un milieu intermédiaire, l'*ether*, qui propage les vibrations électriques émises par le transmetteur à étincelles comme il propage les vibrations lumineuses. Dans les deux cas, le mode de propagation de ces vibrations peut se concevoir comme celui des ondes sonores dans l'air (fig. 2).

Nous avons ainsi tous les éléments nécessaires à la réalisation de la *télégraphie hertzienne sans fil* : il suffit que le relais sensible commande l'électro-aimant d'une sonnerie F dont le marteau frappe sur le tube à limaille Br (fig. 9); chaque onde reçue est ainsi immédiatement suivie d'un choc ramenant le radio-conducteur, automatiquement, à sa résistance initiale. Ce frappeur automatique a été employé par M. Lodge, puis par M. Popoff qui l'a perfectionné.

Le courant local ainsi commandé par le relais R (fig. 9), en même temps qu'il actionne le frappeur automatique F, peut, à volonté, actionner l'électro-aimant d'un récepteur enregistreur. Les signaux reçus pourront donc être *perçus au son*; ils seront enregistrés dans le second cas.

Des émissions d'ondes électriques intermittentes, produites à distance par longues et par brèves (qui constituent les signaux conventionnels à transmettre), lancées dans l'espace, viendront agir sur le tube à limaille, ainsi qu'il vient d'être dit.

Dans la pratique, il suffira d'approprier la puissance du transmetteur à étincelles à la distance à franchir.

L'appareil décrit et réalisé, en 1895, par M. le professeur A. Popoff comprenait ces organes; il en fit usage pour enregistrer les ondes électriques produites par les perturbations atmosphériques, en indiquant que son appareil pouvait servir à la transmission des signaux à distance.

Dès 1895, M. Popoff, dans ses publications et dans ses présentations aux Sociétés savantes russes, avait montré que son appareil pouvait être pratiquement employé par la Marine pour la transmission et la réception des signaux, à grande distance.

Pour augmenter la sensibilité de son appareil, ainsi que M. Tesla l'avait fait pour l'oscillateur électrique, M. Popoff relie à la terre une des électrodes du radioconducteur Branly; l'autre électrode est mise en communication avec un fil métallique isolé, fixé à l'extrémité d'un mât vertical. — Ces conducteurs

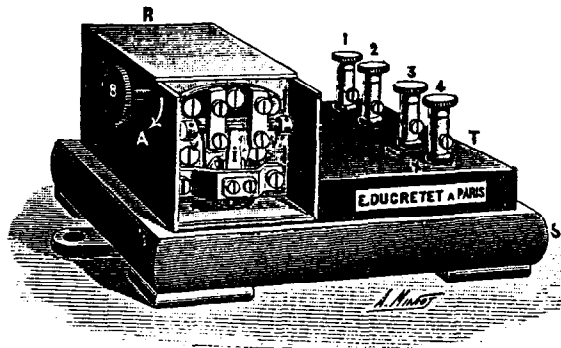


Fig. 3. — Relais polarisé.

constituent de véritables capacités électriques, et ils n'ont aucun lien avec les électro-aimants des appareils récepteurs, comme dans la télégraphie électrique ordinaire où la terre sert de *fil de retour* au courant de la ligne.

Le conducteur métallique isolé, amené à l'appareil récepteur, est un véritable *collecteur* des ondes électriques lancées dans l'espace; celui du transmetteur jouant le rôle de *radiateur*. Pour les postes doubles, le conducteur isolé remplit alternativement les deux fonctions : *radiateur* et *collecteur*. Leur longueur varie suivant la distance à franchir et elle doit être accordée : à cet effet, une bobine de self-induction, bien isolée, ou un résonateur à haute fréquence de M. le Dr Oudin (*notice spéciale*), tous deux à réglage, ajoutés au transmetteur, donnent de bons résultats.

MM. Popoff et Slaby, et, plus récemment, en France, M. le lieutenant de vaisseau Tissot, ont pu se rendre compte qu'il n'était pas indispensable que les fils isolés *radiateur* et *collecteur* fussent verticaux. Ils peuvent être tendus horizontalement à une certaine distance du sol et bien isolés sur leurs supports; ils doivent être parallèles entre eux, et leur longueur dépend de la distance à franchir. Dans certaines dispositions topographiques des lieux où ces postes doivent être placés, l'horizontalité de ces conducteurs est avantageuse et les décharges atmosphériques ont moins d'influence sur eux.

La figure 11 montre un mât avec fil rectiligne isolé.

Nous connaissons maintenant tous les organes dont se compose le système télégraphique hertzien sans fil; il se résume ainsi :

Les ondes électriques émises à distance par un oscillateur à étincelles servant de *transmetteur* arrivent au tube à limaille du récepteur; ce radioconducteur devient conducteur : il commande, par suite, le relais télégraphique et ferme le circuit du courant local qui actionne le *frappeur électrique* pour ramener immédiatement le tube à limaille à sa résistance électrique primitive, et ouvrir le circuit du courant local jusqu'à ce qu'une nouvelle onde électrique vienne impressionner le radioconducteur. En même temps qu'il actionne le frappeur, le courant local peut mettre en action l'électro-aimant d'un récepteur-enregistreur.

Les intermittences, brèves ou longues, des émissions d'ondes électriques, constituent les signaux transmis et reçus.

APPAREILS DE E. DUCRETET. — Je vais décrire maintenant les appareils que j'ai créés; quelques perfectionnements d'une certaine importance pratique les caractérisent.

Comme tout appareil télégraphique, l'ensemble comprend encore un *transmetteur* et un *récepteur*.

