

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

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

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

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

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Auteur(s)	Monier, E. (ingénieur ; 18...-19...)
Titre	La télégraphie sans fil et la télé mécanique à la portée de tout le monde
Adresse	Paris : H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, 1906
Collation	1 vol. (VII-119 p.-[1] f. de pl.) : ill. en noir et en coul. ; 19 cm
Nombre d'images	133
Cote	CNAM-BIB 12 Sar 309
Sujet(s)	Télécommande Télégraphie sans fil
Thématique(s)	Technologies de l'information et de la communication
Typologie	Ouvrage
Langue	Français
Date de mise en ligne	21/01/2021
Date de génération du PDF	20/01/2021
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?12SAR309

12°

Sar.
309

LA

ÉOGRAPHIE SANS FIL

ET LA

TÉLÉMÉCANIQUE

A LA PORTÉE DE TOUT LE MONDE

PAR

E. MONIER

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

PRÉFACE DU D^r E. BRANLY

DUNOD

PARIS

H. DUNOD et E. PINAT, Éditeurs

49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 49

1906

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

ET LA

TÉLÉMÉCANIQUE

A LA PORTÉE DE TOUT LE MONDE

DU MÊME AUTEUR

LES UNITÉS ÉLECTRIQUES

(SYSTÈME C. G. S.)

ET

APPLICATIONS



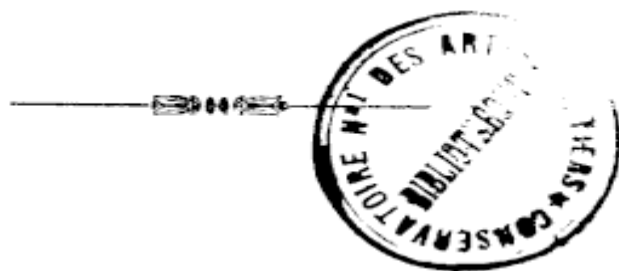
SAINT-AMAND, CHER. — IMPRIMERIE BUSSIÈRE

San. 209

LA
TÉLÉGRAPHIE SANS FIL
ET LA
TÉLÉMÉCANIQUE
A LA PORTÉE DE TOUT LE MONDE

PAR
E. MONIER
INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

PRÉFACE DU D^r E. BRANLY



PARIS
H. DUNOD et E. PINAT, Éditeurs
49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 49

1906

PRÉFACE

La télégraphie sans fil est à proprement parler une télégraphie par étincelles. Elle est fondée sur la propriété que présentent les étincelles de décharges de condensateurs d'exciter la production de courants électriques alternatifs dans des conducteurs à distance. L'énergie de ces courants diminue quand la distance augmente. C'est en révélant l'existence de ces courants par des moyens très délicats qu'on a pu les utiliser pour produire des signaux électriques entre des stations éloignées.

Comme on avait l'habitude de voir de longs fils de ligne tendus entre la station de départ et la station d'arrivée des dépêches, il a paru surprenant qu'il fût possible de supprimer ces fils; de là un intérêt spécial de curiosité attaché à la télégraphie sans fil par étincelles.

Bien que l'explication des effets obtenus ne présente pas de grosses difficultés, les auteurs qui se sont proposé de vulgariser les nouveaux procédés ont cru devoir les laisser dans une demi-obscurité qui en impose à la bonhomie du lecteur et augmente probablement son respect pour la science.

En ne faisant intervenir que des connaissances élémentaires, M. Monier a réussi à donner une idée suffisamment précise et complète de la télégraphie sans fil, il faut le féliciter de n'avoir pas cédé à

la tentation d'étaler un lourd bagage scientifique abstrait. Ceux qui auront la bonne fortune de lire son ouvrage lui devront une grande reconnaissance, car ils connaîtront ce qu'on sait sur la question après n'avoir eu que peu d'efforts à faire.

Dr EDOUARD BRANLY.

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

ET LA

TÉLÉMÉCANIQUE

CHAPITRE PREMIER

—

SOMMAIRE

Pile. — Electro-Aimant. — Bobine de Ruhmkorff. — Interrupteur à marteau. — Oscillateur de Hertz. — Etincelle vibrante dite oscillante donnant des ondes Hertziennes. — Poste transmetteur. — Poste récepteur. — Le tube de Branly. — Trépied-disque. — Appareil Morse. — Les antennes. — Les prises de terre. — Le relais. — Dépêche transmise dans un coffre fermé. — Ce qui peut paraître mystérieux. — A quelle distance peut-on envoyer les dépêches ? — Avantages et inconvénients de la télégraphie sans fil. — Secret des dépêches. — La syntonisation. — Quelques propriétés des ondes électriques.

La télégraphie sans fil est, sans contredit, l'invention la plus merveilleuse de notre époque. Tout

le monde en parle, mais peu la comprennent. C'est que, pour bien se rendre compte de cette invention, il faut posséder des connaissances étendues en électricité.

Le grand nombre d'ouvrages qui ont déjà paru sur cette question fait voir combien on s'y intéresse; mais ces ouvrages s'adressent à des savants ou à des Ingénieurs; aussi nous proposons-nous de faire connaître les principes de la télégraphie sans fil aux personnes qui n'ont sur l'électricité que des notions élémentaires. Nous dirons ensuite quel est l'état actuel de la question.

Le but de la télégraphie sans fil, ainsi que son nom l'indique, est de transmettre une dépêche d'une station à une autre, sans l'intermédiaire du fil. La station qui envoie les dépêches s'appelle *poste transmetteur*, et la station qui les reçoit, *poste récepteur*.

Il paraît étrange que l'on puisse supprimer les fils suspendus le long des chemins, et qui, seuls jusqu'à présent, transportaient les dépêches; cependant la télégraphie sans fil aurait pu devancer de beaucoup la télégraphie ordinaire, car elle procède de l'étincelle électrique, et l'étincelle,

cette faible réduction de l'éclair orageux, n'est pas née d'hier.

Nous allons d'abord passer en revue les appareils en usage dans la télégraphie sans fil. Quelques-uns nous sont déjà connus ; cependant, en peu de mots, nous rappellerons leurs propriétés : les personnes à qui je m'adresse peuvent les avoir oubliées.

Ces principaux appareils sont la pile, l'électro-aimant, la bobine de Rumbkorff. Nous commencerons par la pile.

Pour nos explications, nous ferons usage de figures schématiques, c'est-à-dire de figures réduites à leur plus simple expression, permettant de saisir d'un coup d'œil les organes essentiels des appareils.

PILE

Si dans un verre on plonge deux lames C et Z, l'une en cuivre et l'autre en zinc, et si l'on verse dans ce verre de l'acide sulfurique étendu d'eau, il se produit une action chimique qui développe de l'électricité (fig. 1).

En attachant maintenant un fil métallique à chacune de ces lames et en mettant en contact les extrémités x et y des deux fils, nous obtiendrons un courant électrique qui circulera continuellement d'une lame à l'autre.

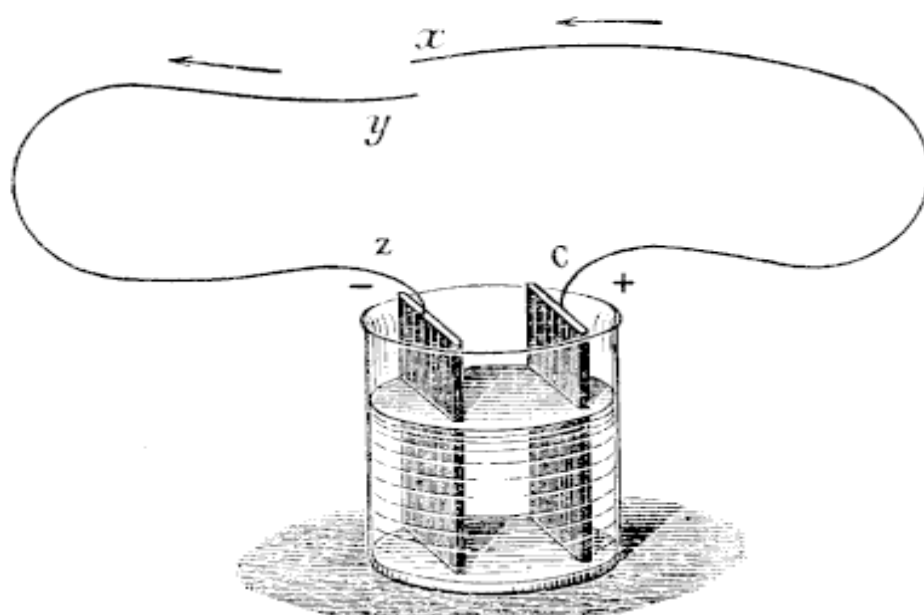


Fig. 1. — Pile.

Z, lame de zinc. — C, lame de cuivre.

Telle est la pile réduite à sa plus simple expression. Telle est la source d'un courant électrique continu ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Pourquoi ce nom de pile ? C'est parce que Volta physicien italien, construisit le premier cet appareil

On donne le nom de pôle positif (pôle +) à la lame de cuivre, et le nom de pôle négatif (pôle —) à la lame de zinc, et on admet que le courant se dirige du pôle + vers le pôle —, c'est-à-dire du cuivre vers le zinc.

Les fils attachés aux pôles et destinés à les réunir s'appellent les *fils conducteurs*. Ils sont presque toujours en cuivre parce que, de tous les métaux, c'est le meilleur conducteur.

Circuit. — On donne généralement le nom de *circuit* aux conducteurs métalliques ci-dessus. Ainsi le circuit qui transporte le courant électrique d'un pôle à l'autre est analogue au tuyau qui laisse passer un courant liquide.

Pour que la pile entre en activité et que la circulation du courant ait lieu, il faut que le circuit

en plaçant les uns sur les autres des disques de cuivre et de zinc séparés par des rondelles de drap imbibées d'acide sulfurique étendu d'eau. Il obtint ainsi une colonne verticale, *une pile*, dans le vrai sens du mot, et en mémoire de cette belle découverte, on continue de donner le nom de pile à tous les appareils qui, sous l'action chimique, développent un courant électrique. La pile à colonne est historique.

métallique n'offre aucune solution de continuité. Dans la figure 1, le courant est interrompu entre x et y , mais il s'établit dès que les deux extrémités des fils sont en contact ⁽¹⁾.

Le courant qui sort de la pile *revient donc toujours à sa source*. Ce retour peut se faire par la terre, d'où l'expression *retour par le sol*. Nous en avons un exemple dans la télégraphie ordinaire.

Le courant de la pile offre un grand avantage qui résulte de sa continuité : une expérience est-elle terminée qu'on peut la recommencer aussitôt dans les mêmes conditions ; car la pile répare promptement les pertes qu'elle subit.

En mettant le courant électrique en rapport avec des appareils convenables, on pourra obtenir les effets les plus différents : calorifiques, magnétiques, chimiques, mécaniques, etc.

Jusqu'en 1800, l'on ne connaissait que l'*électricité statique* obtenue par le frottement des corps non conducteurs : ambre, verre, cire, etc., avec une étoffe de laine. C'est à cette époque que

(1) Si le courant de la pile est assez énergique, une étincelle éclate quand on rapproche les deux fils jusqu'au contact.

Volta découvrit le courant de la pile qui peut transporter l'énergie électrique et qu'on appelle pour cette raison *électricité dynamique*. Cette découverte est une des plus belles de la Science, car elle ouvrit une nouvelle voie à l'électricité, et le petit courant devait faire son chemin. Il pouvait à peine agiter les pattes d'une grenouille, il transporte maintenant la puissance de plusieurs milliers de chevaux à des centaines de kilomètres.

Une des applications les plus importantes du courant de la pile est l'électro-aimant : comme cet appareil joue un rôle important dans la télégraphie sans fil, nous allons en faire la description.

ÉLECTRO-AIMANT

Si l'on entoure un cylindre de fer doux d'un fil métallique recouvert de soie et que l'on mette les deux extrémités C, D, de ce fil en communication avec les deux pôles d'une pile P, on obtiendra un électro-aimant. En effet, aussitôt que le courant de la pile s'établit dans le fil, le noyau de fer acquiert la propriété d'un aimant et devient

capable d'attirer le fer, mais il perd ses propriétés magnétiques dès que le courant cesse de passer (fig. 2).

L'électro-aimant est généralement accompagné d'un morceau de fer M appelé *armature*. Cette armature a ici la forme d'un marteau dont la tige flexible est fixée au point A.

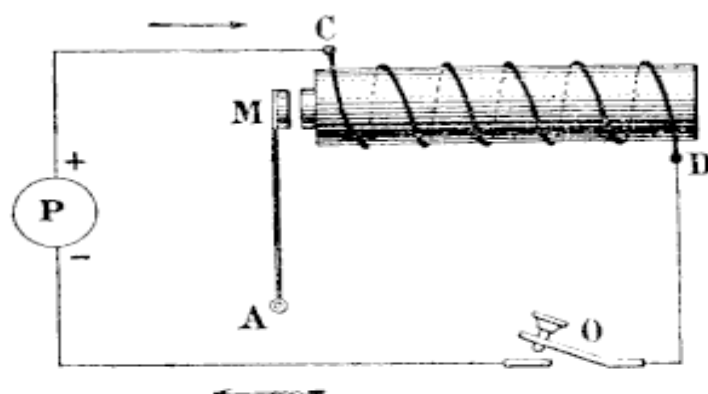


Fig. 2. — Électro-aimant.

P, pile; O, manipulateur; M, armature sous forme de marteau avec tige à ressort fixée en A.

Le courant de la pile P est à volonté établi ou rompu par un organe appelé *manipulateur*. Il est figuré en O.

En appuyant sur le manipulateur, on obtient le contact et le courant s'établit : le marteau vient frapper aussitôt sur l'électro-aimant qui l'attire

et le retient ; mais dès qu'on cesse d'appuyer, le courant est interrompu, l'attraction est annulée et le marteau, ramené par sa tige flexible, reprend sa position primitive.

Remarquons que, par cette disposition, nous n'avons obtenu qu'un seul coup de marteau pendant tout le temps que nous avons appuyé sur le manipulateur.

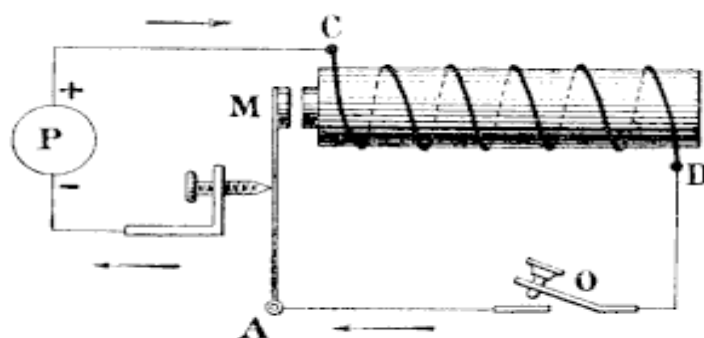


Fig. 3. — Electro-aimant.

P, pile ; O, manipulateur ; M, interrupteur à marteau avec tige à ressort fixée en A.

Il s'agit maintenant d'interrompre fréquemment le courant de la pile, avec ce même marteau, par une succession rapide de coups ; ainsi qu'on le fait pour la sonnette électrique. On arrivera à ce résultat par la disposition indiquée dans la figure 3 en pressant sur le manipulateur O.

Cette figure montre que le courant, après avoir passé autour de l'électro-aimant, revient à la pile par le ressort du marteau M et par la vis V sur laquelle il s'appuie.

Le courant se trouvant établi, l'électro-aimant attire le marteau qui le frappe, mais au même instant, le ressort quitte la pointe de la vis et le courant est interrompu : l'attraction étant supprimée, le ressort revient en contact avec la vis, d'où un nouveau courant, un second coup de marteau, et ainsi de suite. Le marteau prend donc un mouvement rapide de va et vient, interrompant chaque fois le courant qui reprend aussitôt, et cela, tant qu'on exerce une pression sur le manipulateur O.

Tel est l'interrupteur à marteau dit *à trembleur* ; c'est l'organe principal de la sonnette électrique qui fonctionne aussi longtemps que l'on presse sur le bouton. Nous rappelons ce principe, parce que nous trouverons plus loin des dispositifs analogues.

BOBINE DE RUHMKORFF ⁽¹⁾

Nous avons vu que l'électro-aimant ci-dessus était un cylindre de fer doux entouré d'un fil métallique dans lequel circule un courant qu'on peut rompre au moyen d'un interrupteur. Si nous enroulons sur ce premier fil, indiqué par un gros trait, un second fil représenté par un trait fin, et si ces deux fils recouverts de soie sont parfaitement isolés l'un de l'autre, nous obtiendrons la bobine de Ruhmkorff qui est, comme on peut le voir, d'une grande simplicité (fig. 4).

Si maintenant nous nous servons de notre interrupteur à marteau pour interrompre fréquemment le courant de la pile qui passe dans le gros fil, *il se produit à chaque interruption, un*

(1) Ruhmkorff, célèbre constructeur d'instruments de physique né dans le Hanovre en 1803, s'établit à Paris où il construisit l'admirable machine d'induction qui porte son nom (bobine de Ruhmkorff) et qui lui valut une récompense nationale de 50.000 francs. Il mourut à Paris en 1877.

courant instantané ⁽¹⁾ dans le fil fin qui fait jaillir une étincelle entre les deux extrémités x et y : ces deux extrémités du fil fin constituent les deux pôles de la bobine de Ruhmkorff.

Ainsi l'on peut dire que chaque coup de marteau fait jaillir une étincelle.

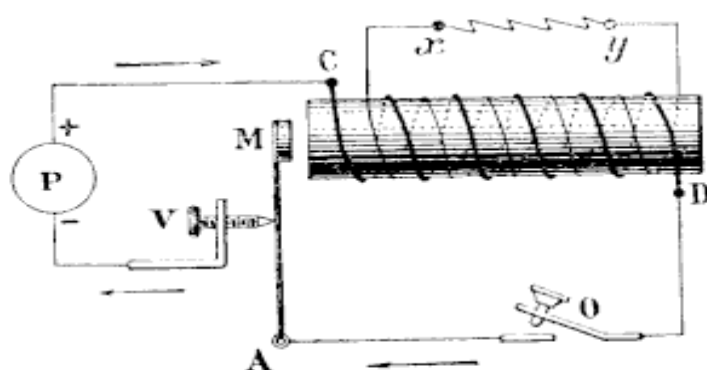


Fig. 4. — Bobine de Ruhmkorff.
AM, marteau interrupteur.

Nous connaissons tous ces étincelles en zig-zag d'une couleur bleuâtre qui éclatent en faisant entendre un bruit sec. Elles peuvent servir dans la télégraphie sans fil : toutefois il est plus avantageux de recourir aux étincelles dites *oscillantes* connues déjà depuis longtemps et que Hertz,

⁽¹⁾ On donne à ce courant instantané le nom de *courant induit*.

savant allemand, a obtenues plus récemment au moyen de l'oscillateur qui porte son nom.

Les étincelles données par l'oscillateur de Hertz ne sont pas employées dans la télégraphie sans fil à grande distance, pour des raisons que nous ferons connaître; cependant comme il en est souvent question, nous ferons la description de l'appareil qui peut les produire.

POSTE TRANSMETTEUR

Oscillateur de Hertz ⁽¹⁾

Si l'on réunit les deux pôles de la bobine de Ruhmkorff à deux tiges métalliques TT' terminées aux extrémités en regard par deux boutons SS', et aux extrémités opposées par deux sphères AA', destinées à emmagasiner l'électricité, on obtiendra l'appareil (fig. 5) auquel on a donné le nom d'*oscillateur de Hertz*, cette disposition permettant de produire les étincelles *oscillantes* usitées dans la télégraphie sans fil.

(1) Hertz, physicien allemand (1857-1893).

Pour simplifier les choses nous représenterons, par la figure ci-dessous, le poste transmetteur. Voyons maintenant comment, avec cet appareil, on obtient les étincelles qui transmettront des dépêches à petite distance ⁽¹⁾.

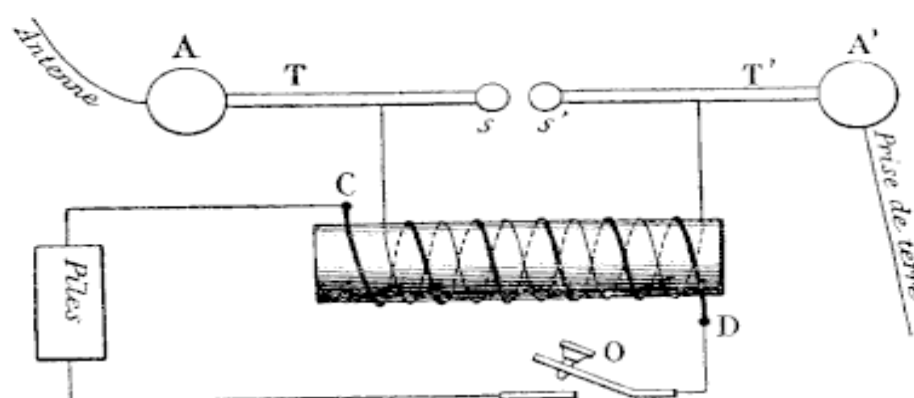


Fig. 5. — Oscillateur de Hertz ou poste transmetteur.

Si nous établissons le courant de la pile en appuyant sur le manipulateur O, et si nous faisons usage d'un interrupteur suffisamment rapide (non décrit dans la figure 5), des étincelles jailliront fréquemment entre les deux boutons SS' ou les deux pôles de l'oscillateur de Hertz.

L'étincelle ainsi obtenue à chaque interruption

⁽¹⁾ Nous ferons connaître plus loin l'usage de l'antenne et de la prise de terre indiquées dans la figure 5.

du courant est produite par la décharge instantanée de l'électricité emmagasinée dans les deux sphères AA'. Cette étincelle de décharge est vibrante, c'est-à-dire oscillante. Elle est reconnaissable à sa forme renflée au milieu, à sa couleur blanche et à son bruit strident. Par ses vibrations extrêmement rapides, elle communique à l'éther des ondes électriques qui se propagent dans toutes les directions avec la vitesse de la lumière ⁽¹⁾.

(1) NOTA. — Si au moyen d'un miroir tournant on étudie une étincelle de décharge qui se produit entre les deux pôles de l'oscillateur de Hertz, on voit qu'elle est composée de petites étincelles très rapprochées qui *oscillent* dans un sens et dans l'autre, entre ces deux pôles. Elles correspondent à des courants qui, tantôt positifs, tantôt négatifs, se succèdent avec une extrême fréquence. A cause de la persistance des impressions sur la rétine de l'œil, ces petites étincelles qui vont et viennent avec rapidité, se confondent, à la simple vue, en une seule étincelle.

Voilà l'étincelle qui, par ses oscillations, communique à l'éther des ondes électriques ou *courants alternatifs* dont la fréquence peut dépasser 400 millions par seconde; et ces courants se propagent aussi bien dans les fils conducteurs que dans l'éther. On les

Telle la corde d'un instrument de musique, d'une harpe, par exemple, qu'on tire et qu'on abandonne à elle-même. Cette corde oscille si rapidement de part et d'autre de sa position d'équilibre, que l'œil ne peut la suivre dans ses différentes positions : par un effet d'optique, elle paraît également renflée par son milieu, et l'air frappé par ses mouvements précipités se répand de tous côtés en ondes sonores.

En résumé, l'oscillateur de Hertz produit des étincelles vibrantes ou oscillantes : chacune de ces étincelles communique à l'éther une série d'ondes électriques désignées sous le nom d'ondes hertziennes.

Pour nous faire une idée de la forme des ondes hertziennes et de leur mode de propagation, il suffit de voir l'effet produit par une pierre qui tombe dans un lac. Elle provoque autour d'elle

appelle *courants de haute fréquence* pour les distinguer des courants alternatifs industriels dont la fréquence ne dépasse guère 100 par seconde.

une *série de cercles* qui vont en s'élargissant et qui se suivent de près en ondulant sur la surface de l'eau, et ces ondes viendront battre successivement les rives du lac. C'est ainsi que se propagent les ondes sphériques qui se forment autour de l'étincelle : de même elles pourront frapper, à une grande distance, un petit instrument, le *tube de Branly*, qui indiquera le moment précis de leur passage.

En définitive, nous trouvons au poste transmetteur un oscillateur avec lequel nous pouvons produire des ondes électriques : cela suffit. Transportons-nous maintenant au poste récepteur qui reçoit ces ondes.

POSTE RÉCEPTEUR

Tube de Branly

Le tube de Branly est l'organe essentiel du poste récepteur, il convient de faire connaître ses propriétés dès maintenant.

Si nous pouvons percevoir les ondes lumineuses

qui impressionnent notre œil, et les ondes sonores qui frappent notre oreille, nous ne pouvons, par aucun de nos sens, nous rendre compte des ondes électriques qui nous atteignent. Elles sont pour nous silencieuses et invisibles.

Cependant un appareil fort simple, le *tube à limaille*, supplée à la nature. D'une sensibilité extrême à l'action des ondes électriques, ce tube nous permet, non seulement de les connaître, de les étudier ; mais il nous donne encore le moyen de les utiliser et de réaliser les expériences les plus remarquables.

Inventé par un savant français, M. Branly, cet appareil est la cheville ouvrière de la télégraphie sans fil.

Il se compose simplement d'un tube de verre dans lequel on met un peu de limaille métallique que l'on presse légèrement entre deux pistons en métal. Si l'on intercale ce tube à limaille dans le circuit d'une pile, comme l'indique la figure 6, on constate que cette pile ne peut fonctionner ; on sait, en effet, que la limaille est un mauvais conducteur de l'électricité.

Ainsi le cuivre, qui, de tous les métaux, est le

meilleur conducteur, le cuivre réduit en limaille devient un obstacle au passage du courant de la pile. Voilà un premier fait.

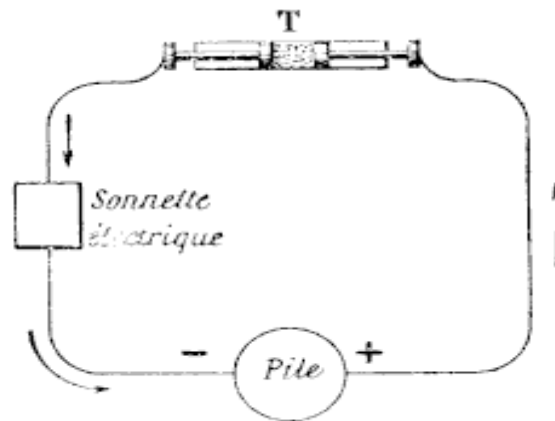


Fig. 6. — T, tube de Branly, ou radio-conducteur, ou tube à limaille, ou cohéreur.

Si maintenant on fait éclater une étincelle à une certaine distance, le tube de Branly devient conducteur et *reste conducteur d'une façon permanente*, et la pile entre immédiatement en activité; mais si l'on donne un léger choc sur le tube, on ramène la limaille à sa résistance primitive et le courant de la pile se trouve de nouveau interrompu. Une seconde étincelle rétablit le courant, un second choc le rompt encore, et ainsi de suite tant qu'en voudra.

On peut intercaler une sonnette électrique dans le circuit de la pile et, dès qu'une étincelle jaillit, le courant s'établit et la sonnette vibre sans interruption ; mais le moindre choc sur le tube détruit le courant et arrête en même temps la sonnerie.

On a fait bien des hypothèses pour expliquer le fonctionnement du tube de Branly. Nous ne donnerons que celle qui est la plus répandue ; cependant elle est loin de pouvoir expliquer tous les faits donnés par l'expérience.

Voici cette hypothèse qui est celle de M. Lodge, savant anglais ⁽¹⁾.

Les grains de limaille légèrement tassés dans le

(¹) Quelques auteurs ont dit que les propriétés du tube à limaille ont été découvertes en même temps par M. Branly en France et par M. Lodge en Angleterre : c'est une erreur qu'il importe de rectifier, et c'est M. Lodge lui-même qui s'est chargé de faire la rectification par une lettre rendue publique et dans laquelle, avec une bonne foi qu'on ne trouve pas toujours même chez les savants, il rend hommage au véritable inventeur.

En réalité M. Lodge n'a connu le tube à limaille que par les communications faites par M. Branly à l'Académie des Sciences et à différentes sociétés savantes.

tube n'ayant entre eux qu'un contact imparfait sont mauvais conducteurs, mais sous l'influence des ondes produites par une étincelle, ces grains se *cohèrent* instantanément et forment, pour ainsi dire, un bloc qui devient bon conducteur et laisse passer continuellement le courant de la pile. Cependant un léger coup qui ébranle le tube, suffit pour détruire la cohésion de la limaille et, par conséquent sa conductibilité. C'est ainsi que le courant de la pile se trouve de nouveau interrompu : et les mêmes choses se recommenceront comme précédemment après chaque étincelle et chaque coup de marteau.

Tel est le tube de Branly, l'organe le plus sensible que l'on puisse imaginer : c'est, comme on l'a dit avec raison, l'âme de la télégraphie sans fil.

Cet instrument porte différents noms ; tels que tube à limaille, radio-conducteur et enfin celui de *cohéreur* en raison de la théorie ci-dessus. Pourquoi ne pas lui laisser le nom du savant qui l'a découvert ? Les hypothèses changent ; mais

l'inventeur reste. Nous dirons donc le tube de Branly comme on dit la pile de Volta ⁽¹⁾.

M. Branly a donné à son invention le nom de *radioconducteur* (conducteur des rayons électriques). Ce nom exprimant simplement un fait, ne dépend d'aucune théorie.

Voyons maintenant quelle est la disposition des appareils employés au poste récepteur et comment ils fonctionnent sous l'action de l'étincelle électrique (fig. 7).

On trouve au poste récepteur une pile P qui animera en temps voulu les deux électro-aimants H et H' placés de chaque côté.

(1) Au moment où j'écris ces lignes, j'apprends que M. Lodge vient d'abandonner sa théorie basée sur la cohésion de la limaille, pour expliquer l'action des ondes électriques sur le tube de Branly, et qu'il adopte une autre hypothèse dans laquelle on voit apparaître les *électrons*? Il était donc bien inutile de forger ces mots bizarres : *cohéreur*, *cohérer*, *décohérer* si souvent employés par les auteurs qui avaient adopté la première hypothèse de Lodge. Il va falloir maintenant inventer de nouveaux mots pour se conformer à une nouvelle théorie qui n'aura peut-être pas un meilleur sort.

L'électro-aimant de droite fait partie de l'appareil Morse pour la transcription des dépêches.

L'appareil Morse se compose d'une bande de papier enroulée en K. Cette bande guidée par la poulie E, est ensuite pressée entre deux cylindres F et F' qui tournent sur leurs axes, mûs par un mouvement d'horlogerie : il en résulte que la bande de papier se déroule et se dirige avec une vitesse uniforme de E vers F.

Enfin, on voit un levier AB pouvant osciller autour de son axe I. L'extrémité A qui porte l'armature de l'électro-aimant est appuyée contre la vis V par la traction du ressort R; tandis que l'autre extrémité B terminée en palette touche la bande de papier au-dessous de la molette L, toujours chargée d'encre grasse.

L'électro-aimant II' de gauche est annexé au tube à limaille T.

Nous voyons de ce côté un second levier qui peut également osciller autour de son axe I' : son extrémité N porte l'armature de l'électro-aimant; l'autre extrémité M, terminée en marteau sphérique viendra, en se soulevant, frapper sur le tube de Branly.

Le circuit de la pile P contourne l'électro-aimant H, traverse le tube à limaille T et revient à la pile après avoir également tourné autour de l'électro-aimant H'. En ce moment tout est en repos à la station réceptrice, le courant de la pile étant interrompu par la résistance du tube ne peut suivre son circuit.

Maintenant, si au poste transmetteur, on fait jaillir une étincelle par un bref contact du manipulateur, sous l'influence des ondes électriques, qui arrivent instantanément au poste récepteur, le tube de Branly devient bon conducteur, le courant de la pile s'établit, et au même moment les deux électro-aimants s'animent; ils attirent leurs armatures et font basculer les leviers : La palette B du Morse en s'élevant, met la bande de papier en contact avec la molette L chargée d'encre, y imprime un point, et c'est tout.

En effet, à l'instant même, le marteau frappe sur le tube, le rend résistant, et le courant de la pile est interrompu : Les deux leviers étant rappelés par leurs ressorts dans leurs positions primitives, la station réceptrice rentre dans l'immobilité.