Le *transmetteur* a pour organe principal une bobine d'induction de Ruhmkorff, puissante si elle doit agir à distance. Le modèle que j'ai créé (fig. 4 et 8) est

réellement transportable et solide. La bobine est entièrement renfermée dans une boîte fermée remplie de notre mélange isolant. Le condensateur est fixé dans le socle. Les étincelles sont chaudes et nourries.

Dans le circuit inducteur à *gros fil*, se trouve soit un interrupteur de Nee f à démarrage immédiat, soit un interrupteur à moteur à marche continue, suivant celui de la figure 5, soit encore un interrupteur indépendant, avec cames et contacts plongés dans un liquide isolant.

L'*interrupteur indépendant* à moteur de la figure 5 est à marche continue; il convient aux fortes bobines, et son fonctionnement ne laisse rien à désirer comme régularité et vitesse (*C. R. Acad. d. Sc.*, 14 juin 1897).

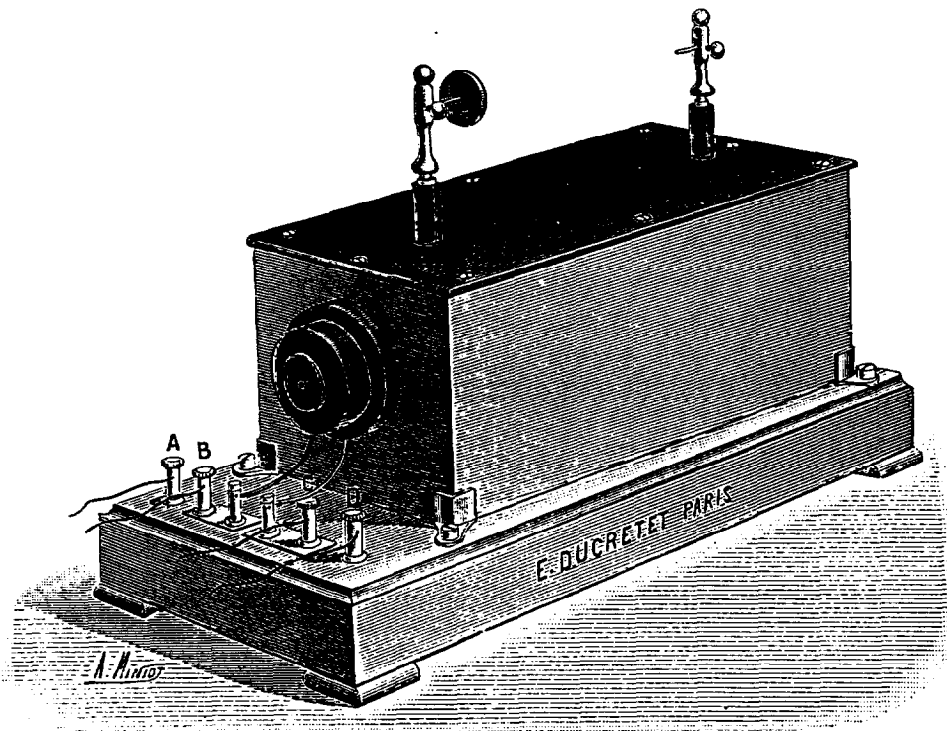


Fig. 4. — Bobine d'induction.

Un *manipulateur à main* spécial (fig. 6) produit les émissions intermittentes, longues ou brèves, dans le circuit inducteur de la bobine d'induction. Le courant est généralement fourni par une batterie d'accumulateurs ou par une dynamo. C'est cette énergie électrique d'une certaine intensité, mais d'une force électromotrice de quelques volts seulement, qui sera transformée dans le circuit voisin à *fil fin et long*, bien isolé du circuit inducteur, en une force électromotrice considérable dépassant 200 000 volts pour une bobine donnant 26 centimètres de longueur d'étincelle. Cette très haute tension permet d'obtenir des étincelles à distance qui jaillissent entre les sphères de l'*oscillateur transmetteur* (fig. 7 et 8) et produisent les ondes électriques lancées dans l'espace.

Il est utile de faire remarquer que cette transformation de l'énergie élec-

trique à haut potentiel, que donne cette bobine d'induction, est produite avec une énergie électrique primaire ne dépassant pas 70 watts, soit environ 1/10 de cheval-vapeur. Dans certains cas, il est utile de mettre à la terre une des extrémités du fil inducteur en même temps qu'une des extrémités du fil induit. C'est ainsi que, depuis longtemps, sont disposées et employées nos bobines d'induction destinées aux moteurs à gaz, la masse du moteur étant à la terre et en communication directe avec l'inducteur et l'induit, comme il vient d'être dit.

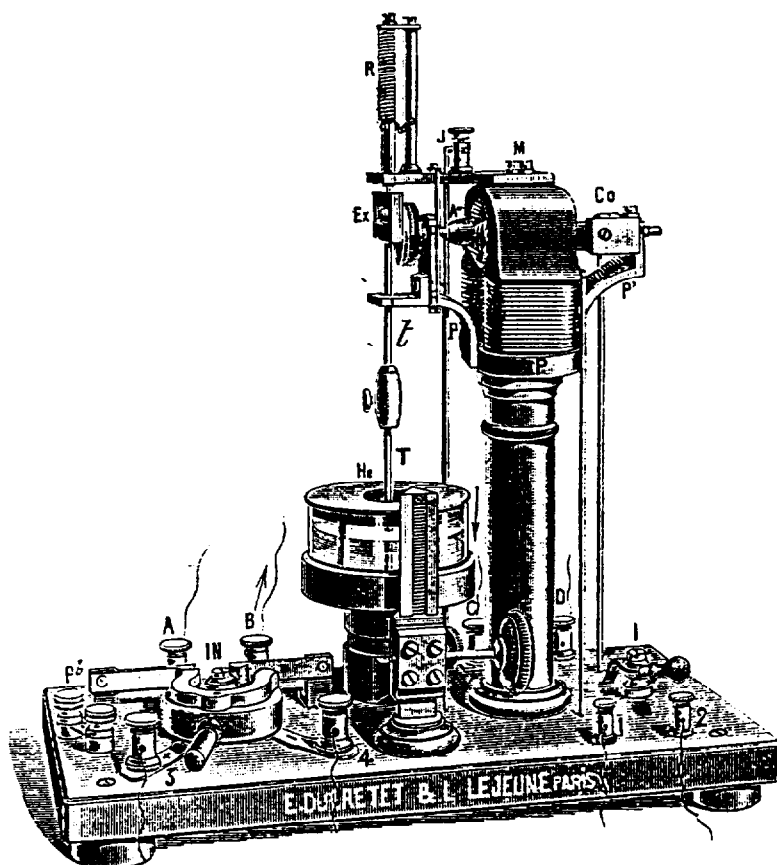


Fig. 5. — Interrupteur à moteur indépendant.

L'oscillateur peut être construit suivant les données de M. le professeur Righi; mon modèle (fig. 7) permet d'obtenir diverses combinaisons d'étincelles et de faire varier leur longueur. La cuve R reçoit le liquide isolant et le viseur O permet d'observer l'étincelle qui jaillit à l'intérieur entre les sphères A B.

La figure 8 montre l'ensemble du *transmetteur* qui vient d'être décrit. Il comprend :

- Bo — Bobine d'induction (fig. 4);
- I — Interrupteur à moteur, indépendant (fig. 5);
- M — Manipulateur à main (fig. 6);
- O — Oscillateur à étincelles. Il diffère complètement de celui de la figure 7.

Le système est à deux ou à trois sphères, suivant celui employé par *MM. Lodge et Bose*. Les colonnes isolantes extrêmes reçoivent les *sphères de décharge*, à écartement variable à volonté. Une colonne centrale supporte la sphère intermédiaire, elle est fixe. Les parties de ces sphères où jaillissent les étincelles sont rendues inoxydables.

Une boîte spéciale en bois dur, avec couvercle, recouvre le tout; des chicanes intérieures masquent les étincelles. Cet ensemble, ne touchant en aucun point aux tiges des sphères, ne nuit pas aux décharges des fortes bobines de Ruhmkorff. Cet oscillateur fonctionne sans liquide isolant. Les fils *i i'*, du

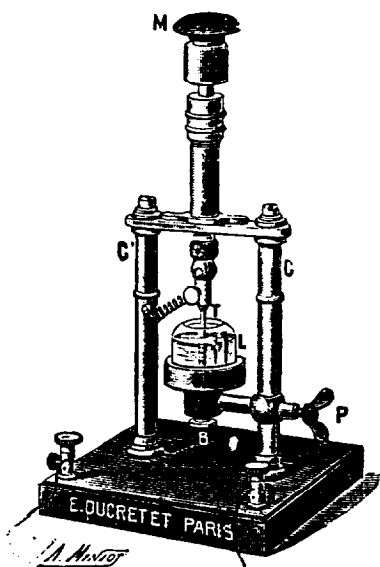


Fig. 6. — Manipulateur à main.

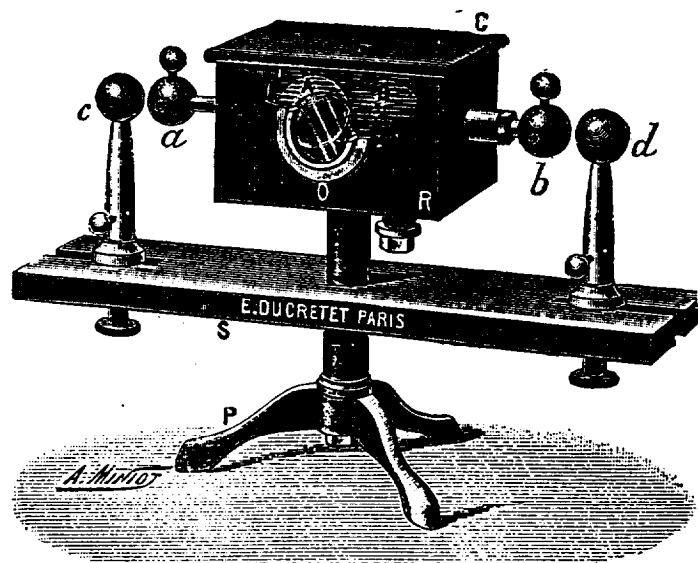


Fig. 7. — Oscillateur transmetteur.

circuit induit de la bobine d'induction, arrivent aux sphères de décharge de l'oscillateur. La mise à la terre est figurée en T. La mise en communication avec le fil radiateur du mât (fig. 11) se voit en P.