Si au lieu d'un bref contact du manipulateur nous appuyons plus longtemps, nous ferons jaillir successivement plusieurs étincelles. Par leur influence sur le poste récepteur, le marteau M, comme celui d'une sonnette électrique, frappe sur le tube à limaille, détruisant sa conductibilité qui reprend aussitôt sous l'action d'une nouvelle étincelle ; et la palette B du Morse prend le même mouvement en imprimant chaque fois un point sur le papier qui se déroule : Il en résulte une série de points très rapprochés qu'on transforme facilement en un trait.

Ainsi, au poste transmetteur, l'employé chargé d'envoyer une dépêche, pourra en appuyant sur le manipulateur, pendant des temps convenables, imprimer au poste récepteur un point ou un trait représentant la brève ou la longue de l'alphabet Morse. C'est par la combinaison de ces signes qu'on forme toutes les lettres. On écrira donc avec la télégraphie sans fil, comme avec la télégraphie ordinaire, le mot suivant :


P a r i s

en laissant un petit intervalle entre chaque lettre et un plus grand entre chaque mot.

Nous avons dit que sous l'action des étincelles le marteau M, comme celui d'une sonnette électrique, frappait sur le tube à limaille ; il suffira de placer un timbre au-dessous du tube, et le marteau frappera alternativement l'un et l'autre. L'employé sera ainsi averti de l'arrivée de la dépêche, il pourra alors écarter le timbre qui devient inutile et le replacer quand il le jugera convenable.

TRANSMISSION LOINTAINE DES DÉPÊCHES

REMARQUE. — Nous avons simplifié les postes transmetteur et récepteur, afin de mieux faire comprendre le principe de la télégraphie sans fil ; mais la pratique a rendu nécessaire l'adjonction de plusieurs autres appareils, tels que le relais, les antennes, les prises de terre, appareils qui permettent de lancer des dépêches à une grande distance. Nous allons les passer en revue.

LE RELAIS

Nous avons dit que le tube de Branly arrête le courant de la pile ; cependant un courant énergétique peut vaincre l'obstacle et passer continuellement à travers le tube ; dans ce cas, aucun fonctionnement n'est plus possible.

Or, s'il est indispensable d'avoir une pile assez forte pour actionner les organes du poste récepteur, il est non moins nécessaire d'employer un tube à limaille très sensible pour qu'il puisse percevoir les ondes électriques venant d'une grande distance. Il faut donc trouver un moyen de concilier ces deux choses. On y arrive par le relais, (fig. 8).

L'emploi du relais exige au poste récepteur une seconde pile Q, que nous appellerons la pile du relais. Son circuit, indiqué en rouge, traverse le tube à limaille T et revient à la pile après avoir circulé autour de l'électro-aimant X. Ajoutons que le courant de cette pile est de faible intensité, afin de pouvoir être intercepté, en

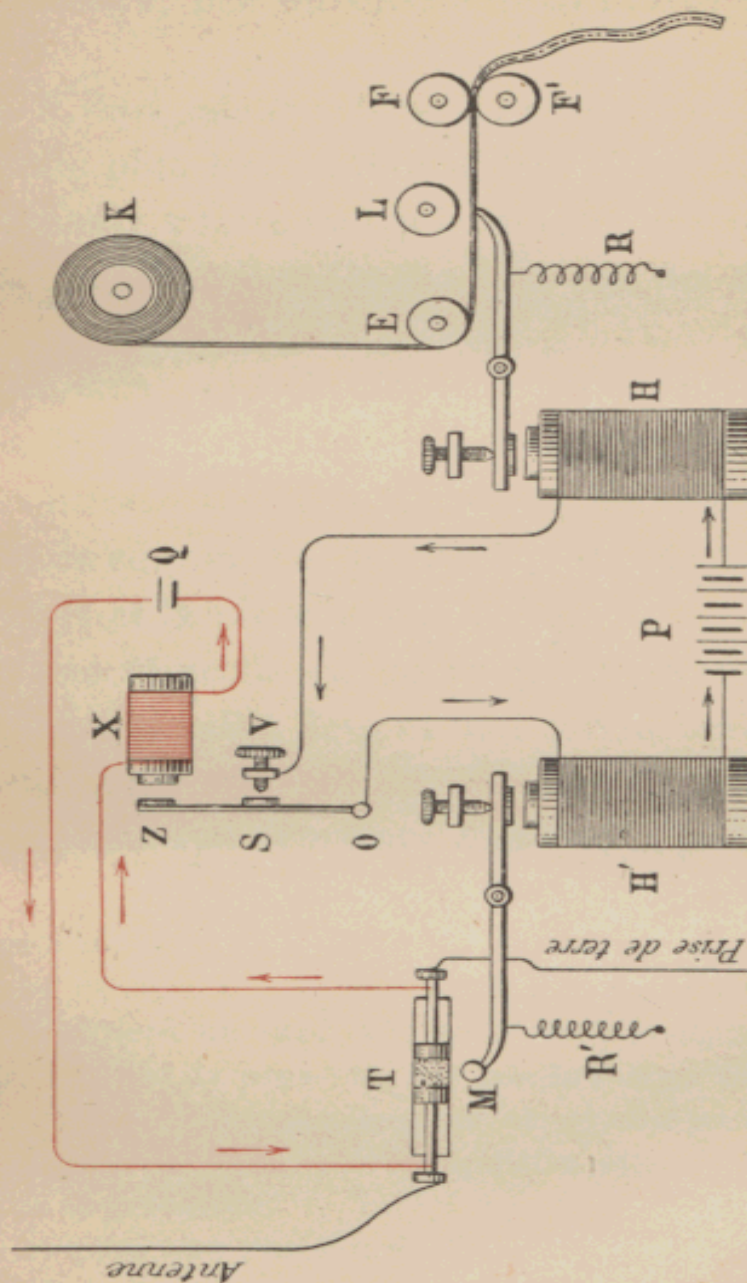


Fig. 8. — Poste récepteur avec relais, antenne et prises de terre.

Q, petite pile du relais; X, électro-aimant; ZO, interrupteur à marteau; S, armature qui, par son contact avec la vis V, établit le courant de la grande pile locale P.

temps ordinaire, par un tube à limaille très sensible ⁽¹⁾.

La pile P, désignée sous le nom de *pile locale* ⁽²⁾, est beaucoup plus forte, elle est destinée, comme précédemment, à faire mouvoir simultanément la palette B du Morse et le marteau M du tube Branly.

En ce moment toute la station réceptrice est en repos. La figure 8 indique que le courant de la pile Q est interrompu par le tube à limaille ; de même que le courant de la pile P' est intercepté entre la vis V et la pièce de contact S.

Dès qu'une étincelle éclate au poste transmetteur, le tube à limaille devient bon conducteur, le courant de la pile Q s'établit, l'électro-aimant X s'anime, il attire son armature Z et met la pièce S

(1) En diminuant la quantité de limaille contenue dans le tube et en exerçant sur elle une pression convenable, on obtient un tube très sensible à l'action de l'étincelle ; mais si la pression est rendue trop forte, la limaille devient trop conductrice et se comporte à peu près comme un métal continu ; l'étincelle n'a plus alors d'effet appréciable.

(2) C'est le nom que l'on donne à la pile qui remplit les mêmes fonctions dans la télégraphie ordinaire.

en contact avec la vis V. Au même instant le courant de la grande pile P circule, les deux électro-aimants H et H' entrent en activité, et les deux leviers font leur mouvement de bascule ; d'où un coup de palette B imprimant un point sur le papier et un léger coup de marteau M sur le tube supprimant sa conductibilité.

Ce dernier choc interrompt instantanément le courant de la petite pile Q, la pièce de contact S quitte la vis V et le courant de la pile locale P est également interrompu : Aussitôt tout redevient immobile au poste récepteur jusqu'au moment où de nouvelles étincelles éclateront au poste transmetteur.

En définitive, avec ou sans relais, le mécanisme de la transmission reste le même : Une étincelle imprime un point sur le papier, plusieurs étincelles donnent plusieurs points ou un trait.

Ainsi le rôle du relais est ici bien déterminé, il sert d'intermédiaire entre la forte pile P et le tube à limaille très sensible, ce qui permet d'augmenter la distance entre les deux postes.

Un tube à limaille extrêmement sensible peut, par ce moyen, arrêter le courant d'une batterie

de piles des plus énergiques, et si nous faisons éclater une étincelle à une centaine de kilomètres de distance, nous pourrions déclancher le courant de la batterie et produire un effet considérable. Comme on le dit avec raison, l'étincelle joue le rôle du mécanicien qui ouvre un robinet et met en train une puissante machine.

Nous venons de voir que l'emploi du relais a pour effet d'augmenter la portée des ondes électriques, *les antennes et les prises de terre* que nous allons décrire, agissent dans le même sens, mais d'une façon plus efficace.

LES ANTENNES ET LES PRISES DE TERRE

Reportons-nous au poste transmetteur (fig. 5). Là, on trouve un fil métallique qui part de l'un des pôles de l'oscillateur de Hertz et qui se dresse le long d'un mât jusqu'à une hauteur de 30 ou 40 mètres et même davantage. On a donné à ce fil le nom d'antenne.

L'antenne a la propriété de transmettre les ondes électriques à une longue distance. On a en-

core fait bien des hypothèses pour expliquer ce fait : nous dirons simplement que les ondes se propagent avec la plus grande facilité le long des conducteurs métalliques. Il en résulte que lorsqu'une étincelle éclate entre les deux pôles de l'oscillateur, les ondes qui en proviennent suivent l'antenne jusqu'à son extrémité supérieure. Elles iront, comme les ondes sonores d'une cloche, à une distance d'autant plus grande, que le point d'émission sera plus élevé, en évitant ainsi les obstacles placés à la surface de la terre : bois, forêts, maisons, etc., obstacles qui atténuent beaucoup leur énergie.

Ce n'est pas tout : on augmente encore la portée des ondes en mettant l'autre pôle de l'oscillateur en communication avec la terre par un second fil appelé *prise de terre*.

L'on trouve aussi à la station réceptrice une antenne qui s'élève à la même hauteur qu'au poste transmetteur. Elle est destinée à recueillir, au moment de leur passage, les ondes électriques pour les transmettre à une des extrémités du tube de Branly, et l'on fait communiquer l'autre extrémité avec le sol par un fil ou *prise de terre*. Il en

résulte que les ondes recueillies par l'antenne se rendent directement dans le sol en passant par le tube à limaille.

Il ne manque pas non plus de théories concernant *les prises de terre* ; mais ici comme pour les antennes, aucune théorie ne peut expliquer tous les faits donnés par l'expérience.

Quoi qu'il en soit, il est certain qu'on augmente toujours la portée des dépêches en mettant les postes transmetteur et récepteur en communication avec le sol, et mieux encore avec les nappes d'eau souterraines ou les rivières.

On voit qu'il y a une grande analogie entre l'antenne du poste récepteur et le paratonnerre. Celui-ci reçoit également les ondes électriques produites par les éclairs et les dirige vers la terre où elles se perdent.

LES ÉTINCELLES

Il est bien évident que, pour la transmission lointaine des dépêches, il faut employer des étincelles énergiques. Grâce aux grandes ondes qu'elles développent, leur action se fait sentir à

une longue distance. On obtient ces étincelles par la décharge de bouteilles de Leyde. Nous reviendrons sur cette question et nous dirons pourquoi, en cette circonstance, les petites ondes hertziennes ne peuvent être utilisées.

Il faut enfin que les étincelles se succèdent rapidement pour que l'inscription d'une dépêche se fasse dans un temps relativement court.

En résumé, les moyens employés pour donner aux dépêches une grande portée sont :

1° Des étincelles énergiques.

2° Un tube à limaille très sensible.

3° Un relais.

4° Des antennes élevées.

5° Des communications avec le sol ou prises de terre ⁽¹⁾.

A QUELLE DISTANCE PEUT-ON ENVOYER UNE DÉPÊCHE ?

La distance varie considérablement suivant que les ondes électriques doivent traverser les terres

(1) A ces appareils il convient d'en ajouter encore quelques-uns dont la description ne trouve pas ici sa place.

ou les mers. Les expériences faites sur mer ont toujours donné des résultats bien supérieurs à ceux obtenus à l'intérieur des terres. En effet les ondes sont plus ou moins arrêtées par les obstacles qu'elles rencontrent sur terre, tandis qu'elles semblent glisser avec la plus grande facilité à la surface de l'eau.

Les premières expériences faites sur terre à une distance relativement grande, eurent lieu entre Bruxelles et Anvers (40 kilomètres) : elles ont donné des résultats satisfaisants. Les antennes étaient placées sur les monuments, au cœur même des dites villes.

Les résultats obtenus en mer sont plus brillants. Nous allons les passer en revue par ordre chronologique.

La première expérience importante a été faite par M. Marconi, en 1899, entre la France et l'Angleterre, des environs de Douvres à ceux de Boulogne (50 kilomètres) : les communications ont été très bonnes.

En 1901, il réussit à transmettre des dépêches entre Calvi (Corse) et Antibes à une distance de 173 kilomètres.

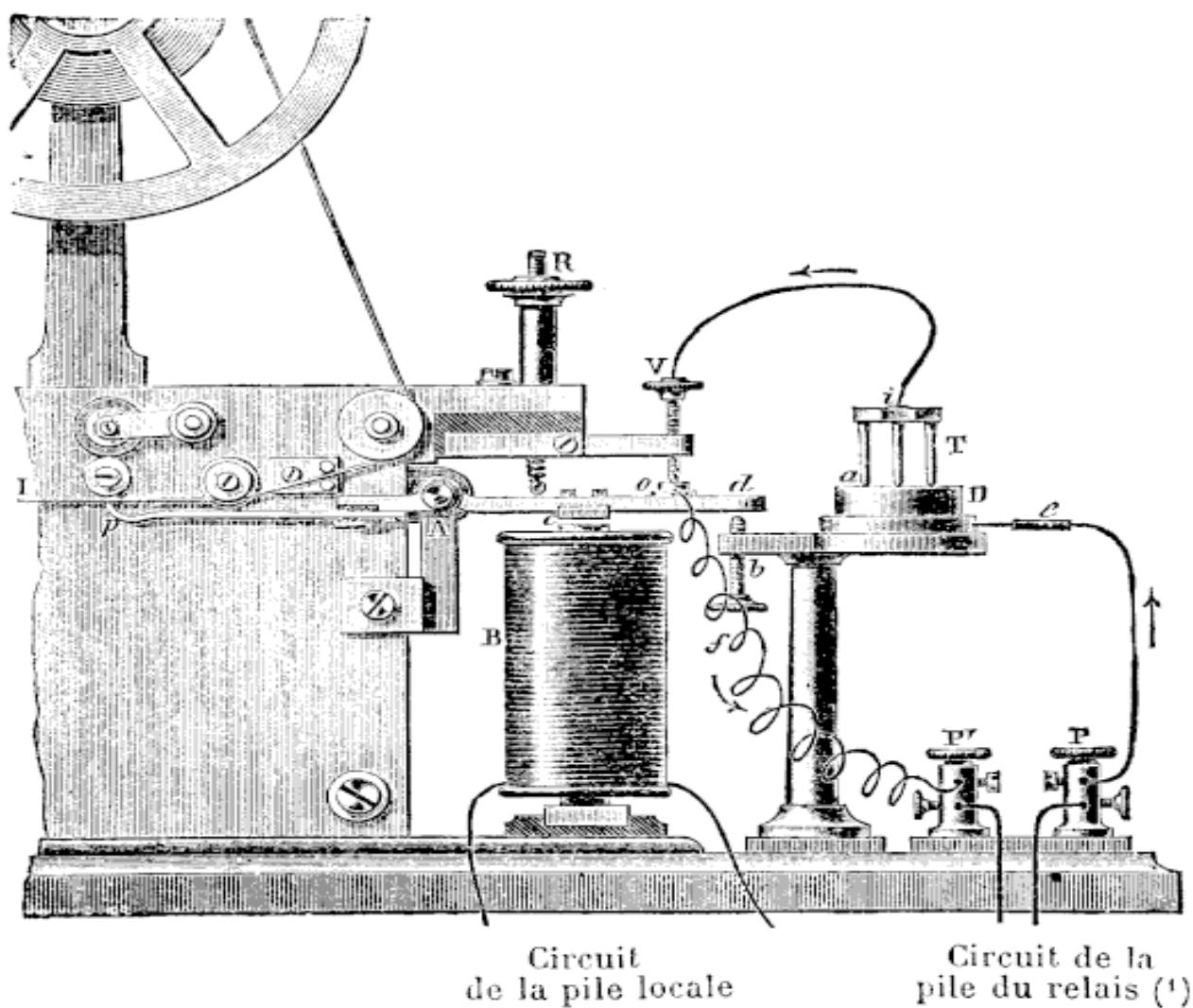
Enfin, M. Marconi cherche, déjà depuis quelque temps, au moyen d'appareils extrêmement puissants établis au cap Breton (Amérique) et au cap Lizard (Angleterre) à obtenir une communication par dessus l'Océan Atlantique (4.500 kilomètres environ). Jusqu'à présent, il n'a pu y réussir. Attendons !