Le récepteur représenté (fig. 9) est le modèle portable de Ducretet (*C. R. de l'Acad. d. Sc.*, 7 novembre 1898); il dérive de celui de Popoff;

Br est le radioconducteur Branly, de mon modèle à réglage, avec tube en ivoire. La limaille est insérée entre deux conducteurs métalliques à pression variable. L'action de l'air extérieur sur la limaille est évitée, ainsi que son renouvellement. Par les bornes T et L, les électrodes de ce tube à limaille sont mises en communication l'une avec la terre, l'autre avec le fil conducteur collecteur, qui forme, avec le fil radiateur, la ligne hertzienne dans l'espace;

F — Frappeur automatique disposé comme l'a fait M. Popoff. Il possède des pièces de réglage *r*;

R — Relais polarisé très sensible (fig. 3); il ferme le circuit du tube à limaille Br et met en action le courant local, ainsi qu'il a été dit, pour actionner le frappeur et l'enregistreur.

En 1893, avec la collaboration de *M. Maréchal*, nous avons indiqué l'emploi des *galvanomètres à cadre mobile*, en utilisant l'effet balistique du cadre mobile,

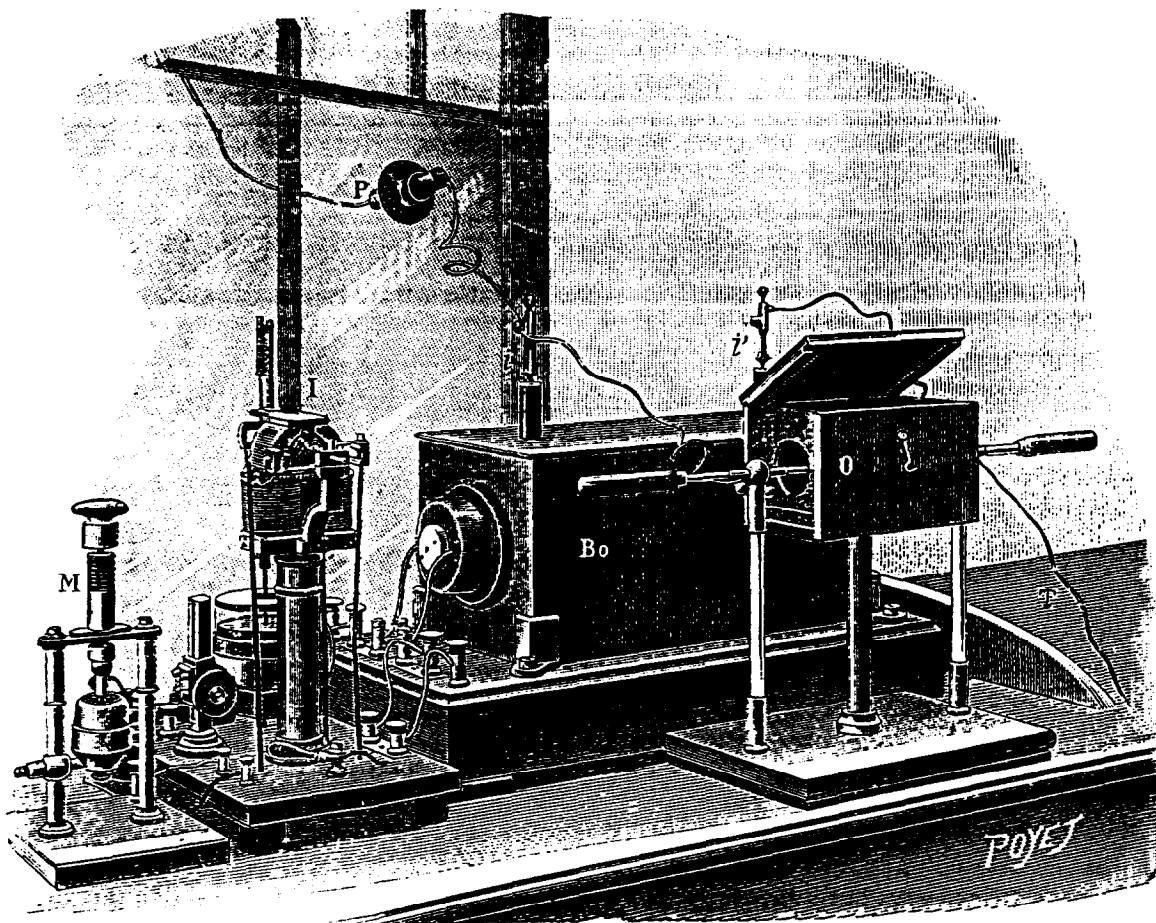


Fig. 8. — Transmetteur *Ducretet*.

pour constituer des *relais télégraphiques* très sensibles. Ils peuvent être construits en toutes dimensions;

V V' — Résistances électriques sans self-induction. J'utilise avec succès les résistances liquides que mon *rhéotome voltamétrique*, à tiges d'aluminium, permet de réaliser (*C. R. Acad. d. Sc.*, 23 janvier 1875). Ces résistances auxiliaires servent à éviter les effets des étincelles d'extra-courant de rupture (*MM. d'Arsonval*, 1885, et *E. Ducretet*, 1893), celui de gauche n'est pas indispensable dans tous les cas.

Les éléments de pile nécessaires au fonctionnement de ce récepteur portatif

sont à l'intérieur de la boîte. R et S sont des interrupteurs du courant de ces piles.