Ce qu'il y a de certain, c'est qu'on peut actuellement lancer une dépêche à 400 kilomètres (sur mer bien entendu). Tel est le chiffre d'aujourd'hui qui sera dépassé demain.

La figure 8 représente le schéma d'un poste récepteur pour la démonstration, la figure 9 représente un véritable poste récepteur ; il est remarquable par sa simplicité.

POSTE RECEPTEUR DE M. BRANLY

Le poste récepteur que nous avons décrit figure 8, contient deux électro-aimants : l'un actionnant le levier à palette pour l'inscription des dépêches et l'autre actionnant le levier à marteau pour détruire la conductibilité du tube à limaille, après chaque étincelle. Dans le nouveau poste récepteur



(1) Figure extraite du *Traité élémentaire de physique* de M. E. Branly, édité par Poussielgue.

inventé par M. Branly, il n'y a qu'un seul électro-aimant et un seul levier pour remplir en même temps les deux fonctions de la palette et du marteau.

Enfin M. Branly remplace le tube à limaille par un nouveau radio-conducteur auquel il a donné le nom de *trépied-disque*.

Ce trépied-disque est formé d'un trépied T à pointes d'acier poli reposant sur une disque d'acier également poli.

Le circuit d'une petite pile placée sous la figure arrive par la borne P, il va au disque D, puis au trépied T par les trois pointes *a*; de là, il se rend à une vis V qui appuie sur une pièce de contact *o*, et il retourne à la pile par la borne P'.

A l'état ordinaire, l'intervalle infiniment petit qui existe entre les pointes du trépied et la surface du disque suffit pour empêcher le courant de passer; mais sous l'action d'une étincelle qui jaillit au poste transmetteur, le courant s'établit aussitôt par le contact des trois pointes *a* et du disque⁽¹⁾.

(1) Le courant, en temps ordinaire, ne peut traverser les pointes du trépied, parce qu'il est d'une très faible intensité. Il est en effet intercalé dans le courant de la

Au même moment un courant excite l'électro-aimant B du Morse, l'armature *c* est attirée, et le levier *pd* fait son mouvement de bascule : l'extrémité *p* de la palette en se soulevant imprime un point sur la bande de papier; tandis que l'extrémité *d* en s'abaissant vient frapper sur la tête d'une vis *b* qui sert de butoir et limite sa course. Ce choc se transmet au trépied-disque, supprime sa conductibilité, et tout le poste récepteur reprend son état primitif : plusieurs étincelles imprimeront plusieurs points ou un trait, etc.

Ainsi les phénomènes déjà décrits à propos du tube à limaille se reproduisent avec le trépied-disque; mais celui-ci est plus rapide, c'est-à-dire qu'il permet d'inscrire une dépêche dans un temps plus court : enfin il est plus sensible, une même étincelle le rend bon conducteur à une plus grande portée, ce qui permet d'augmenter la distance entre les deux postes.

petite pile du relais, ainsi que nous l'avons vu pour le tube à limaille (fig. 8). Le relais et sa pile ne sont pas indiqués dans la figure 9. C'est au-dessous de cette figure qu'ils doivent être placés avec la pile locale. Le relais commande cette seconde pile qui, à son tour, actionne l'électro-aimant du Morse (voir fig. 8).

DÉPÊCHE TRANSMISE DANS UNE BOÎTE FERMÉE

Nous avons supposé que la bande du papier Morse mue par un mouvement d'horlogerie se déroulait continuellement pour recevoir l'inscription des dépêches à tout moment ; mais on peut faire en sorte que la première étincelle déclanche elle-même ce mouvement d'horlogerie, et le papier se déroulera sans que personne ait à intervenir. Nous avons déjà vu que cette même étincelle peut également mettre en mouvement une sonnerie électrique annonçant l'arrivée de la dépêche ⁽¹⁾.

Ainsi au premier appel, l'appareil récepteur peut entrer tout entier en fonction, fût-il enfermé sous clef dans un coffre, et le destinataire absent trouve à son retour la dépêche enregistrée.

(1) Le déclanchement du mouvement d'horlogerie par l'action d'une étincelle est peu employé, parce qu'il est compliqué : généralement, c'est le destinataire qui exécute cette petite manœuvre, lorsque le coup de sonnette l'avertit que la dépêche va suivre.

Avantages de la Télégraphie sans fil

La télégraphie sans fil est surtout destinée à rendre les plus grands services à la navigation : elle contribuera certainement à diminuer le nombre des naufrages.

Ici le grand avantage de la dépêche, c'est qu'elle se répand dans toutes les directions et qu'on peut la recevoir en tous points. Ainsi un navire peut rester en communication avec la côte, jusqu'à une grande distance, malgré la tempête et les brumes les plus épaisses, lorsque les phares sont impuissants à projeter aucune lumière, et les sémaphores aucun signal, et cela, au moment où leurs indications seraient le plus indispensables.

En pleine mer les navires peuvent, à tout instant, échanger des télégrammes et se tenir au courant de leur position, évitant ainsi les collisions, échouages, etc. Enfin, un navire en détresse sera à même de lancer dans l'espace un appel au secours qui pourra être entendu de tous ceux qui naviguent dans un rayon de plusieurs centaines de kilomètres.

On évitera donc un grand nombre de sinistres, quand la télégraphie sans fil deviendra obligatoire dans la marine, comme elle l'est déjà dans quelques pays, et quand sur les côtes, on trouvera des postes transmetteurs et récepteurs.

Cependant les journaux annoncent quelquefois la perte d'un navire dont la boussole a été dérégulée par le passage des ondes électriques. C'est là une erreur ; ces ondes, ainsi que nous l'avons dit, sont des courants alternatifs de haute fréquence qui n'ont aucune action sur l'aiguille aimantée (voir la note page 45).

Il n'en est pas toujours de même pendant les temps orageux, lorsque, sous l'action foudroyante de l'éclair, l'aiguille aimantée s'affole et que les pôles se renversent. Elle peut même perdre ses propriétés magnétiques ; et le navire désorienté ne sait plus de quel côté se diriger. C'est à cette cause qu'il faut quelquefois attribuer la disparition des navires à la suite de violents orages, et non au passage des ondes électriques qui émanent de l'oscillateur.

Sur terre, on pourra aussi utiliser la télégraphie sans fil pour éviter des accidents. Ainsi, en mu-

nissant chaque station d'une antenne, on donnera des indications précises sur la marche des trains ; ce qui pourra être autrement efficace que les disques actuellement employés.

Enfin, au moyen d'une étincelle, on pourra mettre le feu à une mine, faire sauter un pont, sans l'intermédiaire d'un long fil conducteur.

On placera, par exemple, près du pont une pile dont le fil formant circuit sera en contact avec l'amorce de la mine. Là, le fil sera aminci pour qu'il puisse devenir incandescent par le passage du courant, celui-ci étant d'ailleurs interrompu par une tube à limaille.

Dans ces conditions, la pile toujours prête à marcher, n'attend que l'occasion de partir. Si donc on fait jaillir une étincelle à quelques lieues de distance, le courant de la pile s'établit aussitôt, le fil devient incandescent, met le feu à la mine et fait sauter le pont. Nous reviendrons sur ces questions à propos de la télé mécanique.

Nous n'en finirions pas si nous voulions passer en revue tous les avantages que l'on retirera de la télégraphie sans fil, voyons maintenant ses inconvénients.

Inconvénients de la Télégraphie sans fil

La télégraphie sans fil a un peu les défauts de ses nombreuses qualités.

Sa principale qualité provient de l'extrême sensibilité du tube à limaille qui permet de recevoir des dépêches provenant d'une distance considérable ; mais cette sensibilité même est nuisible ; car ce tube peut être impressionné par la moindre étincelle qui éclate dans les environs, ou par la foudre qui gronde dans le lointain. Il en résulte sur le papier Morse, des signes parasites qui brouillent les dépêches.

Enfin les personnes intéressées pourront interrompre complètement toute communication avec un puissant exploseur à étincelles fonctionnant continuellement.

Il est vrai que la télégraphie ordinaire est aussi troublée pendant les temps orageux, et que rien n'est plus facile de supprimer les dépêches en coupant le fil.

Mais ce que l'on reproche le plus à la télégraphie sans fil, c'est que les dépêches ne sont pas se-

crêtes. Nous allons voir comment l'on cherche à remédier à cet inconvénient.

Secret des dépêches

Nous avons vu combien il est avantageux dans la marine de pouvoir lancer une dépêche qui sera reçue par un grand nombre de récepteurs. Cependant, dans bien des cas, cela peut avoir des inconvénients. En temps de guerre, par exemple, il convient d'assurer le secret des dépêches. Comment peut-on y parvenir ?

Nous savons que l'étincelle oscillante est vibrante, et nous avons comparé ses vibrations à celles d'une corde de harpe que l'on tire et que l'on abandonne à elle-même. On sait aussi, qu'en musique, c'est le nombre de vibrations qui caractérise la note. On peut en dire autant des vibrations électriques.

Supposons maintenant que nous ayons deux harpes placées à proximité l'une de l'autre et que nous fassions résonner une corde, le Ré par exemple. Aussitôt après, sous l'influence des vibrations communiquées à l'air, une corde de la seconde harpe résonne à son tour, et c'est précisément celle qui donne la même note que la première.

Ces deux cordes vibreront donc à l'unisson, *et les autres cordes resteront silencieuses*. Ce curieux phénomène porte en acoustique le nom de *résonance*.

En électricité, nous trouvons un phénomène analogue. On peut, du poste transmetteur, lancer des ondes dont le nombre par seconde est déterminé, des ondes possédant par conséquent le ton voulu. Or, d'après la loi de la résonnance, ces ondes ne pourront faire vibrer que le récepteur qu'on aura mis au même ton, les autres ne recevront aucune dépêche.

En d'autres termes, c'est en mettant en concordance le transmetteur et le récepteur, en les *syn-tonisant* (terme consacré) qu'on obtient déjà, dans une certaine mesure, le secret des communications.

Ici, une question vient naturellement à l'esprit. On sait que dans les phares on peut, au moyen d'une lentille, réunir les rayons divergents qui émanent d'un foyer lumineux et les projeter en faisceau parallèle vers un point déterminé.

Pourquoi ne peut-on pas agir de la même façon avec les ondes électriques pour obtenir une plus

grande énergie, atteindre une plus grande portée et en même temps pour faciliter le secret des dépêches ?

Pour cette question nous renvoyons au chapitre suivant.

La télégraphie sans fil est encore à ses débuts et déjà elle a fait les progrès les plus rapides. Elle va en se perfectionnant de jour en jour, elle se vulgarise, se répand partout et d'ici à peu de temps elle rendra les plus grands services. Cette merveilleuse découverte débute, pour ainsi dire avec le xx^e siècle et au point où en sont les choses, on peut prédire que la fée électricité, cette fée mystérieuse, nous prépare pour ce siècle plus d'une surprise : Tels que les courants à haute fréquence, les rayons X, la matière radiante qui ont fait l'étonnement de tous les savants, et qui ébranlent les hypothèses qui paraissaient le mieux établies.

*
* * *

Pour bien comprendre la télégraphie sans fil, il ne suffit pas seulement de connaître les appareils qui produisent les ondes électriques et ceux qui

les reçoivent, il faut encore avoir quelques notions sur les lois qui régissent ces ondes, telles que les lois de la réfraction et de la diffraction : de plus il faut savoir ce qu'on entend par leur longueur et leur fréquence.

Nous dirons comment ces ondes électriques pourraient se transformer en rayons calorifiques, en rayons lumineux, en rayons chimiques, voir même en rayons X ou rayons Röntgen.

Nous traiterons, dans le chapitre suivant, toutes ces questions fort simplement, comme celles qui précédent.

CHAPITRE II

L'ÉTHER ET LES ONDES ÉLECTRIQUES

Hypothèse de l'éther. — Vibrations de l'éther se transformant en ondes électriques, calorifiques et lumineuses. — Nombre des ondes en une seconde ou leur fréquence. — Longueur des ondes. — Peut-on transformer les ondes électriques en ondes lumineuses. — Pourquoi donner le nom d'ondes hertziennes à toutes les ondes électriques ? — Les ondes énergiques de Feddersen. — Pourquoi ne peut-on pas réfléchir utilement les ondes électriques comme les ondes lumineuses ? — La réflexion et la diffraction. — Pourquoi ne peut-on pas se servir des ondes hertziennes pour la transmission lointaine ? — Distance considérable qui sépare les séries d'ondes électriques. — Substances transparentes et substances opaques pour les ondes électriques.

L'éther, d'après une hypothèse, est un fluide très subtil qui est présent partout dans l'air, dans

le vide le plus parfait et dans tout l'univers : Il est impondérable ⁽¹⁾.

On suppose aussi que le soleil et les étoiles sont en continuelles vibrations, et que ces vibrations en se communiquant à l'éther, se propagent en ondes lumineuses dans toutes les directions ; de même que la cloche ébranlée par le choc communique à l'air des ondes sonores.

Sans l'air, la cloche ne produit aucun son ; sans

(1) Le mot impondérable signifie que nous ne pourrions pas, avec les moyens connus, mesurer la pesanteur de l'éther. Combien de substances sont dans le même cas ? Ainsi un morceau de musc peut émettre des flots de particules odorantes, pendant un grand nombre d'années, sans que cette émission soit appréciable aux balances les plus sensibles.!

M. Berthelot s'est livré à ce sujet à d'intéressantes recherches. D'après ses calculs, 1 gramme de musc perdrait seulement 1 milligramme en *cent mille* ans, remplissant un espace considérable de particules infiniment petites. En pareille circonstance et en beaucoup d'autres, la matière devient impondérable comme l'éther, et la balance des chimistes reste sans emploi : Cependant bien des personnes seraient incommodées, après quelques heures, par cette forte odeur de musc qui se renouvelle sans cesse. (Voir les Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 21 mai 1904).

l'éther, le soleil ne pourrait nous envoyer ni chaleur, ni lumière.

Ajoutons que sans éther, l'étincelle électrique ne pourrait communiquer ses vibrations et se propager dans l'espace en ondes électriques.

L'hypothèse de l'éther suffit à expliquer tous les phénomènes actuellement connus des ondes électriques, calorifiques et lumineuses. Ces différentes ondes sont, ainsi que nous allons le voir, comme trois notes musicales dont le nombre de vibrations va en augmentant.

FRÉQUENCE DES ONDES ÉLECTRIQUES

Peut-on transformer les ondes électriques en ondes lumineuses ?

Par le mot *fréquence*, on désigne le nombre des ondes électriques qui se succèdent en une seconde. Cette fréquence se détermine au moyen d'un miroir tournant.

D'après ce qui précède, un corps porté à une haute température, un morceau de fer rouge par exemple, communique à l'éther des vibrations

extrêmement fréquentes qui nous donnent la sensation de la chaleur et de la lumière.

Eh bien, pourrait-on, avec un oscillateur analogue à celui de Hertz, imprimer à l'éther des vibrations assez rapides pour transformer les ondes électriques en ondes lumineuses qui se propageraient, de la même façon, à de grandes distances ?

Hertz, avec son oscillateur, a pu produire d'abord 50 millions de vibrations électriques par seconde, il a ensuite porté ce chiffre à 500 millions.

On ne s'est pas arrêté là : M. Rigbi, physicien italien, et après lui, M. Bose, savant de Calcutta, sont arrivés au nombre de 50 milliards.

Toutes ces ondes électriques dont la fréquence va depuis 50 millions jusqu'à 50 milliards, sont généralement désignées sous le nom d'*ondes hertziennes*. On connaissait depuis longtemps les étincelles oscillantes qui communiquent à l'éther des ondes électriques ; mais c'est Hertz qui a eu le mérite de découvrir les ondes rapides qui manquaient à la gamme électrique ; elles correspondent aux vibrations fréquentes de l'air qui donnent les sons aigus.

Hertz n'a pas seulement découvert les ondes électriques qui portent son nom, il en a également étudié les propriétés, et c'est là la partie la plus importante de son œuvre.

Il est parvenu à démontrer que les ondes électriques suivent les mêmes lois de la réflexion et de la réfraction que les ondes lumineuses et qu'elles se propagent dans l'espace avec la même vitesse.

Enfin, d'après ses recherches, la *seule différence* qui existe entre les vibrations électriques et les vibrations lumineuses, c'est que ces dernières sont beaucoup plus rapides ⁽¹⁾.

On peut donc supposer que si au moyen d'un oscillateur, on imprimait à l'éther des vibrations plus fréquentes, les ondes électriques se transformeraient en ondes lumineuses. Il n'est pas question ici de la lumière donnée par l'étincelle qui éclate entre les deux boules de l'oscillateur, mais des rayons lumineux qui se répandraient au loin et qui seraient produits par les vibrations plus rapides de l'éther.

(1) Les trois mots suivants : *vibrations*, *ondes*, *rayons* sont synonymes. On dit indifféremment rayons ou ondes électriques.

Cependant c'est là une hypothèse (1) qu'il est difficile de vérifier, car jusqu'à présent on n'a pu dépasser une fréquence de 50 milliards, et il faudrait pour que la lumière devint sensible, porter ce chiffre à 500 trillions, par seconde, soit à un nombre dix mille fois plus grand.

C'est, en effet, sous un pareil nombre de vibrations de l'éther, que l'œil commence à vibrer à l'unisson et nous donne la sensation des premiers rayons rouges, et si la fréquence augmentait de plus en plus on verrait apparaître successivement, les rayons oranges, jaunes, verts, bleus, indigos, et enfin les derniers rayons violets, avec 750 trillions de vibrations. Au delà l'œil n'est plus impressionné ; les rayons lumineux s'évanouissent, et les rayons chimiques commencent.

On voit la grande analogie qui existe entre le son et la lumière. Les vibrations de l'air dont la

(1) Telle est l'hypothèse de Maxwell d'après laquelle les ondes lumineuses, comme les ondes électriques, seraient dûes à des *courants alternatifs de haute fréquence*. Cette hypothèse faite en 1875 se trouve pour ainsi dire confirmée, vingt-cinq ans après, par les belles expériences de Hertz.

fréquence va en augmentant donnent successivement les sept notes de la gamme. Les vibrations se font-elles dans l'éther, entre certaines limites, l'on voit apparaître, les unes après les autres, les sept couleurs de l'arc-en-ciel.

Le soleil nous envoie en même temps tous ces rayons lumineux qui, par leur juxtaposition, constituent la lumière blanche accompagnée des rayons calorifiques et chimiques, mais on n'y découvre aucune onde électrique. Ces dernières ondes sont peut-être absorbées par l'atmosphère solaire.

Ne restons pas en chemin et allons jusqu'au bout en supposant que les vibrations de l'éther deviennent encore plus rapides.

Nous sommes arrivés aux rayons chimiques qui commencent avec une fréquence de 800 à 900 trillions; viennent ensuite des rayons, de tout genre, qu'on a découverts récemment et qui sont encore bien mystérieux, les rayons N de Blondlot, par exemple. Enfin les fameux rayons X ou Roentgen prennent naissance. Selon quelques auteurs leur fréquence serait 6.000 fois plus grande que celle des rayons rouges. (Voir l'Appendice).

Et tous ces différents rayons nous harcèlent, sans que nous puissions nous en rendre compte, parce que nous n'avons qu'un fort petit nombre de sens, et encore ne sont-ils pas très sensibles.

L'Univers est plein de forces ignorées qu'on ne découvre que lorsqu'on possède des appareils ou des réactifs capables de les révéler, tels que la plaque photographique et le tube à limaille qui sont d'une sensibilité extrême.

Longueur des ondes électriques

Supposons qu'en A se trouve une étincelle qui ne cesse de vibrer pendant une seconde, et que les ondes électriques se propagent vers un point B situé à 300.000 kilomètres plus loin (fig. 40).

De même que les ondes liquides formées à la surface d'un lac, après la chute d'une pierre, se propagent en passant alternativement au-dessus et au-dessous de la ligne de niveau; de même les ondes électriques produites par l'étincelle A se propageront le long de la ligne AB en prenant le même mouvement d'oscillation. Après une seconde elles arriveront en B et partageront, en ce moment précis, la ligne AB en parties égales.

La ligne sinueuse AMNO forme une onde complète, et la ligne AO représente sa longueur.

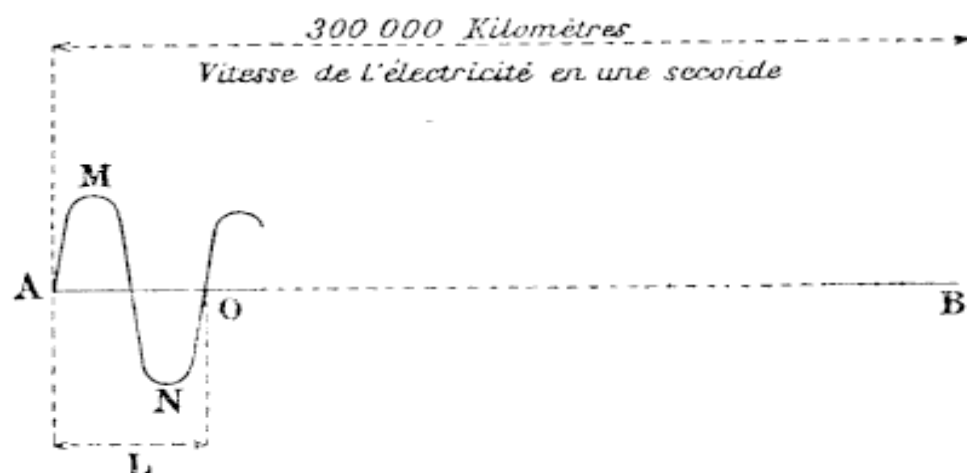


Fig. 10. — L, longueur d'une onde.

On obtiendra cette longueur en divisant la ligne AB par le nombre des ondes en une seconde. Si cette fréquence est de 100 millions, la longueur L d'une onde sera donc :

$$L = \frac{300.000.000 \text{ mètres}}{100.000.000} = 3 \text{ mètres.}$$

En désignant par F la fréquence ; et par V, la vitesse constante de l'électricité, on aura la formule :

$$L = \frac{V}{F} \quad \text{d'où} \quad L \times F = V.$$

Ainsi, la longueur L d'une onde est en raison inverse de sa fréquence F : Connaissant l'une de ces deux quantités, on en déduit l'autre.

EXEMPLE. — Nous pouvons maintenant nous rendre compte de la longueur des ondes obtenues par Hertz lui-même : nous avons vu qu'il a produit des ondes dont la fréquence varie entre 50 millions et 500 millions : En faisant la division indiquée ci-dessus, on voit que la longueur des véritables ondes hertziennes est comprise entre 6 mètres et 6 décimètres.

Pourquoi donner à toutes les ondes électriques le nom d'ondes hertziennes ? Les ondes énergiques de Feddersen.

Les ondes hertziennes ne sont pas les seules ondes électriques, cependant quelques auteurs donnent ce nom à toutes les ondes électriques quelle que soit leur origine. Il convient de rendre à chacun ce qui lui appartient.

Nous avons déjà dit que les ondes électriques étaient connues avant Hertz : en effet, c'est en 1858

que Feddersen a su produire, le premier, des étincelles oscillantes par la décharge de la bouteille de Leyde, et ces étincelles suivant leur énergie, provoquent des ondes électriques de 50, 100, 500 mètres de longueur et même davantage.

On arrive à de grandes longueurs d'ondes en déchargeant, dans certaines conditions, plusieurs bouteilles de Leyde ou une batterie de bouteilles.

Ainsi, dès l'année 1858, avec des ondes électriques plus ou moins énergiques obtenues par Feddersen, on aurait pu faire usage de la télégraphie sans fil, aussi bien pour les petites distances que pour les grandes, si les propriétés du tube à limaille eussent été connues.

C'est seulement en 1887 que Hertz découvrit des ondes beaucoup plus petites dont la longueur varie de 6 mètres à 6 décimètres, et nous avons vu que Righi et ensuite Bose en continuant les expériences de Hertz, étaient arrivés à une longueur d'onde de 6 millimètres.

On ne devrait donc donner le nom d'ondes hertiennes qu'aux petites ondes obtenues par Hertz lui-même et par ceux qui lui ont succédé, et non aux grandes ondes énergiques qui ont été décou-

vertes 30 ans avant lui et qui servent aujourd'hui à la transmission lointaine des dépêches.

Ajoutons, pour être à peu près complet, que M. Blondlot a aussi produit, avec son oscillateur, des ondes électriques dont la longueur est de 30 mètres environ.

En résumé, on a pour toutes ces ondes :

Désignation	Longueur d'onde	Fréquence ou nombre de vibrations en une seconde
Feddersen, ondes parmi les plus longues . . .	600 mètres	500 mille
Blondlot	30 mètres	10 millions
Hertz, longueur des ondes les plus courtes . . .	0 ^m ,6	500 millions
Righi et Bose, longueur des ondes les plus courtes .	0 ^m ,006	50 milliards
Ondes lumineuses, rayons rouges	0 ^m ,0000006	500 trillions

Nous avons fait suivre, dans ce tableau, les dernières ondes électriques des premières ondes lumineuses pour montrer la grande distance qui les sépare : en effet, pour les rayons lumineux, la fréquence devient 10.000 fois plus grande, et par con-

séquent la longueur de l'onde, 10.000 fois plus petite. Si l'on pouvait fixer sur une plaque photographique les vibrations d'un rayon rouge, on verrait, au moyen d'un microscope, plus de 1.600 ondulations sur la longueur d'un seul millimètre !

Pourquoi ne peut-on pas réfléchir utilement les ondes électriques ? — Comparaison entre les ondes électriques et les rayons lumineux.

(Réflexion et diffraction)

Réflexion. — Nous avons vu combien les ondes lumineuses étaient petites ; elles sont même microscopiques et pourraient onduler largement dans l'épaisseur de la ligne la plus fine que nous puissions tracer ⁽¹⁾. Elles se propagent, pour ainsi dire, suivant une droite géométrique. Il en résulte que les rayons lumineux tombant sur un miroir plan font un angle d'incidence égal à l'angle de réflexion.

(1) On peut à peine apercevoir une ligne dont l'épaisseur est de $1/20$ de millimètre ; au delà, l'œil a perdu tout pouvoir, et il faut avoir recours au microscope.

D'après cette même *loi de la réflexion*, on peut réunir, au moyen d'un miroir concave, tous les rayons divergents qui émanent d'un point lumineux et les projeter en un faisceau parallèle vers une direction déterminée, ainsi qu'on le fait dans les phares au moyen d'une lentille.

Si l'on pouvait agir de même avec les ondes électriques on augmenterait considérablement leur portée et le secret des dépêches serait plus facile à obtenir; mais la longueur de ces ondes est trop grande pour qu'on puisse les concentrer d'une manière efficace.

D'après M. Poincaré, pour réunir en un faisceau parallèle des ondes hertziennes de quelques mètres de longueur, il faudrait donner à la lentille un diamètre de plusieurs kilomètres, et pour réunir de la même façon des ondes de plusieurs centimètres, il faudrait encore des lentilles de telles dimensions qu'il serait impossible de les construire.

Il est vrai que Righi et Bose ont obtenu des ondes plus courtes que celles de Hertz, des ondes de 5 à 6 millimètres, mais on ne peut les produire qu'avec des oscillateurs accumulant très peu d'é-

lectricité, c'est-à-dire très peu d'énergie; il en résulte qu'elles sont trop faibles pour être utilisées dans la télégraphie sans fil (Poincaré).

Diffraction. — Ainsi les ondes électriques sont d'autant plus difficiles à réfléchir qu'elles deviennent plus longues; mais en augmentant de grandeur, elles acquièrent, par cela même, des propriétés *contraires* qui leur sont beaucoup plus avantageuses pour la télégraphie sans fil : ces propriétés sont dues à un phénomène appelé *diffraction*.

Les ondes électriques, grâce à leur diffraction, ne sont pas arrêtées par l'obstacle qu'elles rencontrent, elles s'écartent de leur direction et continuent leur chemin.

La diffraction est d'autant plus accentuée que les ondes électriques sont grandes.

C'est pour cette raison que les grandes ondes électriques projetées par une puissante étincelle peuvent contourner un corps opaque et l'éclairer, si je puis m'exprimer ainsi, dans toutes les parties opposées; tandis que les rayons lumineux, avec leurs ondes extrêmement petites, se dirigent sen-

siblement en ligne droite et laissent à peu près dans l'ombre géométrique toutes les parties du corps qu'ils ne frappent pas directement ; leur diffraction étant insignifiante.

La grande diffraction des ondes électriques est d'une importance capitale pour la télégraphie sans fil à longue portée. Nous allons nous en rendre compte.

Pourquoi ne peut-on pas se servir des ondes hertziennes pour la transmission lointaine ?

Pour que les ondes électriques puissent se propager à de grandes distances, il faut non-seulement qu'elles soient énergiques, mais encore qu'elles soient très allongées ; ce qui d'ailleurs est une conséquence de leur énergie. C'est de cette façon qu'elles franchissent facilement les collines et montagnes et qu'elles pourraient faire le tour du globe terrestre en suivant sa convexité.

Ces grandes ondes, avec leur diffraction importante, permettent de communiquer entre deux points très éloignés qui ne sont pas en regard.

Il n'en est plus de même des petites ondes hertziennes à faible diffraction. Elles ne peuvent pas contourner aussi facilement les obstacles, et l'obstacle le plus important sur mer est dû à la rotondité même du globe. Voilà, avec leur *faible énergie* ⁽¹⁾, ce qui limite la portée de ces petites ondes, et ce qui limite encore davantage la portée des rayons lumineux dont les ondes microscopiques rendent la diffraction presque nulle. Aussi les phares doivent-ils être très élevés au-dessus de la mer pour dominer le plus possible sa courbure, et malgré leur hauteur, ils ne peuvent projeter la lumière qu'à une faible distance, même par le temps le plus favorable.

EN RÉSUMÉ. — Lorsqu'il s'agit d'une transmission lointaine, il faut remplacer les ondes peu énergiques de Hertz par les fortes ondes que Feddersen a obtenues par la décharge des bouteilles de Leyde.

C'est le moyen que M. Marconi a employé pour communiquer de Douvres à Boulogne par dessus

(1) Jusqu'à présent, on n'a pu donner aux ondes hertziennes une grande énergie : plus leurs ondes deviennent petites, plus leur intensité va en diminuant.

le Pas-de Calais et de Calvi à Antibes, par dessus la Méditerranée.

Il se servait, au poste transmetteur, d'une douzaine de bouteilles de Leyde que l'on chargeait avec une bobine de Ruhmkorff. Grâce à leur grande capacité et à l'énergie électrique qu'elles peuvent accumuler, ces bouteilles, en se déchargeant, produisaient des ondes très développées, très énergiques qui se propageaient fort loin.

Le lieutenant de vaisseau Tissot a évalué directement la fréquence de ces ondes au moyen du miroir tournant, et il en a déduit qu'elles n'avaient pas moins de 600 mètres de longueur. Nous voilà loin des ondes hertziennes dont les plus grandes n'ont que 6 mètres.

Distance considérable qui sépare les séries d'ondes électriques

Nous avons déjà dit que l'explosion d'une étincelle est presque instantanée (pas un millionième de seconde) et que c'est pendant ce temps infiniment petit qu'elle vibre et communique à l'éther une série d'ondulations.

Supposons maintenant que l'oscillateur du poste transmetteur puisse produire une étincelle énergétique après chaque $\frac{1}{100}$ de seconde; comme l'électricité parcourt 3.000 kilomètres en $\frac{1}{100}$ de seconde, il en résulte que la première série d'ondes sera déjà à 3.000 kilomètres quand la seconde série partira, et ainsi de suite. Elles se succéderont donc tous les centièmes de seconde en laissant entre elles un intervalle de 3.000 kilomètres.

Si donc ces séries d'ondes ont assez d'énergie pour faire le tour de la terre, il n'y aura, lorsque la première reviendra à son point de départ, que 13 à 14 séries se partageant cette énorme distance; en effet, 13×3.000 kilomètres égalent à peu près 40.000 kilomètres, soit le tour de la terre.

Quant à la longueur de chacune des séries d'ondes, elle n'est rien auprès de l'espace considérable qui les sépare, ainsi que nous allons le voir.