Dans bien des cas, cet appareil très portatif suffit pour *la lecture au son* des signaux télégraphiques hertziens. Pour les enregistrer, il suffit de relier les deux bornes R par un double conducteur, de longueur quelconque, aux bornes R du Morse portatif, *automatique* (fig. 1), sur lequel il me faudra revenir. Un enre-

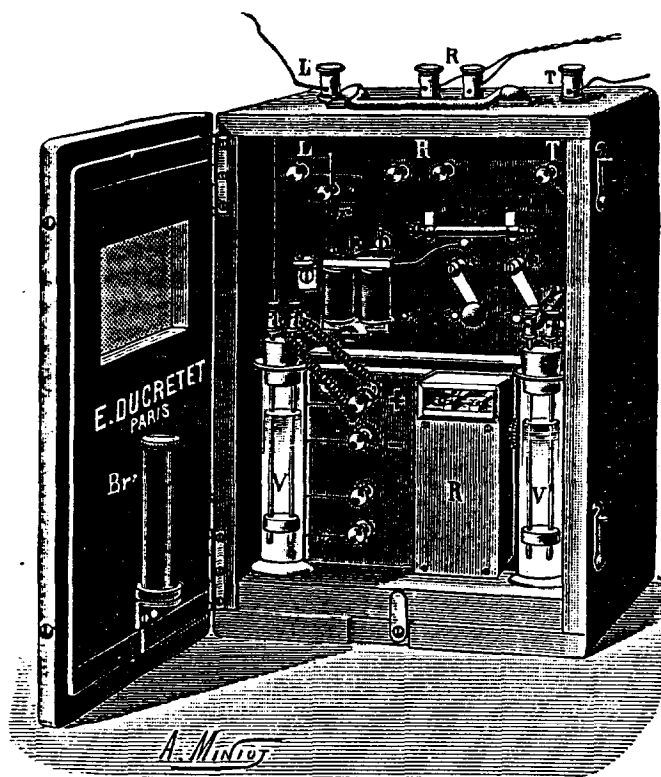


Fig. 9. — Récepteur portatif *Ducretet*.

gistreur Morse, ordinaire, disposé à cet effet, peut être employé; mais nous verrons plus loin les avantages reconnus de celui qui est automatique.

Pour enregistrer les ondes électriques produites par les perturbations atmosphériques, il suffit de relier les bornes R (fig. 9) à celles d'un *enregistreur météorologique*; nous le décrirons au chapitre spécial.

La figure 10 montre tous les organes, que nous venons de décrire, réunis sur un même poste. Les résistances auxiliaires ne sont pas visibles. Cet appareil a fait l'objet d'une présentation à l'Académie des Sciences, séance du 2 mai 1898.

Pour les applications militaires ou d'exploration, l'ensemble des appareils, transmetteur et récepteurs, avec des mâts à tirages et piquets de terre, peuvent être groupés à l'intérieur des voitures télégraphiques (*voiture-poste*). Les voitures automobiles, à marche rapide, seront d'un bon emploi.

Pour la télégraphie hertziennne volante, le poste portatif de la figure 9 peut

suffire pour la *lecture au son*. Il peut toujours être relié à l'enregistreur portatif (fig. 1).