Un savant, pour donner une idée frappante des choses qui se passent en cette circonstance,

disait que les séries d'ondes électriques se suivraient dans l'espace, comme les gouttes d'eau qui tomberaient une à une toutes les 24 heures ⁽¹⁾.

Nous avons supposé, il est vrai, que les étincelles éclataient tous les $\frac{1}{100}$ de seconde ; si elles étaient de plus en plus fréquentes, il est évident que les séries d'ondes seraient de plus en plus rapprochées ; mais il n'est guère possible de produire plus de 100 étincelles par seconde ; car entre deux étincelles, il faut avoir le temps de charger les puissants appareils du poste transmetteur. Nous ne sortons pas ici de notre question, celle de la télégraphie sans fil à longue distance qui ne peut s'obtenir qu'avec des étincelles très énergiques.

En cette circonstance, l'expérience du miroir tournant démontre que l'étincelle ne communique à l'éther qu'un *petit nombre* d'ondes électriques dont la hauteur ou l'amplitude décroît rapidement (fig. 11).

(1) Dans les livres de physique, on représente souvent les séries d'ondes comme si elles se touchaient en se suivant : en réalité, elles sont toujours séparées les unes des autres par des distances considérables.

Toute l'énergie de l'étincelle se trouvant ainsi concentrée dans une *courte série* de vibrations, il en résulte que celles-ci agissent *brusquement* sur

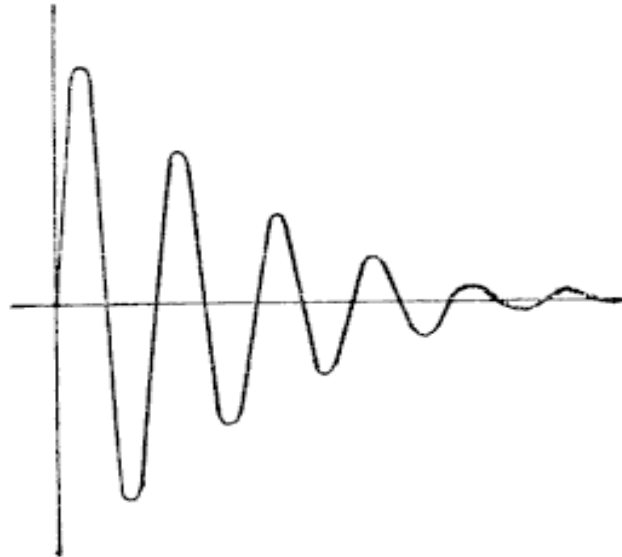


Fig. 11. — Une série d'ondes électriques fournie par une étincelle.

le tube à limaille et que cette action, comparable à un choc, se fait sentir jusqu'à une distance considérable.

Substances transparentes et substances opaques aux ondes électriques

Il était important de connaître les corps qui laissent passer ou qui arrêtent les ondes électri-

ques ; c'est-à-dire les corps transparents ou opaques. Des recherches ont été faites à ce sujet par M. Branly en 1890 ; voici les résultats obtenus.

Les ondes électriques ne se propagent pas seulement à travers l'air, mais encore à travers d'autres corps mauvais conducteurs, tels que le verre, le caoutchouc, l'huile, le bois, la pierre, les cloisons et les murailles.

Elles traversent l'eau pure ; tandis qu'elles sont arrêtées par l'eau salée et les dissolutions métalliques.

Si l'on enferme le poste récepteur entier : pile, tube à limaille, appareil Morse dans une caisse de bois, ou dans une cage de verre et même dans un massif de maçonnerie, les étincelles qui jaillissent dehors peuvent y transmettre une dépêche : Il en serait encore de même si la caisse ou la cage de verre étaient placées au fond d'un fleuve ; mais si elles se trouvaient dans la mer, à quelques décimètres au-dessous de son niveau, l'action de l'étincelle deviendrait nulle.

Les ondes électriques ne peuvent, dans aucune circonstance, pénétrer dans une caisse de fer parfaitement close, ni dans une cage également mé-

tallique et à mailles serrées, sans l'intermédiaire d'une antenne placée dans des conditions convenables.

Pour communiquer avec un sous-marin, par exemple, l'antenne est doublement nécessaire, à cause de l'enveloppe métallique du navire et de l'eau de mer qui l'entoure.

*
* *

Voilà donc des ondes qui nous entourent et nous pénètrent sans que nous puissions nous en apercevoir par aucun de nos sens ; des ondes qui cheminent de tous côtés, contournant les obstacles, traversant les cloisons et les murailles pour transporter une dépêche avec la vitesse de la lumière et la déposer au fond d'une boîte fermée ou au milieu d'un massif de pierres. Et il suffit pour cela de quelques étincelles lancées dans l'espace. C'est merveilleux !

*
* *

Si l'on avait annoncé, il y a quelques années, qu'on arriverait bientôt à un pareil résultat, les uns auraient nié, *à priori*, en répétant cette for-

mule : « Cela est impossible, donc cela n'est pas. » D'autres auraient dit qu'une pareille chose relève de la sorcellerie et que l'on ne doit pas y croire. Mais les plus prudents admettent, en principe, la possibilité de toute chose et se gardent bien de nier quoi que ce soit. Ils étudient et cherchent la cause des faits, car ils savent que ce qui, aujourd'hui, paraît impossible pourra se faire demain facilement.

CHAPITRE III



DERNIÈRES NOUVELLES

M. Marconi est parvenu à projeter des ondes électriques d'Amérique en Angleterre. — Obstacle le plus important à surmonter. — Le journal de bord. — La télégraphie sans fil à travers l'Amérique du Sud entre les rives de l'océan Atlantique et celles de l'océan Pacifique. — La télégraphie sans fil de la tour Eiffel aux frontières de l'Est. — Progrès rapides de la télégraphie sans fil.

Déjà nous avons parlé des expériences que M. Marconi poursuivait dans le but d'établir des communications entre l'Amérique et l'Angleterre par la télégraphie sans fil.

Nous apprenons en ce moment que ses efforts ont été couronnés de succès. Pour la première fois, il a pu communiquer entre les deux pays, au moins pour des essais.

Grâce à la puissance considérable des appareils établis au cap Lizard en Angleterre et au cap Breton au Canada, on obtint des ondes très énergiques, très longues et possédant par conséquent une grande diffraction. C'est ainsi qu'elles se propagèrent d'un continent à l'autre, en suivant la surface de l'Océan et en surmontant continuellement sa convexité sur une distance de 4.500 kilomètres. Cette convexité, pour une pareille distance, est énorme, elle est de 394 kilomètres. Elle représente une montagne de forme arrondie qui aurait cette même hauteur et qui se trouverait entre le point de départ en Amérique et le point d'arrivée en Angleterre ⁽¹⁾.

Nous avons déjà dit que, sur mer, l'obstacle le plus important à la propagation des ondes est dû à la rondité même du globe.

On ne sait vraiment ce qu'il y a de plus surprenant dans ce résultat, ou les ondes électriques

(1) Un phare qui serait établi au cap Breton devrait avoir une hauteur de 2.000 kilomètres, soit 500 fois la hauteur du Mont-Blanc, pour dominer la courbure de la mer, et pouvoir projeter des rayons lumineux vers un navire qui doublerait le cap Lizard.

que l'on parvient à projeter à des distances aussi considérables, ou l'extrême sensibilité du tube de Branly qui peut les percevoir à leur passage et répondre à leur appel.

*
* * *

Ainsi cette limaille métallique, cette matière qui paraît brute et inerte, est au contraire d'une sensibilité extrême, elle est physiquement plus impressionnable que nos organes les plus délicats.

L'esprit reste confondu par de pareils faits et nous entrons dans l'au-delà de la science.

Le journal de bord

Quel que soit l'avenir de ces communications directes à grandes distances, entre les deux continents, il reste établi que depuis le moment de l'embarquement jusqu'à celui de l'arrivée, les passagers peuvent correspondre entre New-York et Londres : En effet, tous les transatlantiques qui font ce trajet sont munis des appareils de la télégraphie sans fil, et, en cours de route, ils se transmettent les uns aux autres les dépêches venant de Londres jusqu'à New-York et réciproquement.

C'est de cette façon que tous les jours, l'on peut imprimer sur chaque bateau un journal de bord donnant les nouvelles les plus importantes du monde entier, et le cours de la Bourse ; et que les capitaines font, d'un navire à un autre, des parties d'échecs pour combattre les ennuis de la traversée.

La télégraphie sans fil dans l'Amérique du Sud

Après la transmission des dépêches par dessus l'Atlantique, nous arrivons aux communications à travers l'Amérique du Sud, au moyen de la télégraphie sans fil.

C'est le Pérou qui entreprend ce grand travail.

Déjà une communication existe entre Lima et Puerto-Bermudès, au-delà des Cordillères ; on continuera ensuite vers Iquitos-sur-l'Amazone. C'est une distance de 1 000 kilomètres à franchir : on le fera au moyen de trois stations intermédiaires.

Enfin, on parle déjà de continuer le service d'Iquitos à Para en suivant l'Amazone sur toute sa longueur, ce qui relierait le Brésil au Pérou,

des rives de l'Océan Atlantique à celles de l'Océan Pacifique, et d'étape en étape on fera bientôt le tour du monde.

Dans cette entreprise, il était impossible d'employer la télégraphie ordinaire ; car l'on traverse des pays habités par des Indiens. Ne comprenant rien aux fils tendus sur des poteaux, et les soupçonnant d'être des agents malfaisants, ils détruisaient le réseau à peine établi. Les indigènes de l'Afrique expriment également la plus grande animosité contre toutes ces inventions qui envahissent leur pays sous prétexte de civilisation, inventions qui ne leur disent rien qui vaille.

Télégraphie sans fil de la tour Eiffel à la frontière de l'Est

Les essais de la télégraphie sans fil que le Génie poursuivait depuis près de trois ans pour mettre en communication directe la tour Eiffel avec notre frontière de l'Est, viennent de donner des résultats satisfaisants.

Déjà, l'an dernier (1904), le poste du capitaine Ferrié situé au Champ-de-Mars transmettait des

dépêches à Verdun au moyen d'antennes placées au faite de la Tour Eiffel, mais la correspondance n'était pas toujours parfaite.

A la suite d'essais nouveaux, le capitaine Ferrié vient d'obtenir des communications absolues, avec Châlons, Verdun, Belfort et tous nos forts de l'Est.

Nous verrons toutefois qu'il ne faut pas avoir une entière confiance dans les services que ces communications rendront en temps de guerre.

*
* *

L'on voit par les exemples qui précèdent, combien la télégraphie sans fil s'est développée en peu de temps : jamais invention n'a marché aussi vite, puisque la découverte du tube de Branly ne date que de 1890.

*
* *

Nous avons dit que la télégraphie sans fil avait encore des défauts ; mais ce sont là des défauts de jeunesse qui disparaîtront avec l'âge. Le tube à limaille n'a pas dit son dernier mot.

CHAPITRE IV

QUEL EST L'INVENTEUR DE LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL ?

Il convient maintenant de dire quelle est la part qui revient à chacun dans cette merveilleuse découverte.

C'est en 1890 et 1891 que M. Branly a fait connaître par des communications à l'Académie des Sciences, à la Société française de physique, à la Société française internationale des électriciens, au journal « La lumière électrique » et à quelques revues scientifiques, la propriété surprenante du tube à limaille, *sans lequel il n'y aurait pas de télégraphie sans fil.*

C'est à cette époque que M. Branly a fait son expérience fondamentale qui est *l'image de la télégraphie sans fil.*

En effet, il se servait comme maintenant de deux postes : un poste transmetteur où il produisait des étincelles, et un poste récepteur contenant un tube à limaille et un galvanomètre intercalés dans le circuit d'une pile. Au moyen des étincelles, il provoquait à volonté des déviations de l'aiguille aimantée. C'est par de semblables déviations de l'aiguille que l'appareil Wheatstone a fonctionné pendant si longtemps en Angleterre pour la communication des dépêches dans la télégraphie avec fil.

Dans les expériences du début les actions se produisaient entre deux postes à une distance de plus de 20 mètres à travers les cloisons et les murailles. Elles se produisaient encore à l'air libre à plus de 100 mètres.

Enfin M. Branly a montré par ses expériences qu'on augmente la portée des dépêches en faisant usage, aux deux postes, de tiges métalliques, auxquelles on a donné plus tard le nom d'antennes.

Telles sont toutes les expériences fondamentales que M. Branly a faites pour la première fois en 1890 et qu'il a répétées souvent dans des conférences. Pour tous ceux qui connaissent l'import-

tance capitale des faits ci-dessus, *la télégraphie sans fil était inventée dès cette époque.*

Les mêmes appareils peuvent servir à de grandes distances en employant des antennes élevées et des étincelles énergiques. Ils devront nécessairement subir les perfectionnements qui sont inhérents à toute nouvelle invention que l'on met en pratique, mais cela ne change en rien le principe.

Cependant ces résultats surprenants passent inaperçus en France et il faut qu'elles nous reviennent d'Angleterre pour attirer notre attention.

*
* * *

Voyons maintenant le rôle de M. Marconi.

Il reprend plus tard les expériences de M. Branly, il remplace le galvanomètre système Wheatstone par l'appareil Morse pour ne rien changer aux habitudes ⁽¹⁾ et avec une persévérance infatigable,

(1) L'appareil Wheatstone ne communique les dépêches que par les oscillations de l'aiguille aimantée du galvanomètre. Il a l'inconvénient de ne laisser aucune trace écrite; il n'en est pas de même de l'appareil Morse qui imprime la dépêche. Cependant ce dernier appareil a aussi ses défauts, c'est d'exiger un grand

il fait croître la distance des postes en augmentant surtout la hauteur des antennes et l'énergie des étincelles. Il arrive ainsi, pas à pas, de kilomètre en kilomètre aux expériences sensationnelles de Douvres à Wimereux près de Boulogne.

Et, avec une loyauté qui lui fait le plus grand honneur, M. Marconi voulut que sa première dépêche fut pour M. Branly. C'est ainsi qu'il rendit hommage à l'inventeur.

Enfin, M. Marconi a pu obtenir une communication entre les Etats-Unis et l'Angleterre. Son mérite est grand, l'entreprise était difficile. Il a

nombre de brèves et de longues pour exprimer chaque lettre de l'alphabet, plusieurs même de ces lettres demandent une combinaison de cinq signes, comme pour tous les chiffres d'ailleurs : Ainsi pour écrire le millésime 1906, il faut une combinaison de 10 longues et de 40 brèves, soit 20 signes.

Ce n'est pas tout : la ponctuation, chose si importante dans certaines dépêches, est des plus compliquées. Exemple : un point (.) s'exprime par une série de cinq brèves, et la simple virgule (,) par trois brèves et trois longues dans l'ordre suivant . Il en est de même de toutes les autres ponctuations.

Toutes ces complications sont la cause de nombreuses erreurs. Il y a là un progrès très important à réaliser.

heureusement résolu tous les problèmes qui se sont présentés. Il lui a fallu le secours du Post Office et d'une puissante société financière. L'Angleterre n'a pas marchandé son appui.

Pendant ce temps, M. Branly continuait ses recherches avec les faibles ressources de son laboratoire et il vient de faire une nouvelle application des plus surprenantes du tube à limaille, nous voulons parler de la *télé mécanique*. Nous rendrons compte, dans le chapitre suivant, d'une conférence qu'il a faite à ce sujet, le 30 juin 1905, dans la salle du Trocadéro, devant un auditoire de 5000 personnes.

Nous dirons en terminant ce chapitre les noms de savants qui ont le plus contribué à la création et au perfectionnement de la télégraphie sans fil. Après MM. Branly et Marconi, ce sont, par ordre alphabétique :

M. Braun, professeur en Allemagne. — M. Cervera, capitaine en Espagne. — M. Ducretet, constructeur à Paris (1). — M. Ferrié, capitaine du

(1) M. Ducretet est le premier qui ait construit des appareils utilisables pour les postes de télégraphie sans fil.

génie en France. — M. Lodge, professeur en Angleterre. — M. Popof, professeur en Russie. — M. Rochefort, ingénieur en France. — M. Slaby, professeur en Allemagne. — M. Tissot, lieutenant de vaisseau en France.

CHAPITRE V



LA TÉLÉMÉCANIQUE

Ce que l'on peut faire dans une forteresse
abandonnée.