ENREGISTREUR AUTOMATIQUE DUCRETET. — Ainsi que je l'ai dit, cet enregistreur

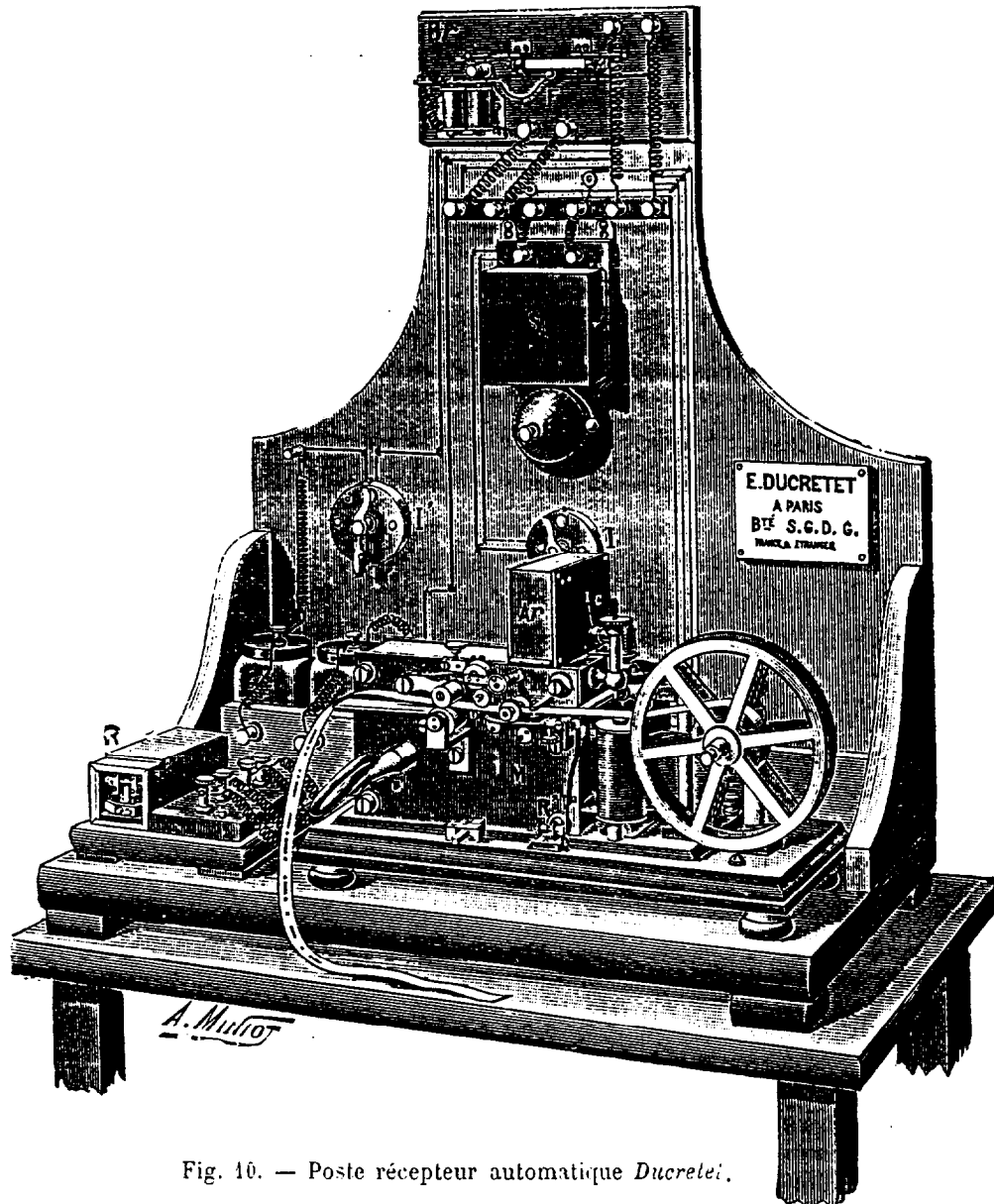


Fig. 10. — Poste récepteur automatique *Ducretet*.

est à marche automatique; il permet la suppression du télégraphiste pour la réception immédiate des signaux. Pour la télégraphie hertzienne sans fil, ce dispositif a une très grande importance: par suite de la grande sensibilité du radioconducteur Branly, le récepteur peut enregistrer toutes les ondes électriques susceptibles d'agir sur le tube à limaille, même si elles sont d'origine atmosphérique. Il faudrait donc un employé télégraphiste en permanence pour

faire dérouler le papier à chaque appel et l'arrêter lorsque les ondes électriques cessent de se manifester.

En rendant le récepteur automatique, je supprime la présence immédiate, obligatoire, du télégraphiste pour la réception des ondes électriques et des signaux. Seul, de lui-même, le récepteur fait dérouler son papier dès qu'une onde arrive, et il s'arrête également de lui-même dès que ces ondes cessent. Un espace blanc sépare chaque dépêche ou chaque réception d'ondes électriques atmosphériques.

C'est ainsi, qu'en temps d'orage, *automatiquement*, ce récepteur peut enregistrer les décharges atmosphériques, le radioconducteur ayant une de ses électrodes à la terre, l'autre reliée à un fil vertical, isolé, fixé à un mât (fig. 11). Le 11 juin 1898 (*C. R. Acad. d. Sc.*, 13 juin 1898), de 2^h,30 à 3^h,40 de l'après-midi, au moment de l'orage, un de ces enregistreurs Ducretet a inscrit 311 décharges atmosphériques intermittentes, au fur et à mesure de leur présence sur le mât collecteur de mon laboratoire (fig. 11). Ces décharges étaient enregistrées avant l'apparition de l'éclair et le bruit du tonnerre.

Ce récepteur-enregistreur automatique a donc sa place dans les *observatoires météorologiques*, ainsi que le chronographe à marche lente que nous décrivons.

Dans la plupart des cas, j'ai pu me rendre compte que ces décharges atmosphériques intermittentes ne rendraient pas indéchiffrables les télégrammes hertziens.

Le *radioconducteur Branly*, relié à la terre et au fil collecteur aérien (fig. 11), constitue un excellent *paratonnerre télégraphique*; ces décharges atmosphériques sont donc sans danger.

Dans un deuxième modèle, le mouvement d'horlogerie de ce récepteur-enregistreur (fig. 1 et 10) est remplacé par un mouvement à moteur électrique permettant encore le déplacement intermittent et automatique de la bande de papier au fur et à mesure de la réception des ondes hertziennes.

Pour comprendre comment se produit le déclenchement automatique du récepteur-enregistreur, il faut se reporter à ce qui a été dit pour l'appareil portatif (fig. 9); soit : le courant local, commandé par le relais R, en même temps qu'il actionne le frappeur F, circule dans l'électro-aimant du récepteur-enregistreur (fig. 1 et 10); cet électro attire la palette de fer doux qui commande le levier d'impression et celui du relais R'. Ce relais met en circuit une autre pile locale qui agit sur l'électro-aimant du déclencheur Ar et le papier défile tant que les ondes électriques se succèdent; dès qu'elles cessent, le frappeur F ayant ramené le radioconducteur Br à sa résistance initiale, tous les organes de cet ensemble reprennent leur première position, et le papier s'arrête de lui-même après avoir reçu l'impression des signaux, comme dans le Morse ordinaire. Cette

pile locale est placée dans le soubassement P_i du poste portatif (fig. 1). Elles sont toutes réunies sur le socle du poste complet de la figure 10.