Il est ici question d'une nouvelle découverte de M. Branly, découverte à laquelle il a donné le nom de télé mécanique. Les nouveaux appareils qui en dépendent ont été imaginés et construits par l'inventeur.

La télé mécanique donne le moyen de commander, à distance, différentes machines par les ondes électriques, dans des conditions des plus variées.

L'organe essentiel de cette découverte est toujours le tube de Branly et l'on peut dire que la télégraphie sans fil est une application fort simple

de la télé mécanique : En effet, nous avons vu que, sous l'action d'une étincelle lancée à distance, l'électro-aimant de l'appareil Morse s'anime, et que son levier inscrit un point sur la bande de papier. Ce résultat est-il obtenu, il faut une seconde étincelle pour marquer un second point et ainsi de suite. Le mouvement mécanique alternatif de cet appareil est donc instantané, instantané comme l'étincelle qui lui a donné naissance.

Mais, dans la plupart des cas, il est indispensable que la machine mise en mouvement continue son travail quand l'étincelle qui l'a entraînée cesse d'agir, et il est non moins utile de pouvoir l'arrêter à volonté par une nouvelle étincelle.

Enfin, dans certaines circonstances, il peut être avantageux de conduire, à grande distance, plusieurs machines à la fois ou successivement, *sans même les voir*.

Voilà le véritable but de la télé mécanique, problème fort difficile à résoudre. Il était réservé à M. Branly d'en trouver une solution complète.

Disons d'abord que dans la télé mécanique comme dans la télégraphie sans fil à grande portée, on se sert d'un oscillateur auquel sont annexées

des bouteilles de Leyde. Les décharges instantanées de ces bouteilles donnent lieu à des étincelles dont les vibrations électriques se propagent très loin.

Nous allons présenter quelques expériences de la télémechanique, nous verrons ensuite comment on peut les réaliser.

Comme exemple, nous supposerons une forteresse qu'on a dû abandonner après avoir eu le temps d'y faire *certaines préparatifs*.

Eh bien, à 10 ou 20 lieues de cette forteresse, un opérateur, assis dans sa chambre devant un oscillateur, pourra, en pressant un bouton, allumer un phare sur une tour, l'éteindre et le rallumer autant de fois qu'il le voudra ; sur une autre tour, il fera agiter les bras d'un sémaphore ; enfin il pourra fermer des portes, ouvrir des écluses, soulever des ponts-levis, et, à un moment donné, s'il le juge convenable, il mettra le feu à une mine et fera sauter la forteresse.

Mais, dira-t-on, comment l'opérateur est-il au courant des effets qu'il produit, puisqu'il est trop loin pour les voir, trop loin pour les entendre ?

Nous entrons de plus en plus dans le domaine

de la féerie ; car l'opérateur fût-il enfermé dans sa cabine à 20 lieues de la forteresse abandonnée, qu'il n'en recevra pas moins des dépêches automatiques. En effet, dans cette forteresse se trouve également un oscillateur qui produit, ainsi que nous le verrons, des étincelles à intervalles réguliers, et ces étincelles déterminent l'inscription de dépêches sur un papier Morse qui se déroule devant l'opérateur. Il voit donc, comme dans un miroir, tous les phénomènes qu'il provoque dans la place forte et peut agir en conséquence.

En résumé, par les ondes électriques qu'il envoie, l'opérateur commande les différentes machines enfermées dans la citadelle, et par les ondes automatiques qu'il en reçoit, il est tenu au courant de toutes les opérations et peut les suivre dans leurs phases comme s'il était sur les lieux mêmes.

Voilà bien l'action mécanique à distance, sans aucun intermédiaire matériel, que les médiums de nos jours espèrent obtenir par leur seul fluide.

Donnons encore quelques exemples fort curieux de la télémechanique.

On pourra diriger un aérostat sans aéronaute.

On le fera monter, évoluer dans l'air, à grande distance, puis revenir et descendre à son point de départ ⁽¹⁾.

De même on dirigera un sous-marin.

Déjà on vient de faire à Antibes des expériences sensationnelles d'un sous-marin construit au Creusot sur les plans de l'ingénieur Lalande.

Ce torpilleur, sans équipage, évolue dans tous les sens, obéissant aveuglement aux étincelles lancées du rivage. Il va, vient aussi bien sous l'eau qu'à sa surface et fait partir des torpilles au moment opportun.

Nous voilà loin des ballons et des sous-marins imaginés par Jules Verne. C'est que les merveilles de la science sont infiniment au-dessus de tout ce que peuvent rêver romanciers et poètes.

(1) Il ne s'agit pas dans cet exemple de diriger le ballon par une force d'impulsion due aux étincelles ; en effet, les ondes électriques ressemblent aux ondes lumineuses, elles n'exercent pratiquement sur les surfaces qu'elles frappent aucune action mécanique comparable à celle des projectiles. Cette pression existe, il est vrai, mais elle est presque nulle.

*
* * *

On voit par toutes ces expériences que la télé-mécanique ainsi que la télégraphie sans fil peut être utilisée en temps de guerre. On connaît le rôle important que celle-ci a joué pendant la guerre russo-japonaise. C'est grâce à elle que l'amiral Togo put opérer rapidement la concentration de sa flotte et anéantir la flotte russe.

Cependant il faut reconnaître que, si dans cette guerre, les japonais ont tiré un bon parti de la télégraphie sans fil, les russes n'ont pas su s'en servir, car ils devaient être au courant des dépêches lancées par l'ennemi et pouvaient éviter une surprise désastreuse.

Dans tous les cas, au moyen d'un exploseur à étincelles marchant continuellement, il leur était facile de brouiller toutes les dépêches et la concentration de la flotte japonaise eût été alors impossible.

Il résulte de là que la télé-mécanique et la télégraphie sans fil ne rendront pas, pendant la guerre, autant de services qu'on aurait pu le

supposer, si toutefois on sait s'en servir de part et d'autre. Dans ce cas, on se nuira réciproquement, et toutes les opérations deviendront difficiles ⁽¹⁾.

*
* * *

Par quel mécanisme peut-on produire les différentes expériences que nous venons de décrire ?

C'est ce que M. Branly nous a appris dans une conférence qu'il a faite dans la salle du Trocadéro, le 30 juin 1903. Nous allons essayer d'en rendre compte.

⁽¹⁾ A ce sujet, voici l'opinion de M. Branly :

« Pour combattre les effets perturbateurs de l'exploseur à étincelles, on pense d'abord que la syntonisation — accord permettant au poste d'arrivée de ne répondre qu'au poste de départ, à l'exclusion de tout autre — apportera le remède cherché. Cet accord, rigoureusement atteint, serait d'une protection illusoire contre les explosions intempestives. Rien n'est plus simple, en effet, que de faire varier les éléments de l'accord sur l'exploseur perturbateur et de passer ainsi par l'accord spécial aux deux postes à intervalles assez rapprochés pour rendre la préservation impossible. »

CONFÉRENCE

*faite par M. Branly, dans la salle du Trocadéro,
le 30 juin 1905.*

Le professeur d'Arsonval, membre de l'Institut, présidait cette conférence à laquelle assistaient plus de cinq mille personnes. Dans une allocution que nous regrettons de ne pouvoir transcrire, il montre la part énorme que M. Branly a prise dans l'invention de la télégraphie sans fil qui n'existerait pas sans le radio-conducteur, et il énumère tous les services que rendra la télé mécanique, cette autre application plus merveilleuse encore.

M. Branly prend ensuite la parole pour expliquer d'abord les expériences de la télégraphie sans fil, et pour cette démonstration il se sert des appareils mêmes de son laboratoire.

A ce propos, il fait la description du radio-conducteur. Quoique nous connaissions les propriétés de cet appareil, il est intéressant d'en entendre l'explication de l'inventeur lui-même.

La forme la plus connue du radio-conducteur est le tube à limaille, tube de verre dans lequel une *pincée* de limaille métallique est légèrement pressée entre deux pistons de métal.

Si l'on intercale un tube à limaille dans le circuit d'une pile, le courant est interrompu, parce que les contacts des grains de limaille sont trop imparfaits pour établir une communication. Mais vient-on à faire éclater à une certaine distance une étincelle électrique, tout se passe comme si les grains s'étaient serrés, et le tube devient *brusquement conducteur et reste conducteur*. Un choc sur le tube supprime alors sa conductibilité et interrompt de nouveau le courant, une nouvelle étincelle le rétablit et ainsi de suite.

En définitive, un tube à limaille intercalé dans un circuit de pile agit comme un robinet fixé sur une conduite d'eau. Etant d'abord fermé, ce robinet interrompt la circulation de l'eau; on rétablit le courant liquide quand on vient à l'ouvrir.

Ainsi le tube à limaille, sorte de robinet pour le courant électrique, s'ouvre quand une étincelle éclate, et se ferme quand il reçoit un choc.

Dans la télémechanique, comme dans la télégra-

phie sans fil, il y a deux postes : le poste transmetteur d'où l'opérateur lance les étincelles, et le poste récepteur où se trouvent les appareils qui doivent être animés par ces mêmes étincelles.

Dans la salle du Trocadéro le poste transmetteur était placé au sommet de l'hémicycle, et le poste récepteur sur la scène de l'amphithéâtre. Mais ces deux postes peuvent être séparés par une distance beaucoup plus considérable.

Précisons maintenant les choses :

Nous supposerons que le poste transmetteur se trouve à 100 kilomètres du Trocadéro. C'est de ce poste, et sans qu'il puisse les voir, que l'opérateur dirigera *seul* toutes les expériences qui ont été préparées sur la scène, et cela en faisant éclater des étincelles.

Sur la scène qui constitue, pour les spectateurs, le poste-récepteur, aucun opérateur n'est nécessaire.

Les appareils exposés devant nous étaient :

1° Un revolver qui fera feu au commandement.

2° Un ventilateur à ailettes.

3° Un groupe de lampes électriques qu'on allumera ou éteindra à volonté.

4° Un électro-aimant qui soulèvera un poids ou le laissera retomber.

5° Enfin un oscillateur ayant pour rôle de lancer des étincelles automatiques au moment voulu.

Pour exécuter les quatre expériences, il faut que chacun de ces appareils soit intercalé dans un circuit spécial avec sa pile respective. Si chaque circuit était muni de son tube à limaille, il est bien évident qu'une seule étincelle, émanant du poste transmetteur, établirait à la fois tous les courants et réaliserait *simultanément* tous les effets.

Mais cela n'est pas le résultat qu'on se propose d'effectuer. L'opérateur, du poste transmetteur, doit produire, non pas simultanément, mais *successivement* les expériences.

A un moment donné, sous l'action des étincelles lancées du poste transmetteur, les spectateurs voient successivement les phénomènes suivants :

Les lampes à incandescence s'allument, le ventilateur à ailettes se met à tourner, l'électro-aimant soulève un boulet de 15 kilos et le revolver fait entendre une détonation.

Puis, quand l'opérateur le juge convenable, il lance au moment opportun de nouvelles étincelles, et alors successivement l'électro-aimant laisse retomber le boulet, les lampes s'éteignent, on entend un second coup de revolver, le ventilateur cesse de tourner.

Et l'opérateur recommence toutes ces expériences dans *l'ordre qui lui plaît*, les laisse durer aussi longtemps qu'il le veut, de même qu'il peut les suspendre dans un *ordre différent*.

Axe distributeur

L'appareil qui préside au poste récepteur, en temps voulu, aux diverses actions, consiste en un axe cylindrique en acier tournant lentement à l'aide d'un petit moteur électrique. L'opérateur peut à distance le mettre en marche ou l'arrêter comme les autres appareils au moyen d'étincelles.

M. Branly a donné à cet appareil de son invention le nom *d'axe distributeur* en raison de sa fonction.

L'axe distributeur porte des disques métalliques isolés les uns des autres. Chacun de ces disques

commande l'ouverture ou la fermeture du circuit spécial à l'expérience qu'on veut réaliser. Pour cela la circonférence du disque est renflée sur un secteur qui presse sur une tige à ressort, ce qui établit, pendant une fraction de tour, un contact qui laisse passer le courant électrique.

C'est pendant le contact du secteur que l'opérateur peut, en faisant éclater une étincelle, produire ou suspendre l'effet que commande le disque.

Pour exécuter les quatre expériences préparées sur la scène, l'axe distributeur porte donc quatre disques.

Cependant, un cinquième disque est nécessaire ; il est affecté au service du petit moteur électrique qui fait tourner l'axe distributeur. Il porte comme les autres un secteur renflé et fonctionne exactement de la même façon. Pour chaque disque, le contact du secteur renflé correspond à un cinquième de tour.

L'opérateur ne pouvant se rendre compte, à distance, de la position des disques qui ouvrent et ferment les différents circuits, ni du moment pendant lequel il doit lancer son étincelle pour réaliser telle ou telle expérience, il faut bien qu'il

soit renseigné à ce sujet d'une façon quelconque. C'est ici que la télégraphie automatique sans fil intervient.

Télégraphie automatique sans fil

Étincelles indicatrices et étincelles de contrôle

Les choses sont disposées de telle façon que lorsque l'axe distributeur commence à tourner, la télégraphie sans fil automatique fonctionne aussitôt, et voici comment.

Un *disque spécial* fixé sur l'axe distributeur porte sur son pourtour cinq groupes composés de une, deux, trois, quatre et cinq dents saillantes. Chaque dent, par son contact avec un ressort, établit un courant et fait éclater une étincelle. Il en résulte que pour une révolution entière de l'axe, on obtient cinq groupes de une, deux, trois, quatre et cinq étincelles.

Voilà pour les *étincelles indicatrices*.

Ces étincelles, nous les voyons et nous les entendons distinctement. Elles se produisent entre les deux boules de l'oscillateur placé sur la scène.

Elles partent en groupes, séparées par des intervalles de temps à peu près égaux et parviennent au poste transmetteur distant de 100 kilomètres. Là, elles s'impriment en dépêches sur le papier Morse qui se déroule avec une vitesse uniforme devant l'opérateur.

Jetons un coup d'œil sur cette bande de papier : Un point s'inscrit d'abord, puis successivement apparaissent des groupes de 2, de 3, de 4, de 5 points rapprochés ; ce qui correspond à un tour entier de l'axe distributeur, et les mêmes inscriptions se reproduiront dans le même ordre aux tours suivants.

Les intervalles qui séparent ces groupes sont sensiblement égaux, ils ont à peu près 10 centimètres de longueur. Cette longueur restée en blanc sur la bande de papier met environ 10 secondes pour se dérouler.

Pour les expériences qui avaient été préparées au Trocadéro, l'intervalle de 1 à 2 était réservé à la détonation du revolver ; l'intervalle de 2 à 3 à la mise en mouvement du ventilateur ; l'intervalle de 3 à 4, à l'illumination des lampes ; l'intervalle de 4 à 5, à l'aimantation de l'électro-

aimant qui soulevait le boulet ; et enfin l'intervalle 5 à 1 était réservé au moteur électrique qui faisait tourner l'axe distributeur.

C'est dans ces intervalles qu'ont lieu successivement les contacts utiles des secteurs renflés avec les tiges à ressorts.

Quand l'opérateur veut commencer les expériences, il lance une étincelle qui déclanche le courant du petit moteur électrique, et l'axe distributeur commence à tourner.

Maintenant, pour exécuter une expérience quelconque, allumer, par exemple, les lampes électriques que nous voyons sur la scène, l'opérateur, les yeux fixés sur la bande de papier Morse qui se déroule, attend l'intervalle de 3 à 4. C'est pendant ce moment qui dure environ 10 secondes qu'il fait éclater une étincelle. C'est aussi pendant ce temps que le tube à limaille se trouve dans le circuit de l'expérience à réaliser. Ce tube, sous l'action de l'étincelle, devient bon conducteur, le courant de la pile s'établit et les lampes s'allument.

Après plusieurs tours de l'axe distributeur, quand l'opérateur le jugera convenable, il éteindra les lampes, au moment où le même intervalle

de 3 à 4 se déroulera de nouveau, en lançant une nouvelle étincelle. Et, de la même façon, il exécutera toutes les autres expériences.

Enfin il arrêtera le moteur qui communique à l'axe distributeur son mouvement de rotation et il le fera comme pour les autres opérations en lançant une dernière étincelle pendant l'intervalle qui lui est spécial, c'est-à-dire pendant l'intervalle de 5 à 1, et tout rentrera en repos sur la scène.

L'opérateur ne pourrait mener à bien toutes les opérations au moyen des simples dépêches automatiques que nous venons d'indiquer. En effet, placé hors de la salle du Trocadéro, comment saurait-il si les ordres qu'il transmet sont exécutés sur la scène ? Pour le renseigner complètement à ce sujet, il est utile qu'il reçoive d'autres dépêches. Ce sont les *dépêches de contrôle*.

Nous dirons simplement que les étincelles qui les produisent éclatent comme les autres entre les deux boules de l'oscillateur que nous voyons sur la scène, mais elles s'en distinguent par un son moins bref et vont s'inscrire en traits allongés sur le papier Morse du poste transmetteur.

La vue d'un de ces traits allongés précédant l'un des groupes de points indicateurs prévient l'opérateur que le phénomène correspondant a obéi à son ordre.

Ainsi, pour les expériences en question, l'opérateur qui a lancé une étincelle pour allumer devant nous les lampes à incandescence, saura que l'effet est produit s'il voit un trait allongé précédant le groupe de quatre points. Il pourra ensuite éteindre ces lampes quand il le voudra en employant le moyen que nous avons indiqué ⁽¹⁾.

*
* *

Telles sont les dépêches automatiques qui partent continuellement de la scène et vont s'ins-

(1) Pour produire les étincelles de contrôle, l'axe distributeur porte, outre les disques à renflement dont nous avons donné une description sommaire, d'autres disques qui sont des disques de contrôle munis chacun d'une dent. Un disque de contrôle est annexé à chaque expérience ; la dent qu'il porte établit, par son contact, le courant de l'oscillateur d'où il résulte une étincelle de contrôle à chaque tour de l'axe, tant que persiste le phénomène auquel il se rapporte.

crire au poste transmetteur. Grâce à ces dépêches l'opérateur peut, à une grande distance, diriger toutes les expériences que nous voyons.

Ajoutons que les étincelles automatiques peuvent également actionner une sonnerie électrique qui tient l'opérateur en éveil.

*
* *

Tous les spectateurs qui ont assisté à la séance du Trocadéro ont remarqué avec quelle précision les différentes opérations marchaient simultanément ou isolément puis s'arrêtaient et reprenaient à la volonté de l'opérateur.

Ces expériences étaient, il est vrai, dirigées à une petite distance; mais nous savons que les ondes électriques, par leur action sur un tube à limaille, déclanchent aussi bien le courant d'une pile à 100 kilomètres qu'à 10 mètres.

Quatre expériences seulement avaient été préparées dans la salle du Trocadéro; il est bien entendu qu'on peut en réaliser un plus grand nombre. Pour produire, par exemple, dix expériences distinctes, il faudra onze disques, l'un

d'eux étant affecté comme précédemment au moteur électrique qui fait tourner l'axe distributeur. Il n'est pas besoin de dire que, pour un grand nombre d'expériences, on augmentera le rayon de ces disques et qu'on les fera tourner plus lentement, afin que l'opérateur ait le temps d'exécuter convenablement les manœuvres.

Avant d'aller plus loin, il est essentiel de faire remarquer qu'un seul tube à limaille suffit au poste récepteur pour les divers circuits des expériences à réaliser ; les circuits rayonnent autour de lui et chacun d'eux le renferme à son tour au moment où son disque presse sur sa tige à ressort.

Applications de la télé mécanique

Enumérons maintenant quelques-unes des applications dont la télé mécanique est susceptible.

Pour une invention de ce genre, on pense d'abord aux services qu'elle peut rendre en temps de guerre : faire partir une torpille ; diriger un sous-marin sans équipage renfermant sa force motrice et un appareil spécial de télé mécanique ;

faire sauter un pont, etc., etc.; comme si les moyens de destruction n'étaient pas suffisants.

M. Branly a peu d'illusions sur ces applications en temps de guerre qui lui paraissent très aisées à troubler, et il ne nous entretient que des applications pacifiques de son invention. Il ajoute que si sa découverte doit se borner aux services qu'elle rendra en temps de paix, son champ d'action est encore assez vaste.

La télémechanique donne le moyen de réaliser à grande distance les effets les plus variés : allumage ou extinction d'un phare, direction d'un ballon non monté, ventilation des lieux insalubres, élévation des fardeaux, explosion de mines, forage des pièces métalliques, etc.

Elle pourra encore effectuer des effets qui se commandent les uns les autres, nous allons en dire quelques mots.

Procédé en cascade

Nous venons de voir sur la scène différents appareils que l'opérateur met en marche séparément par des étincelles successives en subdivisant le travail ; c'est cette façon d'opérer que M. Branly

recommande pour la sécurité des résultats ; mais on pourra aussi, au moyen d'une seule étincelle produire un premier effet, qui lui-même en commandera un second, celui-ci un troisième, et ainsi de suite, les actions se succédant pour ainsi dire *en cascade*.

C'est de cette façon qu'une seule étincelle, comme un mécanicien, mettra peu à peu une locomotive en marche, et lorsque la machine sera lancée à toute vitesse, une étincelle unique l'arrêtera en renversant la vapeur et en serrant les freins.

Qu'un encombrement inattendu survienne sur la voie, un chef de gare pourra arrêter tout un train par une étincelle et empêcher des conséquences fâcheuses.

De même une seule étincelle allumera un phare, déclanchera un moteur, et l'appareil optique prendra son mouvement de rotation pour projeter sa lumière dans toutes les directions. Une nouvelle étincelle éteindra le phare et arrêtera le moteur.

Nous supposons ici que ce phare est construit sur un rocher à peine accessible et où il serait à

peu près impossible d'entretenir un gardien en permanence pendant la nuit.

On fera, dit M. Branly, bien des objections à l'invention que je viens de décrire; il faut s'en féliciter, car les objections suscitent des perfectionnements.

En voici une première. Comment se garer des étincelles étrangères imprévues, atmosphériques ou autres qui mettraient en marche le moteur électrique et, par cela même, feraient tourner inopinément l'axe distributeur?

Le cas est prévu. Au moyen de l'étincelle automatique qui actionne la sonnerie, et de la dépêche qui s'inscrit sur le papier Morse, l'opérateur tenu en éveil répare, s'il y a lieu, les effets produits par les étincelles étrangères. Un mécanisme spécial, actuellement en construction, mettra le poste récepteur à l'abri des perturbations ⁽¹⁾.

(1) M. Branly vient d'achever la construction de l'appareil en question, *appareil de sécurité* qui préserve les expériences de la télémechanique de l'influence des étincelles étrangères, telles que celles qui proviennent d'orages, de dépêches traversant l'espace, ou même d'automobiles en circulation. Ce perfectionnement est important, et, à ce point de vue, la télémechanique sans fil est en progrès sur la télégraphie sans fil.

« On objectera encore que ces appareils ne sont que des appareils de laboratoire. C'est ce qu'ils doivent être, suivant l'usage, avant de devenir industriels. Il en a été de même pour la télégraphie sans fil et pour un grand nombre d'inventions. L'industrie puise ses principes dans les laboratoires où l'on fait des recherches ».

C'est par ces dernières paroles que M. Branly termine cette mémorable séance ; puis il remercie son auditoire de sa sympathique attention.

Et les nombreux auditeurs, les ignorants comme les savants, tous avaient appris des choses nouvelles.

LA TÉLÉMÉCANIQUE APPLIQUÉE A L'AGRICULTURE

Parmi les applications variées de la télé mécanique, il convient de citer celles qui se rapportent à l'agriculture, principalement dans les vignobles.

On connaît l'action désastreuse des froids printaniers sur les jeunes pousses et le moyen de les préserver de la gelée en brûlant de distance en distance des matières combustibles, d'où il résulte des nuages artificiels qui forment un écran contre le rayonnement du ciel.

On sait également que la grêle peut, à un moment donné, anéantir toute une récolte et qu'il est facile de dissiper les orages par la détonation des canons ; ces explosions déterminant dans l'air des ébranlements qui empêchent la formation de la grêle.

Eh bien, grâce à la télé mécanique, un seul opérateur, de son observatoire, peut produire ces effets qui protégeront les champs sur des étendues immenses contre les dégâts atmosphériques.

Dans cet observatoire surmonté d'une antenne, on trouve à peu près tous les appareils d'un poste

récepteur de télégraphie sans fil : pile, tube à limaille, électro-aimant, sonnette électrique, etc., et les choses sont disposées de telle sorte que la sonnette donne un coup distinct lorsqu'un éclair éclate à plusieurs centaines de kilomètres de distance ⁽¹⁾.

C'est par cet avertisseur d'orages que l'opérateur est prévenu que le tonnerre gronde dans le lointain, bien avant qu'il en entende le son, bien avant même qu'il aperçoive la lumière des éclairs.

Un thermomètre préviendra également l'opérateur de la température qui deviendrait préjudiciable à la vigne : en effet, le niveau du

(1) Il est facile d'obtenir un coup distinct de sonnette à chaque éclair, par une disposition analogue à celle du poste récepteur, fig. 7, page 22. En effet, dans cette figure, supprimons le papier Morse, remplaçons la molette L par un timbre, et ajoutons à l'extrémité B de la palette un petit marteau. Dans ces conditions, si une étincelle ou un éclair éclate, le levier AB fait son mouvement de bascule, et le marteau B donne un coup sur le timbre L ; une série d'éclairs donnera une série de coups de sonnette, de même qu'on obtenait une série de points sur le papier Morse.

mercure en descendant à la limite dangereuse, établit un contact électrique qui met en mouvement la sonnette d'alarme.

Voyons maintenant comment les choses sont disposées dans les champs pour sauvegarder les récoltes.

En différentes stations, on trouve des appareils que nous connaissons déjà, et qui sont commandés par des étincelles que l'opérateur fait éclater en temps voulu, au moyen de son oscillateur. Il mettra ainsi le feu aux matières combustibles disposées à l'avance dans chaque station, ou bien il fera partir des canons paragrêles ⁽¹⁾.

Déjà ces moyens étaient employés par quelques propriétaires de grands vignobles ; mais ils agissaient séparément, les uns après les autres, et ne pouvaient obtenir des effets bien efficaces. Il n'en sera plus de même lorsqu'ils s'entendront et confieront leurs intérêts à un opérateur qui, au moyen d'un observatoire bien agencé, dirigera toutes les opérations.

(1) Voir, page 43, comment une étincelle peut, à une grande distance, faire partir un canon, ou mettre le feu à des matières combustibles.

Par une *seule étincelle*, il enflammera immédiatement, sur de nombreux points à la fois, les tas de matières combustibles, et des nuages artificiels couvriront les champs sur une vaste étendue en leur servant d'écrans protecteurs contre les froids printaniers ; ou bien il fera partir simultanément tous les canons. Suffisamment espacés, ces canons produiront par leur détonation instantanée, un ébranlement très énergique de l'air qui dissipera les nuages orageux.

Les désastres occasionnés chaque année à l'agriculture par les gelées et les orages de grêle sont énormes : on pourra les atténuer considérablement par les moyens que nous venons de décrire.

NOTICE

Nous avons déjà vu, page 51, que les vibrations de l'éther, en devenant de plus en plus fréquentes, se transforment successivement en ondes électriques, calorifiques, lumineuses, chimiques, etc.

Voici un tableau *très sommaire* indiquant la fréquence et la longueur de ces différentes ondes.

Désignation des ondes	Fréquence des ondes par seconde ou F	Longueur des ondes ou L
ondes électriques { Feddersen, parmi les plus longues .	500 mille	600 mètres
Blondlot	10 millions	50 mètres
Hertz	50 millions	6 mètres
Bose et Righi	500 millions	6 décimètres
Ondes calorifiques parmi les moins fréquentes .	50 milliards	6 millimètres
Rayons lu- { rouges . .	5 trillions	0mm,06
mineux { violets . .	500 trillions	$\mu,6$ ⁽¹⁾
Rayons chimiques . .	750 trillions	$\mu,4$
Rayons X ⁽²⁾	900 trillions	$\mu,33$
	3 quintillions	$\mu,0001$

(1) On désigne par la lettre grecque μ le millième de millimètre ou le micron.

Parmi les rayons lumineux, nous n'avons indiqué que les rayons rouges qui commencent la série, et les rayons violets qui la finissent.

(2) D'après quelques auteurs, les vibrations des rayons X sont 6 000 fois plus fréquentes que les vibrations des rayons rouges. C'est ce que nous avons supposé dans ce tableau.

Nous savons que $F \times L = V$ (voir page 57), V étant la vitesse constante de la lumière ; on a toujours, pour chaque espèce de vibration :

$$F \times L = 300\,000\,000 \text{ mètres.}$$

Il en résulte que la fréquence des ondes devenant infiniment grande, leur longueur tend vers l'infiniment petit.

Ce tableau nous donne une sorte de gamme produite par les vibrations de l'éther, gamme dont les notes sont l'électricité, la chaleur, la lumière, etc. Les vibrations les plus lentes, les plus *graves* engendrent l'électricité, les vibrations les plus rapides, les plus *aigues* donnent naissance aux rayons X. Entre ces deux limites extrêmes, nous sommes loin de connaître toutes les notes, faute de sens pouvant être impressionnés par elles, ou d'instruments capables de les révéler.

On n'est pas habitué, en pratique, aux nombres extraordinaires contenus dans le tableau ci-dessus ; cependant, quand on étudie les sciences, on en rencontre souvent d'aussi surprenants. Ainsi l'astronomie nous apprend que les étoiles visibles à la simple vue sont à des trillions de lieues de la

terre et le télescope nous en fait voir une multitude d'autres qui sont infiniment plus éloignées. ⁽¹⁾

De même, avec le nouveau microscope ⁽²⁾, nous pouvons apercevoir des microbes si petits qu'on en pourrait placer un million dans l'espace d'un millimètre et on en découvrirait encore de plus petits avec des microscopes plus puissants.

Il n'y a aucune raison pour que notre imagination s'arrête lorsqu'elle s'élance dans l'infiniment grand ou l'infiniment petit.

⁽¹⁾ L'étoile α du centaure est à 32 trillions de kilomètres de la terre, et la lumière qui en provient, malgré sa vitesse inimaginable, met 3 ans et 3 mois pour venir jusqu'à nous. Voilà pour l'étoile la plus près de la terre !

⁽²⁾ Ce nouveau microscope (hypermicroscope) a été inventé par MM. Cotton et Mouton. Il permet de voir 3 millièmes de micron, soit en millimètres $0^{mm},000003$.



TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE	v
-------------------	---

CHAPITRE PREMIER

Pile	3
Électro-aimant	7
Bobine de Ruhmkorff	11
Poste transmetteur	13
Oscillateur de Hertz	13
Poste récepteur	17
Tube de Branly	17
Transmission lointaine des dépêches	27
Le relais	28
Les antennes et les prises de terre	31
Les étincelles	33
A quelle distance peut-on envoyer une dépêche ?	34
Poste récepteur de M. Branly	36
Dépêche transmise dans une boîte fermée	40
Avantages de la télégraphie sans fil	41
Inconvénients de la télégraphie sans fil	44
Secret des dépêches	45

CHAPITRE II

L'ÉTHER ET LES ONDES ÉLECTRIQUES

Fréquence des ondes hertziennes	51
Peut-on transformer les ondes électriques en ondes lumineuses?	54
Longueur des ondes électriques	56
Pourquoi donner à toutes les ondes élec- triques le nom d'ondes hertziennes? — Les ondes énergiques de Feddersen	58
Pourquoi ne peut-on pas réfléchir utilement les ondes électriques? — Comparaison entre les ondes électriques et les rayons lumineux	61
Pourquoi ne peut-on pas se servir des ondes hertziennes pour la transmission lointaine?	64
Distance considérable qui sépare les séries d'ondes électriques.	66
Substances transparentes et substances opa- ques aux ondes électriques	69

CHAPITRE III

DERNIÈRES NOUVELLES

Le journal du bord	73
La télégraphie sans fil dans l'Amérique du Sud.	76
Télégraphie sans fil de la Tour Eiffel à la fron- tière de l'Est	77

CHAPITRE IV

QUEL EST L'INVENTEUR DE LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL? .	79
--	----

CHAPITRE V

LA TÉLÉMÉCANIQUE

Ce qu'on peut faire dans une forteresse abandonnée	83
Conférence de M. Branly	92
Axe distributeur	96
Télégraphie automatique sans fil	98
Application de la télé mécanique	104
Procédé en cascade	105
La télé mécanique appliquée à l'agriculture	109
Notice	112

SAINT-AMAND (CHER). — IMPRIMERIE BUSSIÈRE