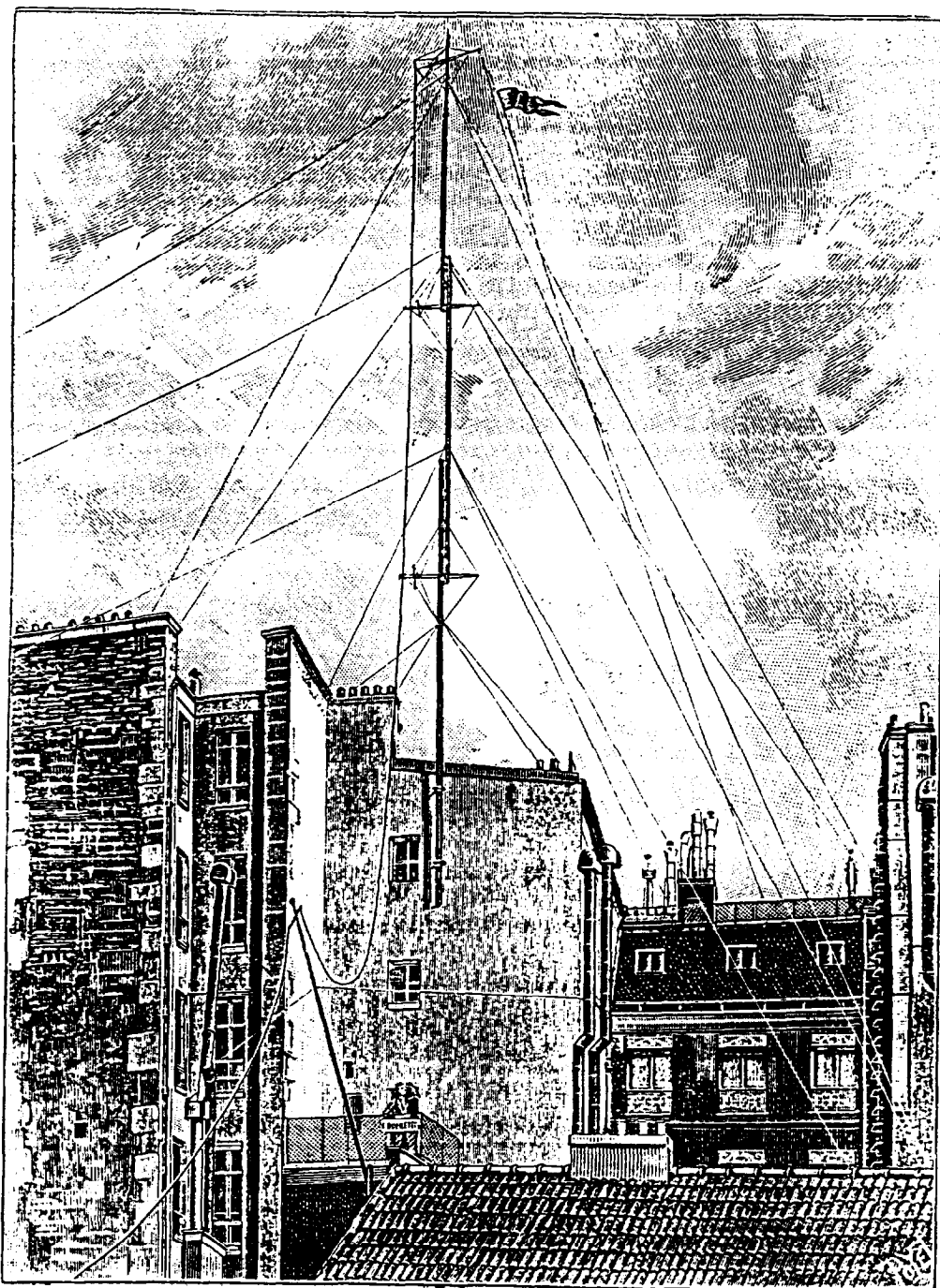


Fig. 11.

S est une sonnerie d'appel facultative à un coup; elle suit les mouvements du relais R' . Cette sonnerie peut être placée à une distance quelconque du récepteur. Les effets des étincelles d'extra-courant de rupture du relais R' sont

évités par l'addition de la résistance V , ainsi qu'il a été dit pour la figure 9.

Le récepteur-enregistreur automatique de Ducretet, pour la télégraphie hertzienne sans fil et pour la télégraphie électrique ordinaire, peut, dans certains cas, assurer le *secret* à la réception des dépêches : *l'appareil étant enfermé dans un cabinet*, sans aucun intermédiaire, la seule personne intéressée à en prendre communication viendra relever les dépêches enregistrées sur la bande au fur et à mesure de leur envoi.— A bord des navires il en sera de même, de l'avis d'officiers supérieurs ayant vu cet appareil automatique en expérience à grande distance.

DISTANCES FRANCHIES. — Les distances franchies pendant les premières expériences de *M. Popoff* ont été de 1500 mètres, puis de 5 kilomètres en mer, le mât vertical, recevant le fil isolé, ayant 18 mètres de hauteur; les travaux de *M. Popoff* n'ont jamais été interrompus. *M. Marconi* a installé un double poste hertzien entre l'île de *Wight* (the Needles) et *Bournemouth*, la transmission et la réception des signaux sont régulières entre ces deux postes, et elles se font par tous les temps. Les mâts de ces deux postes dominant la mer sans aucun obstacle interposé; la distance entre eux est de 23 kilomètres. Le mât de *Bournemouth* a 35 mètres de hauteur et il est placé bien au-dessus du niveau de la mer. Le choix de cette vaste baie est très heureux comme situation.

Dans les mêmes conditions, il est possible d'établir une transmission hertzienne entre un de ces postes et un navire placé à plus de 13 kilomètres.

M. Popoff recommande de placer le fil métallique vertical à une hauteur d'au moins 15 mètres au-dessus des agrès du navire et de bien l'isoler avec des cloches en porcelaine. Il est nécessaire de le placer à une certaine distance du mât en fer qui lui sert de support, afin d'éviter la mauvaise influence de ce mât en fer pour la réception des ondes électriques.

Les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* du 7 novembre rendent compte de mes appareils et de mes dernières expériences, réalisées, en présence de *M. Mascart*, de l'Institut, entre la tour *Eiffel* et le *Panthéon*. La distance franchie est de 4 kilomètres, et l'intervalle est occupé par un grand nombre de constructions élevées. Les signaux reçus, même par la pluie et par un brouillard épais, ont toujours été très nets: il est donc possible d'affirmer, qu'avec les mêmes appareils et une de nos bobines de 26 centimètres d'étincelle (fig. 4 et 8), cette distance pourra être sensiblement augmentée.

En se plaçant dans des conditions topographiques choisies favorablement, comme celles de *Bournemouth* et l'île de *Wight*, j'ai la certitude que la distance sera dépassée avec une bobine plus puissante et les appareils que je viens de décrire.

Le mât installé au-dessus de mon laboratoire (fig. 11) va me permettre d'entreprendre des expériences entre la rue *Claude-Bernard* et des postes situés hors Paris, dans la direction S.-E.

La transmission entre ce mât et le Panthéon est parfaite dans les deux sens, même en plaçant le fil récepteur (fig. 9 ou 10) sur la face opposée du monument, auquel cas le massif de pierre doit être contourné ou traversé par les ondes électriques.

Il ne faut pas conclure de ces expériences, du domaine pratique, que la télégraphie hertzienne sans fil remplacera, en toutes circonstances, la télégraphie électrique ordinaire et la télégraphie optique; mais, par les résultats acquis, il est possible de prévoir les services qu'elle doit rendre pour les échanges de signaux, par tous les temps, entre les forts, entre les navires et avec la côte; pour les phares et les côtes entre elles et avec les îles; pour les postes éloignés de nos colonies africaines et asiatiques et les services volants militaires ou d'exploration. Dans l'intérieur des villes, des postes peuvent être très rapidement installés et le fonctionnement des appareils, dans tous les cas, est immédiat. On voit que ce système télégraphique ne manquera pas d'applications utiles.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. — Nous avons vu à la page 1639 que le récepteur-enregistreur automatique Ducretet (fig. 1 et 10) pouvait être utilisé dans les *observatoires météorologiques* pour enregistrer les décharges atmosphériques intermittentes produites pendant les orages. Pour les observations continues, il convient de faire usage d'un enregistreur à marche lente, avec inscriptions horaires. Le *chronographe* employé dans notre laboratoire comporte un cylindre sur lequel se fixe le papier graphique; ce cylindre fait un tour en vingt-quatre heures, et le mouvement se remonte tous les huit jours. La plume à encre est montée sur une palette de fer doux articulée sur un électro-aimant, isolé de la masse, qui se meut le long d'une vis sans fin commandée par le mouvement d'horlogerie lui-même. La plume trace une ligne continue régulièrement espacée. Le tout est enfermé dans une boîte à paroi vitrée.

Il suffit de relier les deux bornes de cet enregistreur par un double conducteur, de longueur quelconque, aux bornes R du récepteur portatif (fig. 9). Il peut être substitué au récepteur-enregistreur M (fig. 10), ou ajouté à ce poste complet; dans ce cas, il suffit d'amener les deux conducteurs du chronographe aux bornes de l'électro-aimant du récepteur-enregistreur M. Les deux appareils fonctionnent alors concurremment. Dans tous les cas, pour les observations météorologiques, le radioconducteur B_r doit avoir une de ses électrodes à la terre, l'autre au fil vertical isolé (fig. 11), qui sert de collecteur des ondes atmosphériques.

Chaque onde reçue par le jeu du relais R et du frappeur F ferme le circuit local sur l'électro-aimant du chronographe, la palette de fer doux est attirée et la plume qu'elle porte trace un petit trait perpendiculaire à la ligne continue.

Si les décharges atmosphériques ne sont pas trop rapprochées, ces traits ne

se superposeront pas. Le diagramme donnera l'indication des heures et des jours de ces décharges.

EXPÉRIENCES AVEC LE RADIOCONDUCTEUR BRANLY. — Les effets à distance qui caractérisent la télégraphie hertzienne sans fil ne mettent en jeu, à la réception, qu'une énergie très faible; M. Branly a montré que cette énergie pouvait être bien plus intense: une batterie de plus de 12 accumulateurs peut être mise en circuit avec un fort tube à limaille; par suite, le courant passe, dans ce circuit, d'une intensité nulle à une intensité de 10 à 15 ampères quand le radioconducteur est devenu conducteur par l'influence d'une étincelle à distance.

En interposant un *électro-aimant à déclic* (le mettre aux bornes R [fig. 9], ou à celles de l'*électro-aimant du récepteur* M [fig. 10]), formant relais pour forts courants, il est possible de produire des effets très puissants dès qu'une étincelle oscillante jaillit à distance: le déclic de l'*électro-aimant* aura fermé le circuit d'une forte batterie d'accumulateurs, le point de départ étant toujours une onde électrique lancée dans l'espace et venant agir sur le radioconducteur. C'est ainsi que l'on peut produire, à distance:

- 1° L'incandescence d'un long fil métallique;
- 2° La mise en marche d'un fort moteur électrique;
- 3° La mise en action d'un *électro-aimant* puissant;
- 4° L'allumage de lampes à incandescence ou à arc;
- 5° L'explosion d'une amorce de mine, etc., etc.

Par le jeu de *relais successifs*, des courants électriques énergiques peuvent être ainsi utilisés suivant les effets à produire à distance.

Ces explications démontrent que notre industrie scientifique française, en ce qui me concerne, n'est pas tributaire de l'industrie étrangère. J'ai tenu aussi à exclure de cette notice toutes expressions étrangères, notre langue française étant assez riche pour y trouver celles qui conviennent.